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 54

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
«ИВЦ Минфина»
2024

УДК 582

Ботаника (исследования): сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество. – Минск, 2024. – Выпуск 54. – 372 с. – ISSN 2221-9927.

Научные редакторы:

академик НАН Беларуси, профессор, доктор биологических наук *Николай Афанасьевич Ламан*

академик НАН Беларуси, профессор, доктор биологических наук *Виктор Иванович Парфенов*

Редакционная коллегия:

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

Ответственный секретарь:

кандидат биологических наук *Наталья Алексеевна Зеленкевич*

© Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 2024

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси
Факс +375 (17) 322 18 53, тел. +375 (17) 378 25 14, e-mail: botanika.issledovaniy@gmail.com

ISSN 2221-9927

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION
"V. F. KUPREVICH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BOTANY OF
THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCIES OF BELARUS"

SOCIAL ASSOCIATION "BOTANICAL SOCIETY"

BOTANY

(RESEARCH)

COLLECTION OF SCIENTIFIC TRANSACTIONS

Issue 54

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
"CIC of the MinFin"
2024

UDC 582

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 54. – 372 p. – ISSN 2221-9927.

Scientific editors:
Nikolay Afanasyevich Laman, Academician, D. Sc. (Biology), Professor
Victor Ivanovich 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)
G. T. Sytpaeva	– Academician, D. Sc. (Biology), Institute of Botany and Phytointroduction of Kazahstan (Alma-Ata, Kazakhstan)
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), assistant professor, International Sakharov Environmental Institute of BSU (Minsk, Belarus)
Yu. A. Semenischenkov	– D. Sc. (Biology), Professor, I. G. Petrovsky Bryansk State University Russia (Bryansk, Russia)
D. B. Belomesyatseva	– Ph. D. (Biology), Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
D. G. Grummo	– Ph. D. (Biology), assistant professor, Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
N. A. Zeliankevich	– Ph. D. (Biology), assistant professor, Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
O. A. Ivanov	– Ph. D. (Biology), 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)
T. V. Samovich	– 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)

Executive Secretary:
Natallia Aliakseeuna Zeliankevich, Ph. D. (Biology)

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

Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Belarus
Fax: +375 (17) 322 18 53, tel. + 375 (17) 378 15 64, e-mail: botanika.issledovaniy@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ

Д. В. Дубовик
Особенности распространения инвазионных и потенциально инвазионных видов растений во флоре Беларуси в современных условиях ……. 12

О. М. Масловский, Л. С. Чумаков, И. П. Сысой, Я. А. Христюк-Макарова, В. М. Лапицкий
Наиболее опасные инвазивные виды растений в Беларуси: инвентаризация, динамика, прогноз развития и оценка эффективности мероприятий …….. 22

В. Б. Звягинцев, Д. Б. Беломесяцева, А. Г. Прохорова, Л. О. Иващенко, Т. Г. Шабашова
Оценка рисков биологических инвазий дендропатогенных организмов на территории Беларуси, пути их прогнозирования и контроля …… 30

О. В. Молчан, Т. А. Скуратович
Опасный аллергенный вид *Ambrosia artemisiifolia* L. в Беларуси: отдельные аспекты биологии, угроза распространения и способы борьбы ……. 57

Е. А. Якимович, О. А. Шкляревская
Регламенты применения гербицидов для борьбы с борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) и золотарником канадским (*Solidago canadensis* L.) …….. 70

В. Н. Прохоров
Практический опыт ограничения распространения и искоренения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в Республике Беларусь ……. 81

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА

Н. В. Гудная
Особенности генетического разнообразия белорусских популяций бровника одноклубневого (*Herminium monorchis* (L.) R. Br.) ……. 92

Г. В. Ермоленкова, Е. Я. Куликова, М. Л. Романова, К. В. Добыш, А. В. Пучило
Анализ ценофлоры лугов поймы реки Припять …….. 100

К. Л. Савицкая
Современное флористическое разнообразие в полосе отвода железных дорог Беларуси …….. 113

Е. С. Шавалда, А. Ю. Комар, А. В. Судник
Особенности таксономического состава и синантропизации флоры придорожных фитоценозов автомобильных дорог г. Минска и Минской области ……. 131

С. В. Шумак, Л. М. Турчин
Анализ ценофлоры живого напочвенного покрова в типе леса черноольшаник папоротниковый в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике …… 144

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ

Т. Л. Барсукова, А. А. Гомолко, Я. К. Игнатьев, В. В. Лукин, В. В. Моцный, А. В. Пугачевский, Л. И. Старикова
Биологическая устойчивость еловых лесов различного происхождения (на примере Горецкого лесхоза) …… 151

Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Е. Я. Куликова, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, Н. М. Роговский
Современная структура растительности подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси …… 160

Е. В. Мойсейчик
Водная растительность класса *Potametea* трасформированных малых водотоков бассейна р. Припять …… 183

А. В. Пучило
Геоботаническая характеристика кленовника кисличного в Беларуси ……. 199

С. В. Ребко, А. И. Новиков, Т. П. Новикова, Е. П. Петрищев
Характеристика происхождения исходного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) сорта «Негорельская» ……. 213

О. В. Созинов, М. В. Ермохин, А. Ю. Комар, А. Р. Никулина, К. А. Нестерова, П. А. Черненко, Н. П. Стригельская, А. С. Романюк, А. П. Амбросова, В. М. Лапицкий, Н. А. Шестаков, М. Е. Леготин
Динамика эколого-фитоценотических характеристик в столетних сосняках, сформировавшихся на лесных и пахотных землях ……. 226

Е. С. Шавалда, А. Ю. Комар, Я. М. Голованов, А. В. Судник
Экологические особенности придорожных фитоценозов автомобильных дорог г. Минска и Минской области ……..... 241

ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Н. М. Роговский
Оперативный мониторинг пожарной опасности Полесского государственного радиационно-экологического заповедника ……..254

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ

В. В. Карманова, Е. Д. Цвирко, С. Н. Полянская, Д. К. Лазаревич, Е. С. Сидорченко, О. А. Иванов, Т. Г. Шабашова
Таксономическое разнообразие и биотехнологический потенциал микромицетов Восточной Антарктиды ……. 266

И. А. Федюшко, В. Д. Поликсенова
Состояние изученности пикнидиальных септориоподобных микромицетов в Беларуси ……... 280

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

О. В. Молчан, Т. Н. Куделина, В. В. Татур, А. Г. Солдатов
Влияние многостенных углеродных нанотрубок на размеры функционально активной поверхности корневой системы проростков редьки японской (*Raphanus acanthiformis* J.M. Mael ex L. Sisley) ……..... 292

Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, Э. И. Коломиец, З. М. Алещенкова, Л. Е. Картыжова, В. Н. Решетников, С. П. Зимич, М. Н. Вашкевич, А. А. Лешков, К. А. Добрянская
Влияние удобрений на агрохимические свойства корнеобитаемой зоны выработанного торфяника верхового типа под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) в условиях Беларуси ……..301

Е. И. Рыбинская, Ж. Н. Калацкая, Д. К. Лазаревич, И. А. Овчинников, К. М. Герасимович, В. В. Николайчук
Оценка влияния модифицированных соединений хитозана на рост и биохимические параметры проростков огурцов (*Cucumis sativus* L.) ……... 309

А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, С. В. Суховеева, И. Д. Волотовский
О механизмах формирования устойчивости картофеля (*Solanum tuberosum* L.) к фитофторозу на различных этапах фенилпропаноидного метаболизма ……... 316

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ

А. В. Абрамчук, Ю. А. Янкевич
О новых местонахождениях охраняемых видов мхов, грибов, лишайников и водорослей на территории Беларуси ……... 326

Д. В. Дубовик
Жеруха лекарственная (*Nasturtium officinale* W. T. Aiton, *Brassicaceae*) – новый вид для флоры Беларуси ……... 335

А. П. Яцына, А. Ч. Милько, В. С. Люштык
Новые сведения о находках лишайников и близкородственных им грибов в национальном парке «Нарочанский» (Минская область, Беларусь) 340

ЮБИЛЯРЫ

Ирина Николаевна Владимирова (к 70-летию со дня рождения) 347

Наталья Николаевна Власова (к 80-летию со дня рождения) 348

Евгений Леонидович Мороз (к 60-летию со дня рождения) 349

Лидия Алексеевна Пшеничная (к 80-летию со дня рождения) 350

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Софья Александровна Дмитриева (1944–2021) 351

Георгий Фотиевич Железнов (1904–1967) 353

ПОТЕРИ НАУКИ

Маргарита Аполлинарьевна Бондарцева (1935–2024) 356

Виктор Иванович Парфёнов (1934–2024) 357

ХРОНИКА

XIII международный научно-практический и обучающий семинар «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на особо охраняемых природных территориях» 359

Международная молодежная летняя школа по лесной фитоценологии «Sylvan 2024» 362

V международный научный семинар «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» 364

II международная научная конференция «Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования, посвященная 90-летию академика В. И. Парфенова» 367

X международная научная конференция «Регуляция роста, развития и продуктивности растений» ... 369

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 371

CONTENTS

BIOLOGICAL INVASIONS

D. V. Dubovik
Distribution Features of the Invasive and Potential Invasive Plant Species in the Belarus Flora in Modern Conditions …… 12

O. M. Maslovsky, L. S. Chumakov, I. P. Sysoi, Y. A. Khrystsiuk-Makarava, V. M. Lapitskiy
The Most Dangerous Invasive Plant Species in Belarus: Inventory, Dynamics, Prognosis and Assessment of the Effectiveness of Activities …….. 22

V. B. Zviagintsev, D. B. Belomesyatseva, A. G. Prohorova, L. O. Ivashchenko, T. G. Shabashova
Assessment of Biological Invasions Risks of the Dendropathogenic Organisms in Belarus Territory, Ways for Their Prediction and Control …… 30

O. V. Molchan, T. A. Skuratovich
Dangerous Allergenic Species *Ambrosia artemisiifolia* L. in Belarus: Selected Biology Aspects, Spread Threat and Control Methods ……. 57

E. A. Yakimovich, O. A. Shklyarevskaya
Regulations of Herbicides Application to *Heracleum sosnowskyi* Manden. and *Solidago canadensis* L. Control Measures ……. 70

V. N. Prokhorov
Practical Experience in the Distribution Limiting and Eradication of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Republic of Belarus ……..... 81

FLORA AND SYSTEMATICS

N. V. Hudnaya
Genetic Diversity Features of *Herminium monorchis* (L.) R. Br. Belarusian Populations …….. 92

G. V. Ermolenkova, E. Y. Kulikova, M. L. Romanova, K. V. Dobysh, A. V. Puchilo
Analysis of Grassland Cenoflora of the Pripyat River Floodplain …….. 100

K. L. Savitskaya
Modern Species Diversity of the Flora in the Belarusian Railroad Right-of-way …… 113

Ya. S. Shavalda, A. Yu. Komar, A. V. Sudnik
Taxonomic Composition Features and Synanthropization of Roadside Phytocenosis' Flora of Minsk and Minsk Region …… 131

S. V. Shumak, L. M. Turchin
Analysis of the Cenoflora of the Black Alder Fern Living Ground Cover in the Polesye State Radiation and Ecological Reserve …… 144

PHYTOCENOLOGY

T. L. Barsukova, A. A. Hamolka, Ya. K. Ignatiev, V. V. Lukin, V. V. Motsny, A. V. Pugachevsky, L. I. Starikova
Biological Stability of Spruce Forests of Diverse Origin (Case Study: Goretsky Forestry) …… 151

D. G. Grummo, R. V. Tsvirko, E. Y. Kulikova, N. A. Zeliankevich, E. V. Mojsejchik, N. M. Rogovsky
Modern Vegetation Structure of the Oak-dark Coniferous Forests Subzone in Belarus …….. 160

E. V. Mojsejchik
Potametea-class Aquatic Vegetation of the Transformed Small Stream Courses of the Pripyat River Basin …….. 183

A. V. Puchilo
Aceretum oxalidosum Geobotanical Characteristic in Belarus …… 199

S. U. Rabko, A. I. Novikov, T. P. Novikova, Ye. P. Petrishchev
Characteristics of the Source Material Origin of *Pinus sylvestris* L. Variety «Negorelskaya» ……... 213

O. V. Sozinov, M. V. Yermokhin, A. Yu. Komar, A. R. Nikulina, K. A. Nesterova, P. A. Chernenko, N. P. Strihelskaya, A. S. Ramaniuk, A. P. Ambrosava, V. M. Lapitskiy, M. A. Shastakou, M. E. Legotin
Dynamics of Ecological and Phytocenotic Characteristics in Centennial Pine Forests Formed on Forest and Arable Lands …….. 226

Ya. S. Shavalda, A. Yu. Komar, Ya. M. Golovanov, A. V. Sudnik
Ecological Features of Roadside Phytocenosis of Minsk and Minsk Region …….. 241

ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

N. M. Rogovsky
Operational Fire Hazard Monitoring of the Polesye State Radiation and Ecological Reserve …… 254

MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

V. V. Karmanova, E. D. Tsvirko, S. N. Polyanskaya, D. K. Lazarevich, E. S. Sidorchenko, O. A. Ivanov, T. G. Shabashova
East Antarctic Micromycetes Taxonomic Diversity and Biotechnological Potential …….. 266

I. A. Fiadziushka, Val. D. Polyksenova
Study History of Pycnidial Septoria-like Micromycetes in Belarus ……. 280

PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

O. V. Molchan, T. N. Kudelina, V. V. Tatur, A. G. Soldatov
Effect of Multi-wall Carbon Nanotubes on the Dimensions of the Functionally Active Surface of the Roots of Japanese Radish (*Raphanus acanthiformis* J.M. Mael ex L. Sisley) Seedlings …… 292

J. A. Rupasova, A. P. Yakovlev, E. I. Kolomiets, Z. M. Aleschenkova, L. E. Kartyzhova, V. N. Reshetnikov, S. P. Simich, M. N. Vashkevich, A. A. Leshkov, K. A. Dobryanskaya
Fertilizers Influence on Agrochemical Properties of Root Zone in Developed Raised Bog Peat With Planting Large-fruit Cranberry (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) Generative Plants in Belarus …. 301

K. I. Rybinskaya, J. N. Kalatskaja, D. K. Lazarevich, I. A. Ovchinnikov, K. M. Herasimovich, V. V. Nikalaichuk
Evaluation of the Modified Chitosan Compounds Influence on the Growth and Biochemical Parameters of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedls …….. 309

A. A. Smirnov, A. M. Kabachevskaya, S. V. Suhoveeva, I. D. Volotovski
The Formation Mechanisms of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Resistance to Late Blight on Various Steps of Phenylpropanoid Metabolism …….. 316

BOTANICAL DISCOVERIES

A. V. Abramchuk, Y. A. Yankevich
On Newly Discovered Locations of Protected Species of Mosses, Fungi, Lichens, and Algae on the Territory of Belarus …….. 326

D. V. Dubovik
Water-cresses (*Nasturtium officinale* W. T. Aiton, *Brassicaceae*) – a New Species for the Flora of Belarus …….. 335

A. P. Yatsyna, A. Ch. Milko, V. S. Lyushtyk
New Finds of Lichens and Closely Related Fungi in the National Park "Narochanskiy" (Minsk Region, Belarus) …….. 340

JUBILEE

Irina Nikolaevna Vladimirova (on the 70th anniversary) 347
Natalya Nikolaevna Vlasova (on the 80th anniversary) 348
Evgeny Leonidovich Moroz (on the 60th anniversary) 349
Lidiya Alekseevna Pshenichnaya (on the 80th anniversary) 350

MEMORABLE DATES

Sofya Aleksandrovna Dmitrieva (1944–2021) 351
Georgy Fotievich Zheleznov (1904–1967) 353

OBITUARY

Margarita Apollinarievna Bondartseva (1935–2024) 356
Victor Ivanovich Parfenov (1934–2024) 357

CHRONICLE

XIII International Scientific, Practical and Educational Seminar "Dynamics, State and Monitoring of Forest Ecosystems in Specially Protected Natural Areas" 359
International Youth Summer School on Forest Phytocenology "Sylvan 2024" 362
V International Scientific Seminar "Mire Vegetation: Modern Problems of Classification, Mapping, Use and Protection" 364
II International Scientific Conference "Flora and Vegetation in the Changing World: Problems of Study, Conservation and Rational Use. Dedicated to the 90th Anniversary of Academician V. I. Parfenov" 367
X International Scientific Conference "Regulation of Plant Growth, Development and Productivity" .. 369

REQUIREMENTS FOR AUTHORS 371

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ
BIOLOGICAL INVASIONS

Институтом экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси 2 апреля 2024 г. проведен научно-практический семинар «Стратегия ограничения распространения и искоренения опасных инвазивных видов растений» с целью обсуждения подходов по повышению эффективности проводимых в стране мероприятий по борьбе с наиболее опасными инвазивными видами растений.

Семинар нашел широкий отклик в научной среде, в нем приняли участие более 100 человек – представители Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства энергетики, Президиума и Отделения биологических наук НАН Беларуси, Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Института защиты растений, Белорусского государственного технологического университета, Витебского государственного университета, Минского городского комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, Минского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «Минскэнерго», УП «Мингаз», филиалов «Энергосбыт», «Минские кабельные сети», «Минские тепловые сети», «Минские электрические сети», «Борисовские электрические сети», «Слуцкие электрические сети», «Молодечненские электрические сети», «Столбцовские электрические сети», «Минская ТЭЦ-3», «ТЭЦ-5», «Жодинская ТЭЦ», а также представители СМИ.

На семинаре были представлены доклады, посвященные эколого-биологическим особенностями, практическому опыту и оценке эффективности борьбы с наиболее опасными инвазивными видами растений. В рамках семинара состоялся круглый стол, на котором обсуждена разработка стратегии и плана действий по борьбе с борщевиком Сосновского и другими опасными инвазивными видами растений на территории Республики Беларусь до 2030 года, обсужден ряд практических вопросов.

По итогам семинара принята резолюция по основным направлениям борьбы с инвазивными видами и повышению проводимых мероприятий в стране на ближайшие годы.

Наиболее интересные и значимые доклады, заслушанные на семинаре, обсужденные и одобренные таким представительным собранием, решено оформить в виде научных статей и опубликовать в сборнике научных трудов «Ботаника (исследования)» в рамках специальной рубрики «Биологические инвазии».

УДК 582(486)

Д. В. ДУБОВИК

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИОННЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные аспекты появления и закрепления в Беларуси инвазионных[1] и потенциально инвазионных видов растений. Дана информация по времени их появления и естественном ареале. В настоящее время наиболее агрессивными чужеродными видами растений является более 50 представителей флоры, которые распространились здесь преимущественно в XIX–XX вв. Ожидается дальнейшее увеличение числа инвазионных растений за счет категории потенциально инвазионных. Список инвазионных и потенциально инвазионных видов по нашим данным включает 382 таксона. Около 30 таксонов очень агрессивны и их можно отнести к видами-трансформерам. Из списка карантинных растений в Беларуси в разные периоды зафиксированы факты заноса 10 видов: *Ambrosia artemisiifolia* L., *A. trifida* L., *A. psilostachya* DC., *Ipomoea hederacea* L., *Acroptilon repens* DC., *Cuscuta campestris* Yunck., *C. epilinum* Weihe, *C. epithymum* (L.) L., *C. suaveolens* Ser., *Solanum rostratum* Dun. Большая часть из них является в местных климатических условиях эфемерофитами и выпадает из состава фитоценозов после первой зимы. Наиболее устойчивыми видами оказались *Ambrosia artemisiifolia*, *Cuscuta campestris* и *C. epithymum.*

Ключевые слова: флора Беларуси, инвазионные и потенциально инвазионные виды растений, карантинные растения, *Cuscuta campestris, Erechtites hieraciifolius*, *Geum macrophyllum*.

D. V. DUBOVIK

DISTRIBUTION FEATURES OF THE INVASIVE AND POTENTIAL INVASIVE PLANT SPECIES IN THE BELARUS FLORA IN MODERN CONDITIONS

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

Annotation. The article discusses the main aspects of the emergence and establishment of invasive and potentially invasive plant species in Belarus. Information is provided on the time of appearance and natural range of invasive and potentially invasive plant species. Currently, the most aggressive alien plant species are more than 50 taxa of the flora, which spread here mainly in the XIX–XX centuries. A further increase in the number of invasive plants is expected due to the category of potentially invasive plants. According to our data, the list of invasive and potentially invasive species includes 382 taxa. About 30 taxa are very aggressive and can be classified as transformer species. From the list of quarantine plants in Belarus, the introduction of 10 species was recorded in different periods: *Ambrosia artemisiifolia*, *A. trifida*, *A. psilostachya, Ipomoea hederacea*, *Acroptilon repens*, *Cuscuta campestris*, *C. epilinum*, *C. epithymum*, *C. suaveolens*, *Solanum rostratum*. Most of them are ephemerophytes in local climatic conditions and fall out of the phytocenoses after the first winter. The most resistant species were *Ambrosia artemisiifolia*, *Cuscuta campestris* and *C. epithymum*.

Key words: flora of Belarus, invasive and potentially invasive plant species, quarantine plants, *Cuscuta campestris, Erechtites hieraciifolius*, *Geum macrophyllum.*

Введение

Планирование эффективных стратегий для борьбы с биологическими инвазиями является приоритетом не только в республиканском, но и в мировом масштабе. Для повышения эффективности мероприятий по борьбе с наиболее опасными инвазионными видами растений требуются новые действия на национальном, трансграничном, региональном и международном уровнях.

[1] Применение терминов «инвазионный» и «инвазивный» обсуждено в статье Д. В. Гельтмана (Гельтман, Д. В. О понятии «инвазионный вид» в применении к сосудистым растениям / Д. В. Гельтман // Бот. журн. – 2006. – Т. 91, № 8. – С. 1222–1232). Также, предпочтительность применения в русскоязычной литературе термина «инвазионный» подчеркнуто на конференции «Изучение чужеродной флоры России и стран ближнего зарубежья: итоги, проблемы, перспективы» (март, 2024 г.).

Проблеме инвазионных растений в Беларуси стали уделять внимание с начала XXI в. В 2006 г. во исполнение поручения Совета Министров Республики Беларусь от 23 мая 2006 г. разработан и утвержден План мероприятий по предотвращению и минимизации вреда от инвазии агрессивных чужеродных видов животных и растений [1, 2]. Затем, в 2007 г. А. Н. Скуратовичем и Д. В. Дубовиком по заданию Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь и лесоустроительного республиканского унитарного предприятия «Белгослес» [3] разработана и выпущена «Памятка по определению инвазивных видов растений, вредоносных, произрастающих на землях лесного фонда, распространение которых следует ограничить», где имелась информации о наиболее агрессивных инвазионных растениях в тот период.

В 2008–2009 гг. в рамках государственной научно-технической программы (ГНТП) «Экологическая безопасность» по заданию «Создать систему мониторинга чужеродных инвазивных видов животных и растений и разработать предложения по ее интеграции в Национальную систему мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь» заложена сеть пунктов мониторинга за наиболее агрессивными инвазионными видами растений в пределах Брестской, Гродненской и Гомельской областей. В рамках выполнения данной научно-исследовательской работы (НИР) определены понятия инвазионного вида, разработаны программы-методики организации и проведения мониторинга инвазивных видов растений, для мониторинговых исследований выбран перечень из 39 видов сосудистых растений, разработаны бланки мониторинговых исследований.

Затем в 2011–2015 гг. в рамках ГНТП «Экологическая безопасность» выполнена НИР «Определить динамику инвазивных процессов в фауне и флоре республики, оценить экологические последствия от агрессивных чужеродных видов, как основы для разработки эффективных мер борьбы и минимизации ущербов». В результате составлен список инвазионных и потенциально инвазионных видов, который включал более 300 таксонов. Среди них более 50 признаны в стране инвазионными. Список инвазионных растений опубликован в 2012 г. [4].

С 2016 г. (2016–2020 гг.) данная работа продолжена и выполнена НИР «Динамика инвазионных процессов, оценка угроз от внедрения инвазионных видов растений как элемент экологической безопасности Республики Беларусь». В результате список из 54 инвазионных растений откорректирован и пополнен еще 7 видами растений – *Rudbeckia laciniata* L. (немахровая форма), *Symphoricarpos rivularis* Suksdorf, *Prunus ceracifera* Ehrh., *Rosa rugosa* Thunb., *Spiraea* × *rosalba* Dipp., *Swida alba* (L.) Opiz.

В 2016 г. проводили работы по корректировке Постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28 октября 2016 г. № 35 «О внесении изменений в постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28 ноября 2008 г. № 106». В нем в новой редакции изложен «Перечень растений, запрещенных к интродукции и (или) акклиматизации». Согласно этому Постановлению в Республике Беларусь запрещены к выращиванию и продаже – борщевики Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Somm. et Levier) и Сосновского (*H. sosnowskyi* Manden.), золотарники гигантский (*Solidago gigantea* Ait.) и канадский (*S. canadensis* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.), эхиноцинис лопастной, или шиповатый (*Echynocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray), мак снотворный (*Papaver somniferum* L.), конопля посевная (*Cannabis sativa* L.). Владельцы земельных участков обязаны не допускать произрастания таких растений на их землях.

В 2016 г. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь с участием сотрудников Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и Научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам разработаны критерии отнесения чужеродных видов диких животных и растений к инвазионным. Данные критерии утверждены приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 3 октября 2016 г.

В 2017 г. вышла научно-популярная монография «Растения-агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси» [5]. В данной публикации в доступной для широкого круга читателей представлена информация об инвазионных видах растений, сроках их появления в республике, степени их агрессивности, даны рекомендации по мерам борьбы и минимизации ущерба от инвазионных видов растений, приведены красочные иллюстрации.

Важным этапом в обобщении всех ранее полученных сведений по чужеродным и вредоносным растениям во флоре Беларуси явился выход «Черной книги флоры Беларуси» в 2020 г. [2].

В последующие годы продолжены исследования по изучению инвазионных и потенциально инвазионных видов растений, в частности в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. разрабатывается НИР

«Оценить современную степень агрессивности инвазионных и потенциально инвазионных видов растений, выявить основные пути их проникновения и закрепления как основы для разработки эффективных мер борьбы и минимизации ущербов».

Опасность распространения инвазионных чужеродных видов связывается с деятельностью, относящейся к торговле с соответствующими грузовыми перевозками, а также с преднамеренным или непреднамеренным заносом диаспор растений. Повышение осведомленности о такой опасности является одним из ключевых элементов эффективной стратегии борьбы с инвазионными чужеродными видами.

Ущерб собственности, ущерб в лесном и сельском хозяйстве, различные аллергии и отрицательное воздействие некоторых видов заставляют разъяснить проблему чужеродных видов общественности. Однако, инвазии чужеродных видов не всегда заметно влияют на общество и экономику, но оказывают очень сильное воздействие на биоразнообразие и сохранение природы [6].

Объекты (материалы) и методы исследования

Чужеродные виды растений во флоре Беларуси изучаются автором более 30 лет (начиная с 1989 г.). Особенно пристальное внимание к чужеродному компоненту флоры начали уделять с конца 1990-х гг. – начала 2000-х гг., когда у нас в стране и сопредельных регионах довольно много литературных источников стало посвящаться теме растительных инвазий.

В понятие инвазионных видов мы включаем таксоны, которые интродуцированы намеренно или ненамеренно за пределы своих природных мест обитания, или появившиеся спонтанно, где они имеют возможность вторгнуться, самостоятельно закрепиться, конкурировать с местными видами и занять новые экологические ниши.

Изучение инвазионного и потенциально инвазионного компонентов флоры проводили по всей территории страны (во всех административных районах, в большинстве из них многократно и в разные вегетационные периоды) традиционным маршрутно-поисковым методом, популяции инвазионных видов описывали по общепринятым в литературных источниках методикам, сложные в систематическом отношении таксоны, а также те, которые распространены ограниченно собирали в гербарий [6–9]. Все сборы хранятся в гербарии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK). Всего собрано более 10 000 гербарных образцов.

Выделение инвазионных видов растений проводили на основании тщательного анализа списков адвентивных и инвазионных растений Беларуси и сопредельных с ней стран (Латвия, Литва, Польша, Украина, смежные регионы Российской Федерации). Учитывали также и более отдаленные регионы с близкими климатическими условиями [6, 10–16 и др.].

При выделении инвазионных и потенциально инвазионных видов растений учитывали сроки первичной регистрации таксона во флоре Беларуси, естественный ареал (по возможности) и степень агрессивности таксонов в данный исторический период времени. Основное внимание при изучении инвазионных и потенциально инвазионных видов растений уделено частоте их встречаемости, степени агрессивности по отношению к аборигенной фракции флоры, занимаемой ими площади. Также учитывали факт стремительности их проникновения в нарушенные и естественные фитоценозы, степень их закрепления.

Результаты исследований и их обсуждение

В республиканском масштабе в настоящее время наиболее агрессивными чужеродными видами растений является 52 представителя флоры, которые распространились здесь преимущественно в XIX–XX вв. [2, 5]. До недавнего времени этим видам не уделяли особого внимания, однако в последние десятилетия все ощутимее становятся последствия нежелательного вторжения и закрепления чужеродных видов растений. Всем хорошо известны аллергические реакции при контакте с борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), не менее опасны сильные аллергены – циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia*) и амброзия полынолистная (*Ambrosia artemisifolia*). Активно вытесняют представителей аборигенного ядра флоры эхиноцистис шиповатый (*Echynocystis lobata*), американские ви-ды золотарников (*Solidago gigantea, S. canadensis*), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus*) и ряд других.

К категории инвазионного можно отнести вид при условии соответствия им следующим параметрам (или части из них):

– вид является заносным (адвентивным) для всей территории Беларуси;

– вид отмечен не менее чем в 50–70% всех административных районов Беларуси или области (для недавно появившихся и стремительно размножающихся видов);

– в регионах, где вид присутствует, он находится на стадии эпекофита или агриофита (хотя бы на части территории);

– по результатам многолетнего мониторинга с момента первой находки вид проявляет тенденцию к активному расселению и вытеснению аборигенных видов, иногда может гибридизировать с аборигенными видами и поглощать их в результате интрогрессивной гибридизации;

– вид может служить источником экономического ущерба и представлять угрозу биологическому разнообразию [6].

Наиболее агрессивные инвазионные виды, которые принято называть в литературе «трансформерами», уже настолько изменили структуру естественных растительных сообществ, что выступают в качестве эдификаторов и доминантов, часто образуют монодоминантные сообщества.

Внедрение чужеродных видов растений может происходить по нескольким причинам, но обычно это результат:

– естественных перемещений, связанных с изменением численности вида и климатических условий;

– преднамеренная интродукция и реинтродукция важных в хозяйственном и иных отношениях организмов; случайных заносов с импортной сельскохозяйственной продукцией, багажом, с интродуцированными видами и т.п. [2, 6].

Помимо широко известных в стране видов-трансформеров – *Heracleum sosnowskii*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Echinocystis lobata, Impatiens parviflora, Bidens frondosus, Acer negundo, Robinia pseudoacacia* и других, в ближайшие годы подобная ситуация с закреплением и широким распространением в республике может произойти с *Reynoutria* × *bohemica*, *Geum macrophyllum* Willd., *Bidens connatus* Willd., *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh, *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC., *Swida alba* и др., которые имеют стремительные темпы расселения, у них наблюдается очень короткий период перехода от лаг-фазы (первичного появления) до массового развития в фитоценозах. Период адаптации растений в новых условиях весьма короткий и не требующий смены многих поколений, что подчеркивает их явно выраженные инвазионные способности.

Наши исследования предыдущих лет позволили составить список инвазионных и потенциально инвазионных видов [2, 4, 5, 17]. Среди них 52 вида являются в настоящее время агрессивными и составляют опасность для аборигенной фракции флоры. Они способны к активному возобновлению, расселению и внедрению в естественные и полуестественные растительные сообщества. Около 30 видов из них ведут себя крайне агрессивно и их можно назвать видами-трансформерами. В средней полосе России широко распространены также 52 вида инвазионных растений [6].

В связи с высокой динамикой и быстрым расселением чужеродных видов в последние десятилетия список инвазионных видов растений в дальнейшем, несомненно, будет корректироваться и дополняться, прежде всего, за счет потенциально инвазионных видов растений, которые пока не являются столь опасными, как, например, виды-трансформеры, но проявляют способность к активному самостоятельному расселению.

Могут периодически появляться во флоре страны и такие инвазионные виды растений, как *Erechtites hieraciifolius*, который начиная с 2002 г. (дата его первой регистрации в Беларуси) смог распространиться за период около двадцать лет почти по всей стране и стать очень агрессивным видом не только в южных, но и центральных районах. Очень примечателен факт находки в 2024 г. в Сморгонском районе Гродненской области *Senecio squalidus* L., который довольно быстро распространяется из Великобритании по многим районам материковой Европы в северо-восточном и восточном направлениях. Данный вид может вполне повторить судьбу *Erechtites hieraciifolius*, исходя из их схожих экологических предпочтений, способах заноса и размножения [18].

Весьма важными показателями для понимания процессов растительных инвазий во флоре Беларуси являются периоды проникновения инвазионных и потенциально инвазионных видов растений, а также их предполагаемый естественный (первичный) ареал, поскольку точно установить его иногда довольно сложно, что связано с длительной историей становления ареалов видов, последующими их миграциями, а также случайным или преднамеренным заносом диаспор.

Из категории инвазионных растений 8 видов зафиксированы в Беларуси до 1780 г. (с момента первой флористической публикации и появления гербарных сборов с территории страны), 5 – с 1780 г. по 1850 г., 11 – с 1851 г. по 1900 г., 14 – с 1901 г. по 1950 г. и 14 после 1950 г. (рис. 1). Исходя из анализа этих данных процесс синантропизации флоры Беларуси активизировался в последние десятилетия и продолжается в наши дни.

Особенно активно он происходит в период после 1970-х гг., что связано с развитием промышленности и сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры, повышенным интересом населения к интродуцированным видам растений, а также тенденцией к общему потеплению климата. Это особенно заметно по результатам анализа первичной регистрации адвентивных видов растений на основании оценки гербарных данных.

Часть появившихся после 1970 г. таксонов (*Xanthium italicum* Moretti, *Ludwigia palustris* (L.) Elliott, *Scirpus cyperinus* (L.) Kunth и других), пока еще нельзя отнести к инвазионным растениям, однако это может произойти в ближайшее время из-за благоприятного сочетания для них ряда условий, которые приведут к их прогрессу в наших климатических условиях.

Исходя из анализа происхождения инвазионных видов растений Беларуси (по их первичному ареалу, рис. 2), можно констатировать, что основную роль в обогащении флоры страны агрессивными представителями флоры внес североамериканский континент. Отсюда происходят 26 видов инвазионных растений. Из них *Galinsoga quadriradiata* Ruiz et Pav. встречается также и в Южной Америке. По 9 видов инвазионных растений происходят из Азии и более южных и западных районов Европы; 4 вида – из Евразии (их естественный ареал удален от территории Беларуси); 6 видов являются гибридными по происхождению. У трех видов (из 9 европейского происхождения) статус происхождения и первичного ареала в настоящее время не выяснен. Это относится к *Oenothera biennis* L., *O. rubricaulis* Klebahn и *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz et Sukopp. Вероятно, они возникли в результате гибридизации и микроэволюционных процессов в Центральной и Западной Европе и затем стали активно распространяться по всему континенту.

В связи с высокой динамикой и быстрым расселением чужеродных видов в последние десятилетия, мы выделили из этого списка потенциально инвазионные виды растений, которые называем слабоагрессивными. Таких таксонов во флоре республики на сегодняшний день насчитывается 330 [2, 17, 19]. Они пока не являются такими опасными, как, например, виды-трансформеры, которые изменяют структуру растительных сообществ, но проявляют способность (в различной степени) к самостоятельному и активному расселению, могут проявлять агрессивные свойства, но в определенных условиях и не во всех природно-климатических зонах страны.

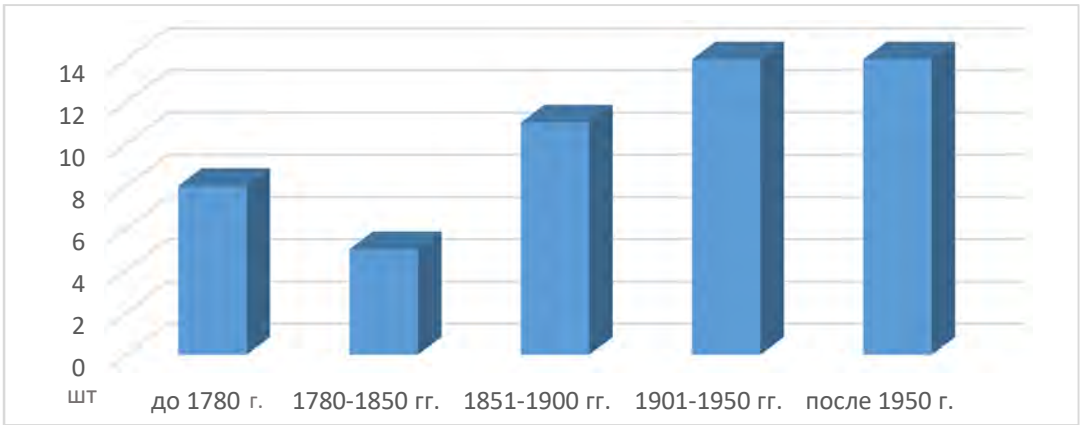


Рис. 1. Период появления инвазионных видов растений в Беларуси

Fig. 1. Period of appearance of invasive plant species in Belarus

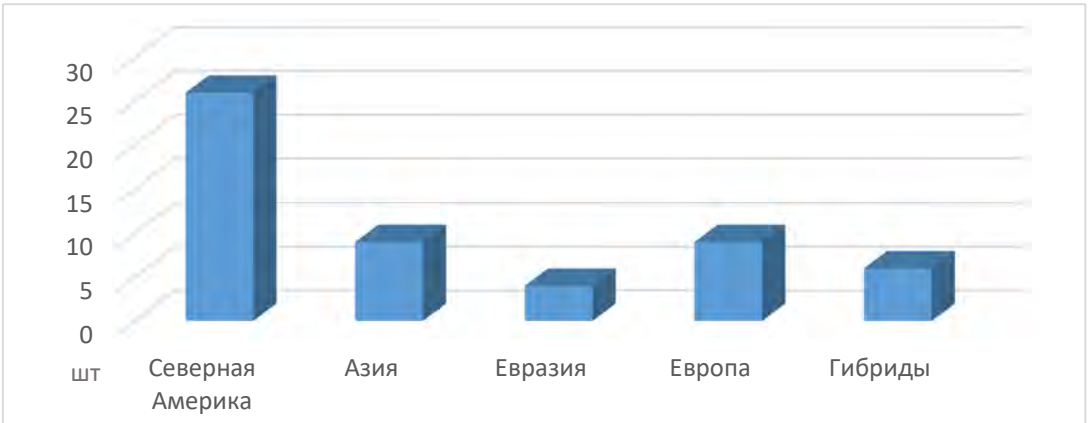


Рис. 2. Первичный ареал инвазионных видов растений в Беларуси

Fig. 2. Primary range of invasive plant species in Belarus

Следует заметить, что, в зависимости от физико-географических условий конкретного административного региона, хозяйственно-экономического и культурно-исторического развития, отмечены различные биологические особенности одних и тех же инвазионных видов, поэтому в настоящее время весьма актуален мониторинг динамики всех чужеродных видов.

Не все растения агриофиты, которые даже считаются инвазионными в сопредельных с Беларусью регионах, проявляют агрессивные свойства в республике. Например, такие широко распространенные агриофиты, как *Juncus tenuis* Willd., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. и др. здесь пока не проявляют таких свойств. Это связано с местными природными условиями, особенностями ведения хозяйства, конкурентными взаимоотношениями видов и другими факторами.

Появление потенциально инвазионных видов растений по годам в Беларуси следующее: до 1770 г. отмечено 139 видов; с 1771–1850 гг. – 45; с 1851–1900 гг. – 48; с 1901 по 1950 гг. – 34; после 1951 г. – 64 (рис. 3).

Большая часть потенциально инвазионных видов растений являются археофитами (139 видов) и они появились в республике до 1770 г. Степень их агрессивности разная, но некоторые из них уже длительный период являются злостными сорняками – *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Spergula arvensis* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Chenopodium album* (L.) Vill., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Convolvulus arvensis* L. и др.

По характеру происхождения потенциально инвазионные виды растений флоры Беларуси являются выходцами из Евразии (некоторые из них заходят в Северную Африку) – 118 таксонов; Северной Америки – 57 (из них один вид заходит и в Южную Америку); Азии – 47; Европы – 38; Средиземноморья (включая север Африки) – 35; Европы и Северной Америки – 2; Северной Америки и Азии – 1. Кроме этого, 32 таксона являются межвидовыми гибридами (рис. 4).

Основное количество потенциально инвазионных видов растений попало в Беларусь из различных регионов Евразии и Северной Америки, поэтому особое внимание следует уделять адвентивным растениям именно из этих регионов при их первой регистрации во флоре республики. Это позволит минимизировать ущерб от процесса их внедрения и закрепления. Особое внимание следует уделять и вновь интродуцированным растениям, которые происходят из этих же регионов. Они должны проходить длительный период первичной интродукции в ботанических садах, где должны быть под пристальным наблюдением за их агрессивными свойствами, лишь при отсутствии которых могут быть рекомендованы для широкого выращивания в условиях республики. Крайне нежелательна спонтанная интродукция видов местным населением.

Отдельно следует остановиться на карантинных растениях. Из списка карантинных растений [20] к настоящему времени в Беларуси зафиксированы факты заноса 10 следующих видов: *Ambrosia artemisiifolia*, *A. trifida*, *A. psilostachya, Ipomoea hederacea*, *Acroptilon repens*, *Cuscuta campestris*, *C. epilinum*, *C. epithymum*, *C. suaveolens*, *Solanum rostratum*. Большая часть из них является в местных климатических условиях эфемерофитами и выпадает из состава фитоценозов после первой зимы. Наиболее устойчивыми видами оказались *Ambrosia artemisiifolia*, *Cuscuta campestris* и *C. epithymum*, однако в настоящее время их численность относительно мала и они,

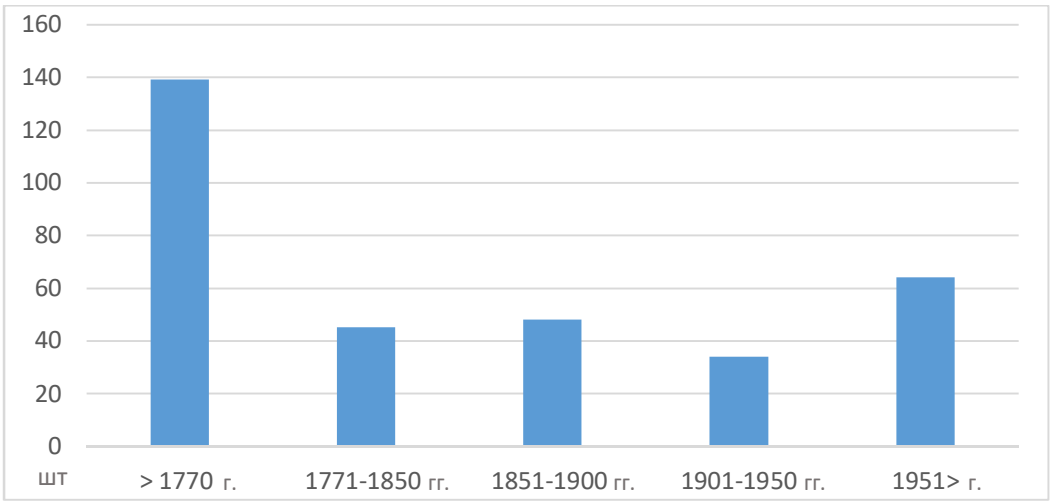


Рис. 3. Период появление потенциально инвазионных видов растений во флоре Беларуси

Fig. 3. Period of the appearance of potentially invasive plant species in the flora of Belarus

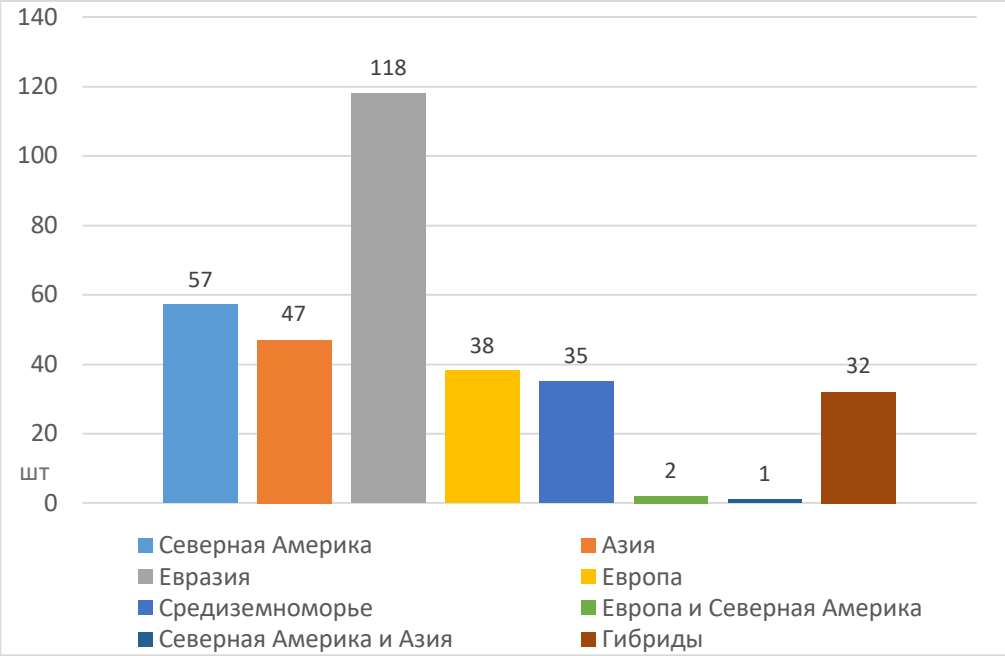


Рис. 4. Первичный ареал потенциально инвазионных видов растений

Fig. 4. Primary range of potentially invasive plant species

несмотря на то, что регистрируются в республике не одно десятилетие, не представляют на данный момент какой-либо серьезной опасности аборигенной флоре и человеку. Исключение, возможно, составляет *Cuscuta campestris*, которая изначально попала в Беларусь с семенами клевера на поля и прилегающие к ним участки. Впервые она зарегистрирована в 1914 г. в окр. д. Сластены Дрибинского района (LE), затем неоднократно отмечена в южной и особенно юго-восточной частях страны. В последние годы мы наблюдаем активное продвижение вида в северном и западном направлениях, причем вид чаще стал отмечаться по долинам рек и на полигонах твердых бытовых отходов, куда он попадает, преимущественно, орнитохорно, особенно с различными видами чаек, которые заселяют как прибрежные экотопы, так и образуют колонии на свалках мусора. Подобные дальние заносы инвазионных видов чайками и другими околоводными птицами характерны также для некоторых видов череды – *Bidens frondosus*, *B. conatus*.

Ipomoea hederacea выращивается в последние годы как декоративное растение на приусадебных и дачных участках, но крайне редко. Распространение этого вида в культуре в качестве декоративного растения следует запретить. *Cuscuta epilinum* регистрировали в посевах льна до середины XX в., однако из-за улучшения очистки посевного материала исчезла и в последние годы нигде не отмечена, как и на большинстве смежных с республикой территориях. Остальные виды из этого списка известны в стране по единичным находкам и большая часть из них уже не зафиксирована в ранее выявленных локалитетах.

Одной из проблем в быстром экспансивном распространении растений является как естественная, так и искусственная гибридизация растений. Гибридизация среди аборигенных и чужеродных видов растений может ввести чужие гены в естественные популяции или приводит к появлению сильного гибрида, способного к инвазии [21]. Причем гибридные особи часто оказываются более агрессивными по сравнению с родительскими таксонами, поскольку у них, благодаря эффекту гетерозиса, наблюдается большая плодовитость, нередко имеются дополнительные возможности вегетативного размножения. Гибридные особи более пластичны, в сравнении с родительскими видами, к экологическим и климатическим условиям. Среди них успешно протекает процесс естественного отбора и затем в природе закрепляются устойчивые клоны гибридных особей. Гибридными по происхождению и агрессивными в стране являются – *Amelanchier* × *spicata* (Lam.) K. Koch, *Reynoutria* × *bohemica*, *Aster* × *salignus* Willd., *A.* × *versicolor* Willd., *Aronia* × *mitschurinii* A. Skvorts. et Maitul. (× *Sorbaronia mitschurinii* (A. K. Skvortsov et Maitul.) Sennikov), *Helianthus tuberous* L.

Возможно, гибридами являются и некоторые морфотипы *Heracleum sosnowskyi*, который ранее выращивали в ботанических садах, где близкородственные виды борщевиков проходили интродукционные испытания и их высаживали совместно.

Трудно отличим от *Populus alba* L. и гибридный нототаксон *P.* × *canescens* (Aiton) Smith, который, возможно, встречается чаще в Беларуси, чем типичный *P. alba* и проявляет более агрессивные свойства. В последние годы появились публикации касаемые того, что европейские морфотипы, называемые *Bidens connatus*, представляют из себя гибриды *B. cernuus* × *B. frondosus*, которые сформировались во вторичном ареале и их правильнее называть *B. decipiens* Warnst. Молекулярно-генетические анализы подтвердили гипотезу о гибридном происхождениии подобных морфотипов [22]. К межвидовой гибридизации также склонны *B. frondosus* и *B. tripartitus* с образованием гибрида *B.* × *garumnae* Jeanjean et Debray, довольно часто гибридизируют с близкородственными видами, а также между собой *Oenothera biennis* и *O. rubricaulis*, нередки гибриды между *Galinsoga parviflora* и *G. quadriradiata* (*G.* × *mixta* Murr.), редко отмечены гибриды между *Solidago canadenis* и аборигенным видом *S. virgaurea* L. (*S.* × *niederederi* Khek).

Изучение процессов гибридизации поможет хотя бы отчасти минимизировать негативные свойства, которые способны проявляться у гибридных клонов растений. Подобные гибриды без предварительного и длительного испытания в культуре не должны привлекаться в качестве декоративных растений или растений с иными полезными для человека свойствами. Более сложная ситуация очерчивается со спонтанными гибридами, которые образуются между двумя адвентивными, или между адвентивными и аборигенными растениями. Поведение таких гибридов может быть непредсказуемым и привести к быстрой экспансии вновь образовавшегося гибридного клона из-за различных механизмов его адаптации к местным условиям существования и возвратных скрещиваний с родительскими таксонами.

При заселении новых чужеродных видов растений в естественные растительные сообщества необходимо проводить долговременный мониторинг за поведением и тщательное изучение их биологии, испытание в культуре, анализ агрессивности в сопредельных регионах. Подобные упущения при интродукции допущены с *Lupinus polyphyllus*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*. Данные упущения привели к их быстрой экспансии и причинению огромного вреда как природе, так и человеку.

Одной из серьезных проблем для Беларуси является наличие больших площадей пустошных и залежных земель, особенно вблизи населенных пунктов, дачных участков, свалок мусора и т.п. экотопов. Необрабатываемые и неиспользуемые земли являются основным источником для закрепления и дальнейшего распространения значительного количества инвазионных растений. Именно пустошные земли послужили основным источником для распространения *Solidago canadensis* и *S. gigantea*, *Echynocystis lobata*, видов рода *Reynoutria* и др. Необходимо строго следить за правильным использованием земельного фонда с привлечением к ответственности хозяев земель, которые допускают распространение на них инвазионных растений. Следует увеличить перечень растений, на которые распространяются ограничительные меры по их выращиванию. Исходя из исследований последних лет это должно относится к *Swida alba*, *Aronia* × *mitschurinii*, *Asclepias syriaca* L. (особенно в южных районах), видам рода *Reynoutria* и др. Некоторые агрессивные виды растений с инвазионными свойствами, которые обладают декоративными, пищевыми и иными хозяйственными свойствами следует заменить в культуре на другие виды с похожими свойствами, но не обладающие инвазионным потенциалом. Это относится к некоторым видам *Aster*, североамериканским видам *Solidago*, *Sorbaria sorbifolia*, *Sambucus racemosa* и *S. nigra* и т.д.

Среди задач и планов действий по борьбе с инвазионными видами растений на ближайшие годы следует выделить следующие основные аспекты:

– расширение списка видов, распространение и численность которых подлежат регулированию, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 и его своевременная корректировка по результатам мониторинговых исследований за поведением агрессивных видов растений;

– увеличение финансирования на борьбу с наиболее агрессивными видами инвазионных растений (американские виды золотарников, эхиноцистис шиповатый и др.);

– широкое информирование населения о проблемах растительных инвазий и мерах борьбы и ограничения численности с инвазионными растениями через СМИ и печатные издания;

– строгое отслеживание за запретом на продажу и распространение видов, распространение и численность которых подлежат регулированию;

– постоянный мониторинг за правильным использованием земельного фонда с целью недопущения наличия пустошных земель, где закрепляются и распространяются инвазионные виды растений с привлечением к ответственности хозяев земель, которые допускают распространение на них инвазионных растений;

– строгий контроль за интродукцией растений (многолетние испытания видов в культуре и отслеживание за их поведением, наблюдение за проявлением ими агрессивных свойств, проверка посевного и посадочного материала, поступающего в Республику Беларусь);

– проведение мероприятий по борьбе с инвазионными растениями на территориях ООПТ.

Заключение

Наши исследования позволили составить список инвазионных (52 таксона) и потенциально инвазионных (330 таксонов) растений. Около 30 видов из них ведут себя крайне агрессивно и их можно назвать видами-трансформерами.

Из категории инвазионных растений 28 таксонов (их наибольшее количество) зафиксированы во флоре Беларуси после 1900 г. Появление потенциально инвазионных видов растений в стране было несколько иным: до 1770 г. зафиксировано 139 таксонов (из них подавляющее количество – археофиты) и затем наблюдается резкий рост подобных растений лишь после 1950 г., когда отмечено 64 вида (произошел скачок количества неофитов). По характеру исходного ареала как инвазионные, так и потенциально инвазионные виды растений происходят преимущественно из Евразии и Северной Америки. При появлении новых адвентивных растений из этих регионов, которые близки к Беларуси по климатическим показателям требуется особое внимание, поскольку они могут перейти в категорию инвазионных.

Из списка карантинных растений к настоящему времени в Беларуси в разные периоды зафиксированы факты заноса 10 видов. Из них наиболее устойчивыми оказались *Ambrosia artemisiifolia*, *Cuscuta campestris* и *C. epithymum*.

Одной из проблем в быстром экспансивном распространении растений является как естественная, так и искусственная гибридизация. Уже сейчас известны многочисленные гибриды между аборигенными и адвентивными или только адвентивными видами растений. Поведение таких гибридов может быть непредсказуемым и привести к быстрой экспансии вновь образовавшихся гибридных клонов.

Таким образом, в ближайшее время предстоит дальнейшая работа по углубленному изучению чужеродных растений во флоре Беларуси, особенно тех моментов, которые касаются путей проникновения и закрепления чужеродных видов, мер борьбы и ограничения численности наиболее агрессивных растений. Актуальны также вопросы внутривидовой изменчивости таксонов, гибридизации, выявления новых видов и гибридов, анализ и изучение интродуцированных растений с целью прогноза их дальнейшей адаптации в климатических условиях страны и инвазионного потенциала.

Литература

1. Агрессивные чужеродные виды диких животных и дикорастущих растений на территории Республики Беларусь / В. Н. Варавко [и др.]. – Минск, 2008. – 39 с.

2. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 407 с.

3. Памятка по определению инвазивных видов растений, вредоносных, произрастающих на землях лесного фонда, распространение которых следует ограничить / А. Н. Скуратович, Д. В. Дубовик; Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес». – Минск, 2007. – С. 9–56.

4. Дубовик, Д. В. Инвазионные виды во флоре Беларуси / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: мат-лы 2-ой междун. научно-практ. конф., Минск, 22–26 октября 2012 г. – РУП «Минсктиппроект» [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск, 2012. – С. 443–446.

5. Растения-агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.]. – Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 2017. – 192 с.

6. Виноградова, Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М: ГЕОС. – 2009. – 512 с.

7. Адвентивная флора Москвы и Московской области / С. Р. Майоров [и др.]. – М.: КМК, 2012. – 412 с.

8. Бурда, Р. І. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі / Р. І. Бурда, О. А. Ігнатюк. – Київ: НЦЕБМ НАН України, ЗАЕ «Віпол», 2011. – 112 с.

9. Полевая геоботаника / АН СССР. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова; под общ. ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. – Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1959–1964. – 3 т. – 1964. – 530 с.

10. NOBANIS (The European Network on Invasive Alien Species) [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.nobanis.org. – Date of access: 13.09.2024.

11. Lietuvas un Latvijas pierobežas invazīvie organismi / Z. Gudžinskas [et al.]. – Vilnius: BMK Leidykla, 2014. – P. 91–139.

12. Mosyakin, S. L. The nonnative flora of the Kiev (Kyiv) Urban Area, Ukraine: a checklist and brief analysis / S. L. Mosyakin, O. G. Yavorska // Urban Habitats. – 2003. – V. 1(1). – P. 45–65.

13. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych / B. Tokarska-Guzik [et al.]. – Warszawa: Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, 2012. – 197 s.

14. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns / P. Pyšek [et al.]. – Preslia. – 2012. – V. 84. – P. 155–255.

15. Панасенко, Н. Н. Чёрный список флоры Брянской области / Н. Н. Панасенко // Российский Журн. Биол. Инвазий. – 2014. – № 2. – С. 127–131.

16. Соколова, И. Г. Инвазивные виды Псковской области / И. Г. Соколова // Псковский регионологический журнал. – 2012. – № 14. – С. 97–102.

17. Дубовик, Д. В. Адвентивные виды растений во флоре Беларуси и их инвазионный потенциал / Д. В. Дубовик // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: мат-лы межд. науч. конф., Минск-Нарочь, 23–26 сентября 2014 г. / НАН Беларуси [и др.]; редкол. А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2014. – С. 184–185.

18. Дубовик, Д. В. *Senecio squalidus* L. (*Asteraceae* Bercht. et Presl) новый адвентивный вид во флоре Беларуси с инвазионным потенциалом / Д. В. Дубовик // Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования: мат-лы междун. научн. конф., Минск, 24–27 сентября 2024 г. – НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2024. – С. 195–200.

19. Дубовик, Д. В. Роль эргазиофитов в формировании флоры Беларуси / Д. В. Дубовик // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты, сб. ст. 2-ой междун. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 2013 г. – Мин-во образования РБ [и др.]; под ред. В. В. Лысака [и др.]. – Минск, 2013. – С. 24–27.

20. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза https://www.ggiskzr.by/doc/quarantine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nobanis.org. – Дата доступа: 13.09.2024.

21. Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy / P. E. Hulme [et al.] // Journal of Applied Ecology. – 2008. – V. 45. – P. 403–414.

22. Галкина, М. А. Гибридизация некоторых чужеродных таксонов рода *Bidens* L. в Восточной Европе / М. А. Галкина, Ю. К. Виноградова // Изв. РАН. Сер. биол. – 2017. – № 4. – С. 1–7.

Поступила в редакцию 18.09.2024 г.

УДК 581.524.2 (476)

О. М. МАСЛОВСКИЙ, Л. С. ЧУМАКОВ, И. П. СЫСОЙ,
Я. А. ХРИСТЮК-МАКАРОВА, В. М. ЛАПИЦКИЙ

ОСОБО ОПАСНЫЕ ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В БЕЛАРУСИ: ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, ДИНАМИКА, ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ

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

Аннотация. В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь проводится учет 401 вида чужеродных растений, представленных 70 тыс. популяций, произрастающих на общей площади более 75 тыс. га. Представлены данные по распространению, площади, численности, структуре и динамике особо опасных инвазивных видов растений Беларуси. Приводится прогноз экспансии на территории Беларуси для гигантских борщевиков, инвазивных золотарников и эхиноцистиса лопастного. Разработана комплексная методика, позволяющая значительно повысить эффективность проводимых мероприятий и ограничить распространение инвазивных видов растений в Беларуси.

Ключевые слова: инвазивные растения, Беларусь, распространение, методы борьбы.

O. M. MASLOVSKY, L. S. CHUMAKOV, I. P. SYSOI,
Y. A. KHRYSTSIUK-MAKARAVA, V. M. LAPITSKIY

THE MOST DANGEROUS INVASIVE PLANT SPECIES IN BELARUS: INVENTORY, DYNAMICS, PROGNOSIS AND ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF ACTIVITIES

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

Annotation. The Belarus Plant State Cadastre Belarus includes 401 species of alien plants, represented by 70 thousand populations growing on a total area of more than 75 thousand hectares. Data on the distribution, square, structure and dynamics of especially dangerous invasive plant species in Belarus are presented. A guessing of the expansion for giant *Heracleum*, invasive *Solidago* and *Echinocystis lobata* into the territory of Belarus is given. A complex methodology has been developed that can significantly increase the effectiveness of activities and limit the distribution of invasive plant species in Belarus.

Key words: invasive plants, Belarus, distribution, control methods.

Введение

Согласно Конвенции по биоразнообразию [1]: «Чужеродный инвазивный вид – чужеродный вид, чье проникновение и распространение угрожает экосистемам или видам и причиняет экономический или экологический ущерб».

В отношении природных объектов основными угрозами от проникновения инвазивных растений являются: исчезновение редких видов, снижение видового разнообразия и трансформация экосистем.

Для экономики в этом отношении можно выделить следующие основные угрозы:

– снижение продуктивности с/х земель;
– снижение качества кормов;
– биогенное загрязнение водоемов и трансформация водных экосистем;
– мор рыбы;
– снижение урожайности ягод и грибов;
– замещение местных древесных пород;
– замедление возобновления и прироста ценных пород древесины и другие.

Экономический ущерб от биологических инвазий колоссален. Подсчитано, что в результате инвазии заносных видов США теряют 137 млрд, Индия – 117 млрд, а Бразилия – 50 млрд долларов США [2]. Урон, наносимый биологическими инвазиями только со стороны 79 наиболее злостных инвазивных видов, в США оценивается в 97 млрд долларов США [3], а для России в 2007–2019 гг. ущерб составил как минимум 51,52 млрд долларов США [4]. Экономический ущерб от биологических инвазий для Беларуси пока не посчитан.

Внимание на проблему чужеродных видов растений в нашей стране обратили в последнюю четверть XX в. Систематические исследования инвазивных видов растений в Беларуси начались с 2001 г. в рамках ведения Государственного кадастра растительного мира. В 2009 г. вышла в свет первая книга, посвященная гигантским борщевикам [5]. Позже в стране была заложена система пунктов постоянных наблюдений и организован регулярный мониторинг популяций этих видов. К настоящему времени функционируют 130 пунктов мониторинга 20 видов инвазивных растений. В 2019 г. опубликовано фундаментальное издание Государственного кадастра растительного мира, где большой раздел посвящен инвазивным видам растений [6]. В 2020 г. издана Черная книга [7].

В Национальной академии наук Беларуси проведен ряд исследований и разработаны методы борьбы особо опасными видами растений, а также методические рекомендации по проведению мероприятий по ограничению их распространения. Они показали свою эффективность. В настоящее время реализуется ряд заданий по изучению инвазивных видов растений в рамках ОНТП «Интродукция и инвазии».

Объекты (материалы) и методы исследования

Объектами исследований послужили особо опасные инвазивные растения: клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), эхиноцистис лопастной (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray), гигантские борщевики: борщевик Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier) и борщевик Сосновского (*H. sosnowskyi* Manden.), инвазивные золотарники: золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) и золотарник гигантский (*S. gigantea* Ait.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.,), а также амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia* L.). Данная группа растений выделена как включенные в Перечень видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию на территории страны [8].

При картировании популяций особо опасных инвазивных растений использовали полевые данные, литературные и таксационные материалы, данные гербарных коллекций и информационных ресурсов. Во время полевых исследований проводили описание каждой популяции: определяли размеры, площадь, характер произрастания, флористический состав фитоценоза, давали характеристику экологических условий, а также оценивали динамику и эффективность проводимых мероприятий по ограничению распространения; составляли карты мест их произрастания. Для отдельных популяций составляли специализированные карточки учета с их пространственным расположением (включая контуры).

Результаты исследований и их обсуждение

В кадастре растительного мира на основе GIS-технологий проведен учет 401 вида чужеродных растений, произрастающих на общей площади более 75 тыс. га [6]. Представлены они более чем 70 тыс. популяций. И эти данные ежегодно пополняются. Чужеродные виды в кадастре распределены по 6 группам: особо опасные (8 видов), опасные (5), инвазивные (58), потенциальные инвазивные (42), заносные (280) и стабильные натурализовавшиеся (8).

Распространение особо опасных инвазивных видов растений в Беларуси представлено на рис. 1. При картировании инвазивные борщевики и золотарники рассматривались нами как комплексы видов.

На территории Беларуси в настоящее время зарегистрировано 4764 места произрастания *гигантских борщевиков* общей площадью свыше 3047 га. Распределены они по территории страны довольно неравномерно. Наибольшее распространение борщевики получили в Витебской области, где зарегистрировано свыше 2,8 тыс. мест их произрастания (60% от их общего количества в стране). Несмотря на проводимые мероприятия их площади на севере увеличиваются. В центральной части страны благодаря мерам борьбы площади этих инвазивных растений значительно сократились. В Брестской и Могилевской областях борщевики встречаются значительно реже и изменения числа их популяций в последние годы не наблюдается.

Инвазивные *золотарники* зарегистрированы в 85 административных районах Беларуси, где представлены более чем 2,7 тыс. популяций разной величины и занимают свыше 582 га земель. Однако это неполные данные, исследования по их картированию в настоящее время продолжаются. Наиболее широко распространены инвазивные золотарники на территории Минской области (около 2 тыс. мест произрастания или свыше 72% от их общего числа по стране), где они встречаются на площади 513 га (88% от таковой по стране). Активная экспансия золотарника в Беларуси, наблюдаемая в последнее время, наиболее характерна для центральной части страны. За последние 5 лет общее количество зарегистри-

рованных мест произрастания инвазивных золотарников в целом по стране возросло на 23%.

В Республике Беларусь на 2023 г. зарегистрировано 1493 местонахождений *эхиноцистиса лопастного* на площади 142 га. Наиболее широко распространен он в Витебской, Гомельской и Минской областях. В несколько меньшем количестве зарегистрирован в Гродненской области.

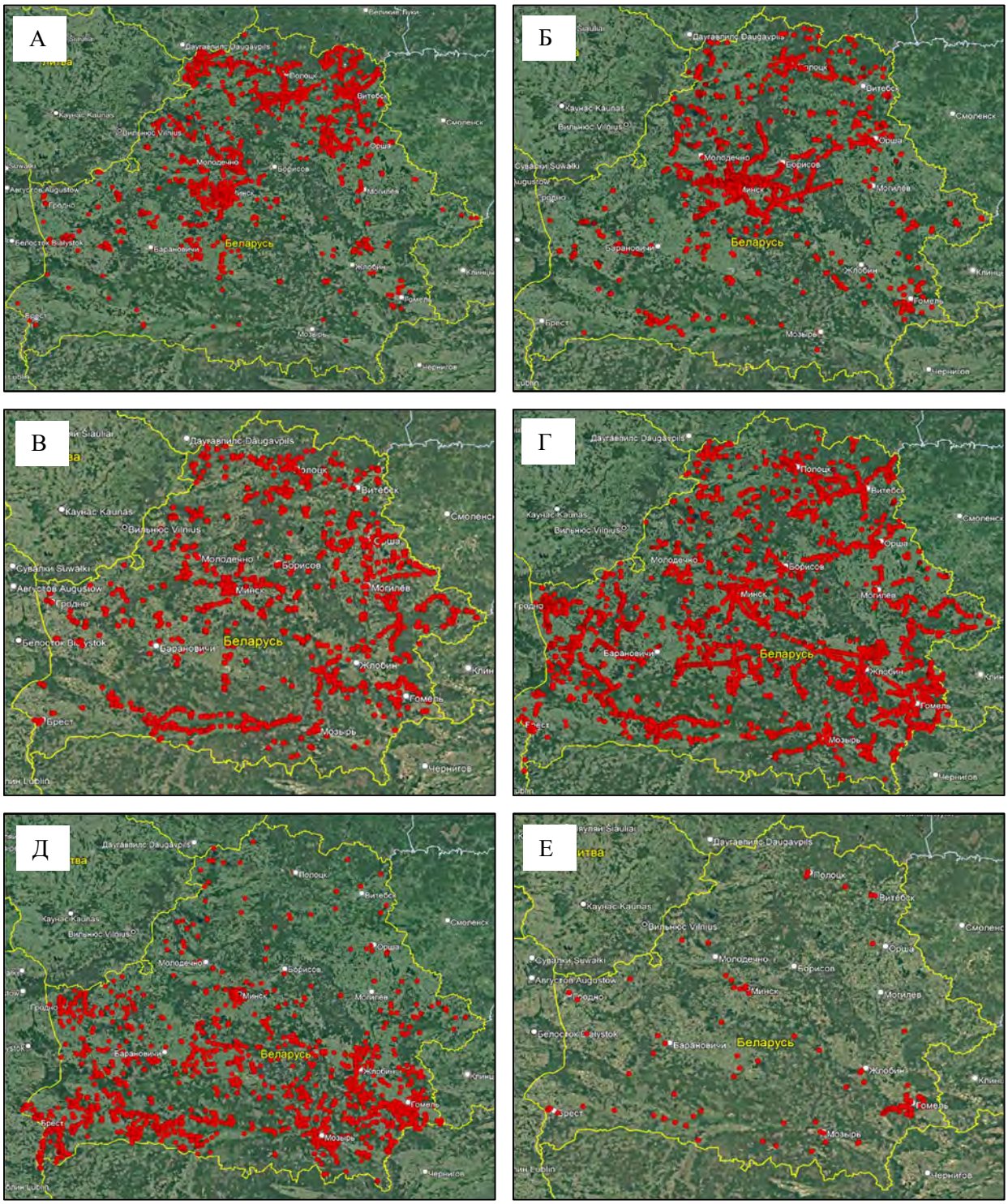


Рис. 1. Распространение особо опасных инвазивных видов растений на территории Беларуси:
А – гигантские борщевики, Б – инвазивные золотарники, В – эхиноцистис лопастной,
Г – клен ясенелистный, Д – робиния псевдоакация, Е – амброзия полыннолистная

Fig. 1. Distribution of the most dangerous invasive plant species on the territory of Belarus:
А – *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*, Б – *Solidago canadensis* and *S. gigantea*,
В – *Echinocystis lobata*, Г – *Acer negundo*, Д – *Robinia pseudoacacia*, Е – *Ambrosia artemisifolia*

Существенных расширений экспансии эхиноцистиса за последнее время не наблюдается. Общее число зарегистрированных в 2023 г. популяций на 7,7% выше, чем в 2019 г. Площадь, занимаемая этим растением, за тот же период увеличилась на 8,1% (в основном, в южной части страны).

На 2023 г. *клен ясенелистный* в естественных условиях произрастания зарегистрирован в 110 административных районах страны. Общее число популяций превышает 6,2 тыс., а занимаемая площадь – более 599 га. Его расселение в настоящее время происходит преимущественно вдоль дорог с внедрением на пустошные земли и под лесной полог, а также по поймам рек.

Робиния псевдоакация наиболее часто встречается на юге Беларуси, что в значительной степени обусловлено ее многочисленными посадками в усадебных парках XVIII – начала XX вв., а также в лесополосах вдоль дорог во второй половине XX в. В настоящее время робиния активно расширяет свой ареал. Уже зарегистрировано 3323 местонахождения этого вида на площади свыше 606 га.

Амброзия полыннолистная – опасный карантинный сорняк. Первые очаги ее произрастания зарегистрированы в Гомельской и Брестской областях в 1970-е гг. [9]. В настоящее время известно 134 места произрастания этого вида на площади более 10 га. Наиболее широко распространена амброзия в Гомельской области, где еще в 2019 г. выявлено свыше 30 мест произрастания этого вида растений. В 2023 г. здесь зарегистрировано около 100 местонахождений на площади 9,5 га. Сейчас наблюдается активная фаза развития экспансии этого вида на юго-востоке страны.

На основании анализа плотности распределения инвазивных растений на территории Беларуси по занимаемой площади (га) на 100 тыс. га территории административного района выявлены структуры региональных популяций и центры расселения этих видов в стране (рис. 2) [6 с дополнениями].

Анализ распределения популяций особо опасных инвазивных видов растений по различным видам ландшафтов [6, 10] дал возможность выявить более уязвимые из них (для каждого вида), что позволило построить карты уязвимости ландшафтов (рис. 3).

Максимальное количество популяций гигантских борщевиков (479 популяций) отмечено на возвышенных холмисто-моренно-эрозионных дренированных ландшафтах, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах.

Ярко выраженное доминирование инвазивных золотарников (553 популяции) отмечено для вторичных водно-ледниковых ландшафтов умеренно-дренированных, с сосновыми, вторичными мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах. Достаточно высокое представительство золотарника выявлено для холмисто-моренно-эрозионных дренированных, с широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах (293 популяции).

Наибольшим количеством популяций эхиноцистиса лопастного (144 популяции) характеризуются речные долины разной степени дренированности, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах, болотами.

Совокупный анализ карт распространения, анализ структуры региональных популяций вместе с данными мониторинга конкретных популяций дал возможность выявить основные направления экспансии инвазивных видов растений на территории Беларуси и построить прогнозные карты (рис. 4) [6].

Проведенные исследования и практический опыт позволили разработать ряд мероприятий и начать реализацию комплекса мер по ограничению распространения особо опасных инвазивных видов растений.

Начиная с 2008 г. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь осуществляет комплекс мероприятий по борьбе с особо опасными инвазивными видами растений, и, в первую очередь, с борщевиком Сосновского. В настоящее время разработаны стратегия и план действий по борьбе с данными видами на территории Республики Беларусь на 2018–2025 гг. В 2019 г. НАН Беларуси разработаны «Рекомендации по предотвращению дальнейшего распространения особо агрессивных видов инвазивных растений» и «Методология и способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков» [11, 12]. Наконец, в 2020 г. утверждены «Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных растений) различными методами» [13].

В 2022–2023 гг. проведено обследование, картирование и оценка эффективности мероприятий более 2300 популяций борщевика Сосновского по 2 раза за сезон в Браславском, Ушачском, Городокском, Минском, Оршанском, Поставском, Мядельском, Глубокском районах. Анализ показывает, что, если не бороться с борщевиком, естественный прирост популяций составит 15–25% ежегодно. По экспертным оценкам, в отсутствии

мероприятий, его площадь в Беларуси могла бы составить на сегодняшний день более 50 000 га.

Нами разработана комплексная методика, позволяющая значительно повысить эффективность проводимых мероприятий, существенно снизить последствия экспансии и ограничить распространение инвазивных видов растений в Беларуси. Она основана, прежде всего, на активном сотрудничестве ученых, специалистов региональных инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также местных органов исполнительной власти. Методика [13] включает в себя несколько этапов: подготовительный, этап проведения мероприятий по ограничению распространения, оценка эффективности мероприятий и профилактические мероприятия.

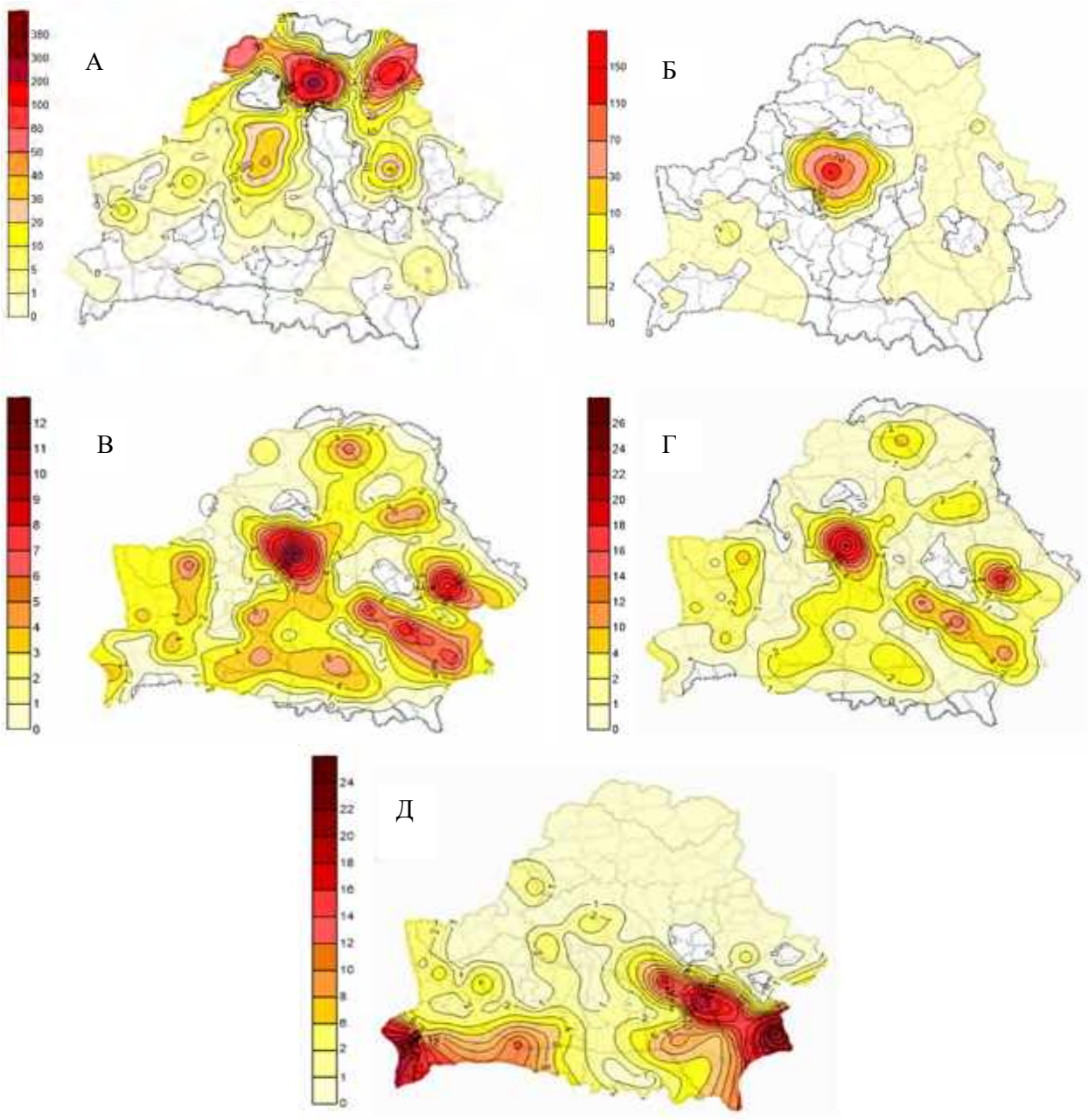


Рис. 2. Плотность распределения инвазивных растений на территории Беларуси по занимаемой площади (га) на 100 тыс. га территории административного района:
А – гигантские борщевики, Б – инвазивные золотарники, В – эхиноцистис лопастной, Г – клен ясенелистный, Д – робиния псевдоакация

Fig. 2. Density of invasive plants distribution on the territory of Belarus by occupied area (ha) per 100 thousand ha of the territory of the administrative district:
А – *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*, Б – *Solidago canadensis* and *S. gigantea*, В – *Echinocystis lobata*, Г – *Acer negundo*, Д – *Robinia pseudoacacia*

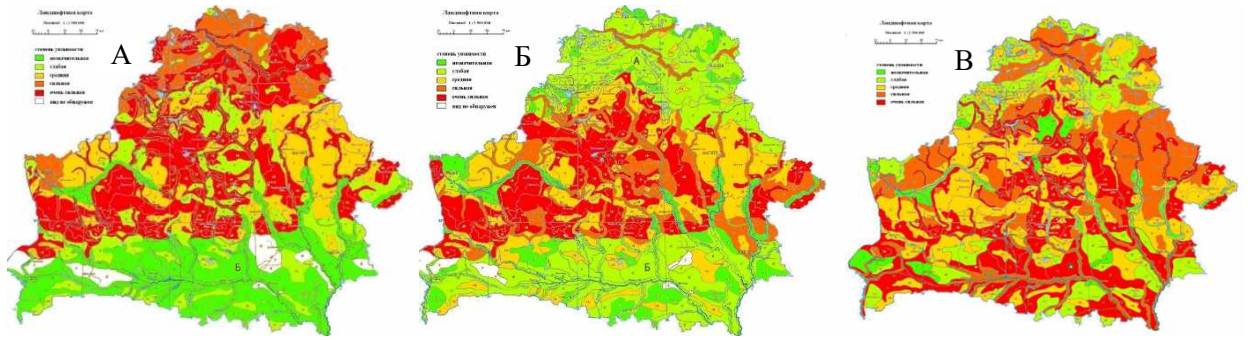


Рис. 3. Распределение ландшафтов по степени уязвимости на основании общего количества выявленных популяций [6, 10] (красный цвет – наиболее уязвимые, зеленый – наименее): А – гигантские борщевики, Б – инвазивные золотарники, В – эхиноцистис лопастной

Fig. 3. Distribution of landscapes by vulnerability based on total number of identified populations [6, 10] (red color – most vulnerable, green – least vulnerable): А – *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*, Б – *Solidago canadensis* and *S. gigantea*, В – *Echinocystis lobata*

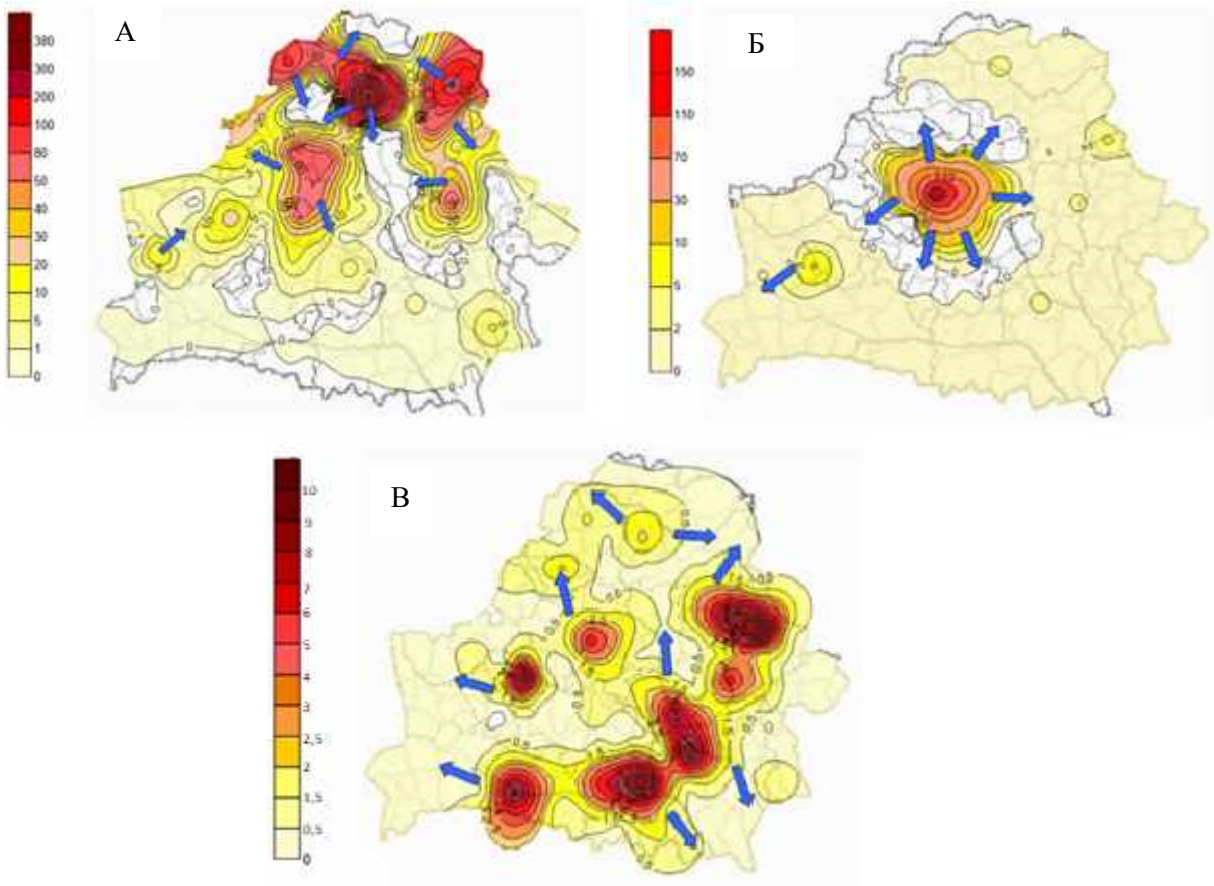


Рис. 4. Прогноз экспансии особо опасных инвазивных видов растений до 2025 г. на территории Беларуси по плотности занимаемой площади (га) на 100 тыс. га (А – гигантские борщевики, Б – инвазивные золотарники, В – эхиноцистис лопастной)

Fig. 4. Prognosis of expansion of the most dangerous invasive plant species until 2025 in Belarus by density of occupied area (ha) per 100 thousand hectares (А – *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*, Б – *Solidago canadensis* and *S. gigantea*, В – *Echinocystis lobata*)

На подготовительном этапе проводят обследование территории, оценивают количество и площади популяций и готовят комплект электронных карт (в т.ч. и на мобильных приложениях), включающих контуры конкретных популяций, а также набор методов их уничтожения и сроки проведения данных мероприятий. Наличие электронных карт позволяет провести максимальный учет по-

пуляций, снизить субъективность при оценке площади, изучения динамики, а также является основой контроля эффективности.

При этом различают площадь, непосредственно занятую инвазивным видом, и общую (потенциальную), на которой произрастает или может произрастать данный инвазивный вид. При мозаичном произрастании непосредственно занимаемую площадь оценивают по проективному покрытию. Обработке подлежит общая площадь (по ней и рассчитывают затраты), а оценку динамики и эффективность определяют по площади, непосредственно занятой инвазивными растениями.

Для непосредственного проведения мероприятий по ограничению распространения для каждой популяции разработаны рекомендации использования определенных методов с учетом размеров популяции, ее структуры и ландшафтных особенностей территории.

Оценку эффективности мероприятий на конкретных участках, как правило, проводят с привлечением ученых по бальной шкале со следующими показателями: обоснованность метода воздействия, соблюдение технологии, сроков, полнота охвата территории и других. Профилактические мероприятия включают информирование в СМИ, методические семинары, тренинги и т.п.

В Беларуси основные мероприятия по ограничению распространения проводят, в основном, в отношении гигантских борщевиков, инвазивных золотарников и эхиноцистиса лопастного. Это позволило существенно сократить в ряде регионов площади произрастания данных инвазивных видов. Так, в г. Минске и окрестностях, площади борщевика сократились более чем в 25 раз (до 8 га) (рис. 5), отмечено последовательное сокращение площади произрастания инвазивных золотарников и эхиноцистиса лопастного.

Распространение этого опыта на другие регионы уже дало возможность в определенной степени замедлить экспансию особо опасных инвазивных видов и начать устойчивое сокращение площади их произрастания.



Рис. 5. Динамика сокращения площади борщевика Сосновского на одном из участков г. Минска в 2013–2022 гг.

Fig. 5. Dynamics of reduction of *Heracleum sosnowskyi* area in a location in Minsk at 2013–2022

Заключение

Проведенные исследования показывают расширение экспансии инвазивных видов, которая оказывает существенное влияние на обеспечение биобезопасности страны. Проблема эта многогранна и задача НАН Беларуси – обеспечить научное сопровождение ее решения. Следует отметить, что в стране достигнут существенный прогресс в борьбе с борщевиком, работа начала осуществляться на системном уровне, хотя проблема еще не решена. Мониторинговые исследования показывают, что улучшился учет популяций инвазивных растений, во многих районах появились электронные карты, площади определяются точнее. В ряде регионов достигнуто значительное сокращение популяций борщевика Сосновского (Минск, Логойский, Витебский и другие районы).

Результаты анализа позволили выявить разновекторность и специфику динамики распространения особо опасных инвазивных видов растений в Беларуси, а также составить прогноз их развития на ближайшие годы.

Полученные результаты служат основой для научного сопровождения мероприятий по ограничению распространения особо опасных инвазивных видов растений. Анализ показывает, что целесообразно обрабатывать общую территорию, на которой произрастает инвазивный вид, а

изменения учитывать по площади, непосредственно занятой инвазивным видом растения.

Необходимо продолжать комплексные исследования инвазивных организмов. Немаловажен поиск новых, альтернативных (биологических, генетических) методов борьбы с распространением особо опасных инвазивных видов растений.

Успешному противодействию экспансии инвазивных растений способствовало бы расширение взаимодействия НАН Беларуси с органами государственного управления, прежде всего Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и исполнительными комитетами различного уровня, а также разработка Национальной стратегии борьбы с инвазивными видами и периодическая (раз в 5 лет) подготовка Национального доклада Республики Беларусь в этой области.

Литература

1. Convention on Biological Diversity (CBD) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf. – Дата доступа: 17.09.2024.

2. Тишков, А. А. Экологические последствия вступления России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО) / А. А. Тишков // Аграрная Россия. – 2004. – №4. – С. 51–64.

3. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions / D. Pimentel [et al.] // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2001. – № 84. – P. 1–20.

4. Economic costs of biological invasions in terrestrial ecosystems in Russia / N. Kirichenko [et al.] // NeoBiota. – 2021. – № 67. – P. 103–130.

5. Ламан, Н. А. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский ; науч ред. В. И. Парфенов ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Аль Пак, 2009. – 40 с.

6. 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.

7. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 407 с.

8. Постановление Совета Министров Республики Беларусь №1002 от 07.12.2016 г. «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21601002. – Дата доступа: 17.09.2024.

9. Снитко, М. Л. Карантинные организмы, представляющие реальную угрозу для Республики Беларусь: Лекция для слушателей ФПК и студентов агрономических специальностей / М. Л. Снитко, Ю. А. Миренков; рец. : С. В. Сорока, В. Н. Кругленя; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2007. – 44 с.

10. Экспансия и особенности пространственного распределения наиболее опасных видов инвазивных растений на территории Республики Беларусь / О. М. Масловский [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2016. – Вып. 45. – С. 129–144.

11. Рекомендации по предотвращению дальнейшего распространения наиболее агрессивных видов инвазивных растений. – Минск: Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, 2019. – 26 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.novopolotsk.gov.by/images/stories/news_18/rekomendacii_po_invazivnym.pdf. – Дата доступа: 17.09.2024.

12. Методология и способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск: Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, 2019. – 44 с.

13. Технический Кодекс Установившейся Практики 17.05-03-2020 (33140) «Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных растений) различными методами». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2022/07/1705-03.pdf. – Дата доступа: 17.09.2024.

Поступила в редакцию 18.09.2024 г.

УДК 630*443.3 (476)

В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ[1], Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА[2],
А. Г. ПРОХОРОВА[1], Л. О. ИВАЩЕНКО[1, 3], Т. Г. ШАБАШОВА[2]

ОЦЕНКА РИСКОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНВАЗИЙ ДЕНДРОПАТОГЕННЫХ ОРГАНИЗМОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ, ПУТИ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

[1]*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, e-mail: zviagintsev@belstu.by*
[2]*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: tiniti@inbox.ru*
[3]*Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь*

Аннотация. Описана история изучения биологических инвазий дендропатогенных организмов. Приведен обзор современных методов идентификации грибных инвайдеров, дана оценка перспективам их применения. Приведен список 53 инвазивных видов, выявленных авторами. Дана оценка новых очагов опасных карантинных объектов и инвазивных видов фитопатогенов в лесных насаждениях, проведено прогнозирование их дальнейшего распространения на территории страны с использованием методов компьютерного моделирования. На всех видах опасных карантинных видов отсутствующих на территории стран ЕАЭС (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза), но уже выявленных в Европе (*Phytophthora ramorum* Weres et al., *Ph. kernoviae* Brasier, *Melampsora medusae* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle) показана высокая эффективность метода компьютерного моделирования в среде Maxen распространения инвайдеров, позволяющего вести вариационную оценку пригодности среды обитания в конкретных эколого-климатических условиях для расширения неоареалов опасных организмов. Все вновь выявленные локалитеты располагались на прогнозной модели в диапазоне пригодности среды от 40 до 60%. Разработана бальная оценка пригодности местообитаний определенных территорий, которая по Беларуси составила для *Phytophthora ramorum* – 0,26, *Ph. kernoviae* – 0,12, *Melampsora medusae* – 0,45, *Bursaphelenchus xylophilus* – 0,14. Обоснована необходимость проведения оценки фитосанитарных рисков для картинных дендропатогенов и разработки мер локализации и ликвидации их очагов в лесном фонде и зеленых насаждениях.

Ключевые слова: инвазивные дендропатогены, микромицеты, таксономический анализ, молекулярно-генетические методы идентификации, оценка рисков инвазии, прогноз распространения, Maxent.

V. B. ZVIAGINTSEV[1], D. B. BELOMESYATSEVA[2],
A. G. PROHOROVA[1], L. O. IVASHCHENKO[1, 3], T. G. SHABASHOVA[2]

ASSESSMENT OF BIOLOGICAL INVASIONS RISKS OF THE DENDROPATHOGENIC ORGANISMS IN BELARUS TERRITORY, WAYS FOR THEIR PREDICTION AND CONTROL

[1]*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, e-mail: zviagintsev@belstu.by*
[2]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: tiniti@inbox.ru*
[3]*Forestry Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus*

Annotation. The history of the study of biological invasions of dendropathogenic organisms is described. An overview of modern methods for identifying fungal invaders is given, and the prospects for their use are assessed. A list of 53 invasive species identified by the authors is given. An assessment of new foci of dangerous quarantine objects and invasive species of phytopathogens in forest plantations is given, and their further spread across the country is predicted using computer modeling methods. For all types of dangerous quarantine species absent in the territory of the EAEU countries (Unified List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union), but already identified in Europe (*Phytophthora ramorum* Weres et al., *Ph. kernoviae* Brasier, *Melampsora medusae* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle), high efficiency of the method of computer modeling in the Maxen environment of the spread of invaders was shown, which allows for a variational assessment of the suitability of the habitat in specific ecological and climatic conditions for the expansion of neo-ranges of dangerous organisms. All newly identified localities were located on the predictive model in the range of environmental suitability from 40 to 60%. A point assessment of the suitability of habitats of certain territories was developed, which for Belarus was 0.26 for *Phytophthora ramorum*, 0.36 for *Ph. kernoviae* – 0.12, *Melampsora medusae* – 0.45, *Bursaphelenchus xylophilus* – 0.14. The need

to assess the phytosanitary risks for pictorial dendropathogens and develop measures to localize and eliminate their foci in forests and green spaces is substantiated.

Key words: invasive dendropathogens, micromycetes, taxonomic analysis, molecular genetic identification methods, invasion risk assessment, spread forecast, Maxent.

Введение

По определению Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО) инвазивным признается вид живого организма, интродукция и/или распространение которого угрожает биологическому разнообразию [1]. Однако, точность этой формулировки часто оспаривается в научной литературе, т.к. она не учитывает важнейшие экономические последствия инвазий для сельскохозяйственных предприятий, лесного хозяйства, рекреации, туризма, традиционных видов занятий местного населения и т.д. Вместе с тем, известно, что биологические инвазии приносят экономический ущерб, сопоставимый или даже превышающий потери, приносимые стихийными бедствиями, такими как ураганы, землетрясения, наводнения, лесные пожары, и достигающий 1,2 трлн $ США в год [2].

С 1960-х гг. только на территории стран ЕС экономические потери от внедрения чужеродных организмов оцениваются суммами от 116,61 до 138,6 млрд евро [3, 4] (рис. 1).

Инвазии патогенов и вредителей стали серьезным вызовом для биоразнообразия и функциональности лесов, а также для отраслей экономики, зависящих от лесных ресурсов [5].

Широкий спектр вредоносных организмов, включая грибы, бактерии, нематоды и насекомые, проникая в лесные экосистемы вносит необратимые изменения в их структуру и функции. Угроза инвазивных видов не ограничивается определенными регионами и странами; она имеет глобальный масштаб, влияя на леса различных климатических зон и экосистем [6–8].

Одной из наиболее серьезных проблем является интенсификация глобальной торговли и перемещения растений, что способствует быстрой дисперсии дендропатогенных организмов. Этот процесс усугубляется климатическими изменениями, создавая условия, благоприятные для развития и распространения инвазивных видов [9–10].

Целью данного научного исследования является выявление чужеродных фитопатогенов древесных сосудистых растений, анализ отечественных и зарубежных данных, разработка подходов к усовершенствованию методологий прогноза, мониторинга и контроля инвайдеров.



Рис. 1. Общие затраты, связанные с биологическими инвазиями в государствах-членах Европейского союза с 1960-х гг. [3, 4]

Fig. 1. Total costs associated with biological invasions in European Union member states since the 1960s [3, 4]

История изучения биологических инвазий дендропатогенных организмов

Развитие человеческого общества с древнейших времен способствовало интродукции биологических видов на новые обширные территории, причем не всегда этот перенос был преднамеренным и осмысленным. Резкий скачок в этом процессе связан с открытием Америки, морского пути в Индию и широкой колонизаторской деятельностью европейских народов в XVI–XVIII вв., сопровождавшейся массовыми перевозками сельскохозяйственной продукции, посадочного и семенного материала из Европы в колонии и из колоний в Европу. Эти перевозки способствовали распространению многих вредоносных организмов [10]. С древнейших времен известны негативные последствия такой интродукции, связанные с исчезновением местных видов и целых экосистем, а также ощутимым ущербом для хозяйственной деятельности самого человека.

Первые наблюдения за инвазивными возбудителями заболеваний древесных пород, положившие основу для дальнейших исследований в области фитопатологии и дендрологии, начались

совсем недавно, что нельзя сказать про сельское хозяйство, где эта тема стала объектом внимания ещё в древности. Предпосылкой для идеи создания первых систем карантина растений, стала эпифитотия стеблевой ржавчины злаковых *Puccinia graminis* в 1660 г., однако исследования этого периода не давали конкретного объяснения причин возникновения болезней, а меры борьбы были лишены научного обоснования [11].

Осознание причин болезней и формирование первых их классификаций происходило в XVII–XVIII вв. В это время появились первые документированные случаи заболеваний деревьев. Важным исследователем в области корневой гнили и роли грибов в развитии болезней деревьев был шведский миколог Элиас Мерцелиус Фриэс (Elias Magnus Fries), который внес значительный вклад в классификацию, описание многих грибов, их влияния на лесные древесные породы. В частности, он проводил исследования корневой гнили, вызванной грибом *Armillaria mellea* [12]. Эти исследования позволили ему выявить, что не все болезни лесных древесных пород являются результатом естественных процессов, а могут быть вызваны микроорганизмами [13].

В своих работах Антон де Бари, впервые затрагивает тему симбиозов в природе, включая симбиотические отношения между растениями и грибами. Кроме того, де Бари впервые описал гриб *Phytophthora infestans*, вызывающий мучнистую росу картофеля [14].

После случайного завоза около 1865 г. в Европу североамериканской тли *Dactylosphaera vitifoliae*, которая впоследствии уничтожила большую часть виноградников региона интродукции, в 1881 г. зародилась Концепция международной защиты растений, когда пять стран подписали соглашение о контроле над распространением виноградной филлоксеры [15]. С этого момента в сельском и лесном хозяйстве стал применяться термин «карантин», были введены первые фитосанитарные меры [16].

В последующем большинство стран с развитой торговлей (Франция, Германия, Австрия, США, Мексика, Австралия, Россия начали вводить карантинные законы [11, 17]. В 1894 г. вышла на русском языке книга «Болезни деревьев» немецкого ученого Роберта Гартига. Этот труд стал первым в России учебником по лесной фитопатологии и вызвал значительный интерес лесоводов к этой науке [18]. Развитие микологии и фитопатологии создавало научную платформу для изучения проблемы биологических инвазий возбудителей болезней древесных растений.

Одной из первых, описанных в научной литературе инвазий древесного патогена стал классический труд проф. А. А. Ячевского 1910 г., посвященный возбудителю мучнистой росы дуба, аскомицету *Microsphaera alphitoides* [19]. Выдвигалось несколько версий появления в Европе и быстрого распространения на континенте нового патогена, как считалось ранее узко специализированного на дубе черешчатом (*Quercus robur*). Одна из них объясняет это явление проникновением в Европу нового вида из неизвестного региона, другие говорят о возникновении нового вида паразита в процессе гибридизации, горизонтального переноса генов или ускоренной эволюции в изменившихся экологических условиях. Однако последние научные сведения, полученные на основе молекулярно-генетического анализа, показывают, что генетически близкие популяции *Erysiphe alphitoides* (= *Microsphaera alphitoides*) встречаются и на других видах дуба, и даже на растениях других родов и семейств на Американских континентах и в Восточной Азии [20–22]. Это является свидетельством инвазивной гипотезы появления нового вида фитопатогенов в Европе. Скорее всего в начале XX-го вв. *E. alphitoides* был интродуцирован из тропической зоны вместе с растениями манго и перешел к паразитированию на местных видах дуба [23, 24]. Причем доминирующий в Европе дуб черешчатый оказался наименее устойчивым к болезни, что позволило патогену быстро расширить свой вторичный ареал. Охватив всю площадь произрастания дубрав, болезнь стала одним из первичных факторов, вызывающих периодические депрессии дубовых насаждений [25, 26].

Выявлено, что обычно у новой популяции растения-хозяина наблюдается ограниченная резистентность к интродуцированному патогену, агресивность которого, напротив, возрастает [27]. Это является следствием отсутствия предшествующей совместной эволюции видов [28]. Такие интродукционные события открывают огромные возможности для эволюции фитопатогенов. В своем первоначальном эндемичном ареале патоген, как правило, подвергается стабильным ограничениям естественного отбора, воздействующего через множество факторов, что со временем приводит к возникновению экологического баланса. Ни один из отдельных компонентов отбора не варьирует настолько сильно, чтобы нарушить равновесие между популяциями хозяина и фитопатогена. Таким образом, естественный отбор благоприятствует поддержанию относительно стабильной, хотя и со временем варьирующей структуры популяций [29]. Однако при попадании в новую среду патоген подвергается новым факторам отбора, воздействующим эпизодически. Относительно внезапно изменяются

количественные и качественные факторы интенсивности отбора, вызванные различными компонентами окружающей среды. Эволюционный скачек приводит к значительным изменениям в структуре популяции инвазивного фитопатогена и трансформации экологии вида [29, 30].

Яркой иллюстрацией такого развития инвазии стала одна из крупнейших экологических катастроф XX в. – панфитотия голландской болезни ильмовых. Эта массовая патология привела к гибели миллиарды деревьев рода *Ulmus* на двух континентах [31, 32]. Болезнь вызвана грибом *Ophiostoma ulmi*, который в начале XX в. был интродуцирован из Восточной Азии [33].

Первая волна пандемии голландской болезни, вызванная *Ophiostoma ulmi*, началась в Северо-Западной Европе примерно в 1910 г. Название новой патологии, имеющей симптоматику сосудистого микоза, дало место её подробного изучения – Голландия [34]. Заняв Центральную Европу, болезнь быстро распространилась на восток охватив обширные регионы вплоть до Юго-Западной Азии. В результате серии завозов зараженной древесины вяза возбудитель был интродуцирован в Великобританию и Северную Америку примерно в 1927 г. и в Среднюю Азию в конце 1930-х гг. [35]. Первоначально распространение *O. ulmi* привело к значительной смертности вязов в Европе. В 1940-х гг. эта волна усыхания неожиданно пошла на спад после гибели 10–40% вязов в большинстве европейских стран [35]. По одной из гипотез, это может быть связано с распространением патогенных миковирусов в популяции *O. ulmi* [36]. Однако в Северной Америке такого спада не наблюдалось и вредоносность голландской болезни оставалась высокой.

В начале 1970-х гг. в Великобритании и соседних частях Европы произошла новая серьезная вспышка болезни голландских вязов, вызванная ранее неизвестным видом *Ophiostoma novo-ulmi* [37]. Позже выборочные исследования на большей части северного полушария показали, что вторая пандемия голландской болезни вяза, вызванная *O. novo-ulmi*, фактически началась в 1940-х гг. в двух совершенно разных местах: в регионе Молдовы и Украины в Восточной Европе (подвид *novo-ulmi*) и на юге Великих озер в Северной Америке (подвид *americana*) [38]. После этого подвид *novo-ulmi* мигрировал на запад через Европу, достигнув к середине 1970-х гг. Нидерландов и на восток в Юго-Западную Азию. В 1970-х гг. он попал Среднюю Азию, вероятно результате антропогенного переноса. Аналогично, подвид a*mericana* постепенно распространился по всему североамериканскому континенту от восточного побережья до западного. В этот период подвид *americana* был завезен из Канады в Великобританию на зараженных лесоматериалах вяза [39]. Проникнув с островов в континентальную Европу подвид *americana* быстро распространился в Нидерландах, Франциии, Испании, а после и в других странах Западной Европы. Отмечено, что географические ареалы двух подвидов *O. novo-ulmi* перекрываются в нескольких частях Европы. Распространение *O. novo-ulmi* привело к катастрофической пандемии, в результате которой погибло большинство взрослых деревьев всех европейских видов вяза. Только в Великобритании отмечено усыхание около 28 миллионов деревьев. В Северной Америке, где разрушительное воздействие *O. novo-ulmi* еще сильнее, потери исчисляются сотнями миллионов вязов [26, 39].

На территории бывшего СССР также выделялись две волны усыхания вязов – в 1936–1943 гг. и 1955–1959 гг., причем вторая волна была гораздо более вредоносной [40]. Первое вторжение инвайдера затронуло в основном южные районы страны, но с середины XX в. болезнь начала распространяться на север, включая территорию Беларуси, что, вероятнее всего, говорит о появлении *Ophiostoma novo-ulmi.* В результате панфитотии массово усыхали вязовые древостои во всех южных и центральных регионах Советского Союза от Украины до Урала. Это огромное по своим масштабам бедствие, когда в течение короткого времени погибла ранее довольно распространенная лесная формация – вязовники [41]. В конце XX – начале XXI вв. процессы усыхания достигли северных границ ареала ясеня в Восточной Европе, где очаги болезни действуют и в настоящее время делая бесперспективным выращивание этой породы в лесных и зеленых насаждениях [42–44].

Еще одним хорошо изученным примером разрушительных инвазий дендропатогенов было появление крифонектриевого некроза каштанов. Впервые болезнь зафиксирована в 1904 г. на каштане американском (*Castanea dentata*) в США [45]. Возбудитель некроза аскомицет *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. в 1930-х гг. интродуцирован Европу и теперь наносит огромный ущерб природным и культурным популяциям местного каштана посевного (*Castanea sativa*) [46]. Вектором инвазии стал ввоз саженцев японских каштанов, устойчивых к воздействию патогена [47].

При разработке мер борьбы с опасным инвайдером М. Гренте был открыт способ биоконтроля с помощью гиповирулентности (*Cryphonectria hypovirus* (CHV-1) и привел к многочисленным исследованиям в этом направлении [48].

Вследствие все чаще возникающих вспышек заболеваний, последствия которых стали иметь глобальный характер во второй половине XX в. началось стремительное развитие микробиологии и молекулярной биологии, стали появляться более точные методы идентификации и изучения векторов проникновения патогенов, о чем подробнее пойдет речь в следующих подразделах.

Значительное внимание уделяли изучению эко логических аспектов чужеродных организмов. Элтон Метуэн в своей работе «Экология вторжений животных и растений» выявил крупномасштабные закономерности, такие как большее количество захватчиков в регионах с умеренным климатом по сравнению с тропическими регионами, а также на островах по сравнению с материковыми территориями одинакового размера [49, 50].

История создания селекции сортов лесных пород, устойчивых к патогенам, началась в середине 1970-х гг. и продолжается до сегодняшнего дня. На основе понимания организации наследственного аппарата различных модельных объектов разработаны технологии манипуляций с генами, получившие название генной инженерии [51].

Исследователи в области фитопатологии разрабатывали и внедряли методы создания сортов и пород деревьев, устойчивых к инвазиям. Это включало в себя селекцию деревьев с улучшенной иммунной системой или специфическими механизмами защиты от патогенов.

Проводили большое количество исследований по отбору устойчивых форм *Pinus silvestris* на основании индивидуальной устойчивости сосны к болезням. Исследователи отмечали различную степень устойчивости отдельных деревьев к ряду патогенов, таким как *Phacidium infestans* [52], а также *Heterobasidion annosum* [53].

Одним из заметных шагов в этом направлении был проект по селекции голландского вяза под руководством Ганса Хейбрука, который сыграл решающую роль в разработке научных подходов к повышению устойчивости вяза путём селекции [54]. Выявлено, что гибриды вяза приземистого с вязом обыкновенным в первом и втором поколениях проявляют гетерозис к голландской болезни ильмовых [51, 54].

Контролируемые скрещивания между *Pinus montana var. rostrata* (комплекс *P. mugo*) и *P. sylvestris* проведены в 1970-х гг. в Институте лесной генетики и селекции лесных деревьев (Гроссхансдорф, Германия). Они проводились для получения гибридов с превосходными эксплуатационными характеристиками и устойчивостью к *Lophodermium seditiosum*. Предполагается, что *P. montana* более устойчива к этому возбудителю, чем *P. sylvestris* [55, 56].

Еще одна инвазия вредоносного фитопатогена аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (= *Chalara fraxinea, = H. pseudoalbidus*) (T.Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya, впервые выявленного в Европе в конце XX в., считается основной причиной деградации ясеневых насаждений [57, 58]. За прошедшие десятилетия по всему ареалу ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) наблюдается массовое усыхание древостоев и интенсивное выпадение этого вида из состава лесных насаждений [59, 60]. Это связывают с крайне низкой устойчивостью ясеня к новому заболеванию, что возможно является свидетельством отсутствия коэволюционных связей между хозяином и возбудителем [61]. В тоже время различные природные популяции *F. excelsior* проявляют неоднородность по устойчивости к халаровому некрозу [62]. Многие исследователи и лесоводы предполагают, что для сохранения генофонда экземпляров ясеня, потенциально толерантных к возбудителю инфекционного некроза, целесообразно отбирать растения без внешних признаков поражения для биотехнических и генетических методов сохранения популяции [63, 64].

Например, в Беларуси разработана Программа повышения устойчивости, защиты и восстановления ясеневых лесов, одним из направлений которой стала селекция ясеня на устойчивость к халаровому некрозу. В природных популяциях ясеня были отобраны устойчивые экземпляры и доказана передача иммунитета вегетативному потомству, полученному методами прививок и микроклонального размножения [64].

Открытие ПЦР (полимеразной цепной реакции) в 1985 г. произвело революцию в молекулярной диагностике, позволив точно идентифицировать виды и популяции грибных патогенов путем прямого секвенирования генов рибосомальной РНК [65, 66]. Это облегчило процесс отслеживания инвазий не только самых вредоносных и очевидных патогенов.

Таким образом, развитие методов диагностики возбудителей болезней, мер борьбы с ними и карантинного законодательства происходило параллельно с возникновением вспышек массовых заболеваний и подстегивались срочной необходимостью профилактики и ограничения вредоносности инвазий.

Важным шагом в области сохранения биоразнообразия и экосистем с целью координации мер по предотвращению распространения вредителей и болезней растений стало принятие в 1951 г. Международной конвенции по защите растений (International Plant Protection Convention, IPPC) [67], где Европейская и Средиземноморская организация по защите растений, ЕОКЗР (European

and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO) является региональной организацией по защите растений в Европе [68].

Позже, в 1976 г. для сотрудничества в области карантинных мер и обмена информацией о вредителях и болезнях растений была создана вторая региональная организация IPPC Североамериканская организация по защите растений (NAPPO) [69].

В 1994 г. была создана Группа специалистов по инвазивным видам (The Invasive Species Specialist Group, ISSG), в настоящее время насчитывающая 40 стран-участников, которые вносят свой вклад в уменьшение влияния инвазивных чужеродных видов на природные экосистемы и местные виды [70].

В конце XX – начале XXI вв. происходит расширение международного сотрудничества в области карантинных мер, создание онлайн-ресурсов и баз данных. В период с 1998 по 2000 гг. разработана Глобальная база данных инвазивных видов (The Global Invasive Species Database, GISD), которая предоставляет контрольные списки интродуцированных (натурализованных) и инвазивных видов по странам [71, 72].

Источником актуальной информации о конкретных видах, в том числе и карантинных, их распространении, а также точных научных названиях, является Глобальный информационный фонд по биоразнообразию (GBIF), образованный в 2001 г. [73].

При поддержке Секретариата Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР) составлена Глобальная база данных ЕОКЗР, с целью предоставления всей информации о вредных организмах, которая произведена или собрана ЕОКЗР. Для каждого вредителя даны: географическое распространение (с картой мира), растения-хозяева и классификация (карантинный статус) [74].

Многие страны укрепляют свою правовую базу в области карантинных мер, вступают в силу новые международные нормативные акты, например, Международные стандарты по фитосанитарным мерам (ISPM) в рамках IPPC, разработанные для регулирования международной торговли растениями и растительными продуктами с целью предотвращения распространения вредных организмов.

Одним из важных изменений в области фитосанитарии была последняя правка Конвенция МСФМ 1997 г., которая предоставила официальный статус и усилила правовые обязательства стандартов, а также установила Международный комитет по фитосанитарии (ICPM) в качестве высшего органа для принятия решений по вопросам стандартов и мер по фитосанитарии [75].

Таким образом с ростом глобализации и увеличением потоков товаров и людей стали разрабатываться и приниматься меры по управлению инвазивными видами на мировом уровне, наблюдаются тенденции к объединению научного и технического потенциала разных стран для решения этой глобальной проблемы [76]. Сегодня существует ряд международных, региональных и национальных организаций, а также списков и баз данных, направленных на предотвращение распространения и управление инвазивными организмами. Это является важной частью усилий по сохранению биоразнообразия и экосистем.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись инвазивные микромицеты, развивающиеся на древесных породах. Сбор гербарных образцов проводили в 2021–2023 гг. сотрудниками Белорусского государственного технологического университета и Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Диагностика выполнена по анатомоморфологическим и культуральным признакам методом световой микроскопии.

Молекулярно-генетическую идентификацию патогенов проводили в Научной отраслевой лаборатории защиты леса (НОЛЗЛ) БГТУ, в случаях, когда симптоматическая картина и другие методы не позволяли однозначно определить вид патогена. Использовали следующую методологическую последовательность: выделение ДНК, классическая ПЦР, секвенирование по Сенгеру, обработка нуклеотидных последовательностей в программе BioEdit и базе данных NCBI.

Для выделения ДНК из древесины использовали как готовые коммерческие наборы, так и модифицированный CTAB-метод [99]. С полученными препаратами суммарной ДНК проводили классическую ПЦР. Для амплификации ДНК использовали специфические праймеры, работающие по определенному целевому объекту (виду). Для каждого исследуемого объекта были заданы свои определенные температурно-временные параметры амплификации. Результаты ПЦР регистрировали после проведения электрофореза в 1,6% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием в гель-документирующей системе. ПЦР продукты, предназначенные для секвенирования, очищали с помощью коммерче-

ских наборов на основе магнитных частиц, а также по методу колонок. Реакцию секвенирования проводили с применением реагентов BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) и BrilliantDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Nimagen) согласно инструкции производителя, с последующим разделением фрагментов на генетических анализаторах 3500 Applied Biosystems и НАНОФОР 05 [99].

Латинские названия грибов даны в соответствии с Международной глобальной базой данных Index Fungorum.

Построение прогнозов появления новых для Беларуси дендропатогенных организмов проводили методом компьютерного моделирования в среде Maxent (рис. 2) с использованием точных координат мест их находок, а также климатических условий и данных о растительном покрове территории, взятых с авторитетных интернет ресурсов (рис. 3). Для оценки важности переменной, эти данные были предварительно откоррелированны.

При проведении анализа в программе Maxent заданы следующие настройки: для статистического анализа точности полученные модели проверены случайной выборкой 25% местонахождений видов, для получения оптимальных моделей экспериментальным способом на основе анализа выходных данных выбраны параметр сложности (regularization multiplier) и максимальное количество фоновых точек (Max number of background points), случайные подвыборки выделены на основе кроссвалидации.

При условии «Random test percentage» заданном 25% программа случайным образом отбирает 25% находок для тестирования. Это позволяет произвести статистический анализ точности с использованием общепринятых методик.



Рис. 2. Общая характеристика программы Maxent

Fig. 2. General characteristics of the Maxent program



Рис. 3. Источники информации для построения модели в программе Maxent

Fig. 3. The sources of information for building a model in the Maxent program

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Аналитический обзор методов диагностики карантинных видов

Первоочередной задачей при работе с чужеродными микроорганизмами, которые являются малоизвестными на новых территориях, является их точная идентификация. Своевременная диагностика имеет первостепенное значение для последующего осуществления эффективной борьбы с болезнями и вредителями, поскольку она позволяет лучше понять потенциальное воздействие патогена на лесные экосистемы [77].

Количество биологических инвазий насекомых, растений, вирусов, грибов, бактерий, нематод и других вредителей растет в геометрической прогрессии и их проникновение вызывает существенное нарушение лесных и агроэкосистем, а также влечет за собой серьезные социально-экономические последствия [78]. Фактически каждый год значительная часть мировых лесов уничтожается или серьезно повреждается инвазивными чужеродными патогенами и вредителями [79, 80].

Естественные леса Европы, Азии и Северной Америки особенно пострадали от инвазивных чужеродных патогенов, которые в XX в. привели

к исчезновению ключевых пород деревьев. Среди наиболее ярких исторических примеров – уничтожение каштанов чужеродным аскомицетом *Cryphonectria parasitica*, вызывающим фитофтороз каштанов; опустошительные эпидемии голландской болезни вяза, вызванные двумя чужеродными и агрессивными видами грибов *Ophiostoma ulmi* и *O. novo-ulmi*, ранее неизвестными науке; огромный ущерб, нанесенный белым соснам инвазивным возбудителем пузырчатой ржавчины сосны *Cronartium ribicola*; массовое отмирание платанов, особенно сильное в Южной Европе, вызванное заносом возбудителя язвенной болезни *Ceratocystis platani* [81].

Процесс вторжения чужеродного организма обычно состоит из четырех фаз: транспортировка, колонизация, акклиматизация и распространение [78]. Основным путем интродукции неместных патогенов растений является международная торговля растениями, в основном декоративными [82]. Одним из серьезных факторов увеличения распространения чужеродных патогенов является глобальное изменение климата. В последние годы последствия климатических изменений подвергают экосистемы стрессу, поскольку растения не успевают выработать механизмы адаптации, чтобы справиться с такими быстрыми изменениями. Благодаря взаимодействию повышения средних температур и изменения режима выпадения осадков с поведением патогенов (местных или чужеродных), у последних появляется возможность распространяться в районах, где факторы окружающей среды ранее препятствовали их интродукции. Все эти изменения серьезно влияют на взаимодействие хозяина и патогена на уровне вида древесного растения, лесной экосистемы и ландшафта [82].

Чтобы патоген стал инвазивным на новой территории, он должен преодолеть все перечисленные выше стадии (барьеры), которые сильно влияют на исход инвазии. Раннее выявление имеет решающее значение для успешного искоренения и сдерживания этих процессов. Хотя в настоящее время доступны сложные диагностические методы для наблюдения и мониторинга болезней и вредителей, в лесном хозяйстве можно использовать лишь несколько вариантов борьбы и смягчения последствий – из них биологический контроль является одним из наиболее часто применяемых [79].

Значение грибов как возбудителей болезней возрастает как у животных, так и у растений. Фишер и др. сообщили о 13-кратном увеличении числа заболеваний растений, вызываемых грибами за 15 лет во всем мире. Эту тенденцию подтверждает экспоненциальный рост количества инвазивных грибных патогенов деревьев, который утвердился в Европе за последние 30 лет [81]. Ожидается, что эта тенденция сохранится и в будущем [83].

Для того, чтобы предотвратить и/или сократить проникновение и распространение ранее неизвестных болезней на новые территории, а также смягчить воздействие инвазивных и местных патогенных организмов в сельском и лесном хозяйстве с точки зрения воздействия, как на биоразнообразие экосистем, так и на их продуктивность необходим гармонизированный пул новых технических, методологических и концептуальных решений. Так как профилактика является одной из лучших стратегий защиты растений, необходим подбор надежных методов точной и быстрой идентификации патогенных организмов, способных перехватывать патогены древесных растений до того, как симптомы появятся у хозяина [79]. Вместе с тем при мониторинге инвазивных возбудителей болезней растений возникают дополнительные сложности:

– «непривычная» этиология и патогенез для специалистов лесного хозяйства и зеленого градостроительства;

– новые/другие симптомы и признаки болезни за пределами естественных ареалов и на новых хозяевах;

– морфологические изменения инвазивного вида в новых условиях;

– возникновение новых популяций, форм, гибридов фитопатогенов в неоареалах;

– отсутствие в регионе (стране) специалистов, имеющих опыт в диагностике определенного таксона живых организмов [80].

Далее приведен краткий обзор имеющихся на сегодняшний день методов идентификации фитопатогенных организмов, включающие как традиционные, так и современные молекулярно-генетические методы.

Классические методы диагностики возбудителей древесных растений

Некоторые возбудители болезней растений могут быть распознаны квалифицированным специалистом по симптомам или признакам, определяемым на инфицированных тканях. Однако существует множество заболеваний, симптомы которых невозможно отличить визуально друг от друга, что приводит к сложностям при проведении диагностики возбудителей. По этим причинам необходимо проведение дополнительных процедур по выявлению фитопатогенов. Во многих случаях, когда присутствие конкретного микроорганизма неизвестно, все же предпочтительным является выделение и морфологическая или молекулярная идентификация возбудителя [82].

Выделение грибных патогенов из растений обычно осуществляется путем помещения небольшой части инфицированной ткани на агаризованную питательную среду. В сложной природной среде, такой как растительные ткани, патогенные грибы представляют собой явное меньшинство среди множества разнообразных микроорганизмов, которые быстро колонизируют инфицированного хозяина. Несмотря на использование селективных сред, выделение патогенных грибов иногда затруднено из-за преобладания нежелательных и антагонистических грибов или бактерий, которые быстро размножаются по сравнению с патогенными грибами на питательной среде. Чистые (аксеничные) культуры можно идентифицировать по морфологическим признакам или молекулярно-генетическими методами. В первом случае характерные признаки гриба (например, конидиальное спороношение) анализируют с помощью микроскопа, что требует больших временных затрат и высокой квалификации специалиста. Поэтому с развитием молекулярно-генетических методов диагностики, им отдается все большее предпочтение за быстроту и точность идентификации исследуемых организмов [82].

Серологические методы

Для ускорения идентификации возбудителей растений и возможности их идентификации в полевых условиях разработан ряд серологических методов, основанных преимущественно на иммуноферментном анализе (ИФА, ELISA). Эти методы используются для обнаружения патогенов с использованием моноклональных антител, меченных флуоресцентными соединениями. Существуют различные методы иммуноанализа, основанные на визуализации связывания специфического антитела с родственным ему антигеном, позволяющие производить быструю диагностику патогенов растений за короткий промежуток времени. Основным недостатком иммунологических методов является подбор антитела, должным образом реагирующего на целевой патоген. Кроме того, высока вероятность неправильной диагностики из-за наличия ложноположительных результатов, возникающих в результате неспецифической реакции антитело-антиген. Серологические методы обнаружения фитопатогенных грибов не имеют такого успеха, как в бактериологии или вирусологии, во многом из-за высокой изменчивости и фенотипической серологической пластичности грибов. Несмотря на то, что в продаже имеется несколько портативных наборов для работы с различными патогенами, иммунологические методы, как правило, менее чувствительны по сравнению с молекулярными методами [84].

Все разнообразие молекулярных методов можно разделить на следующие группы:

– методы на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР);
– методы изотермической амплификации;
– ДНК-фингерпринтирование;
– методы пост-амплификации;
– анализы на основе ДНК или РНК;
– классическое секвенирование;
– секвенирование нового поколения.

Методы на основе ПЦР

Классическая ПЦР. Этот метод позволяет синтезировать определенную часть ДНК в миллионах копий посредством чередующихся циклов денатурации, отжига и элонгации с использованием специфических праймеров. Данный метод широко используется для идентификации патогенов растений и зависит от эффективности экстракции ДНК и ее концентрации. Недостатком технологии ПЦР является то, что она требует разработки праймеров для инициации процесса репликации ДНК, что может ограничить практическое применение метода отбора проб болезней в полевых условиях. Однако на данный момент классическая ПЦР является самым доступным и простым способом идентификации патогенных организмов, в том числе инвазивных [85].

Иногда одна пара праймеров не дает конкретных и точных результатов. Чтобы преодолеть это ограничение, в настоящее время чаще всего используются ДНК-зонды и метод вложенной (гнездовой) ПЦР [82].

Гнездовая (вложенная) ПЦР используется для достижения высокой степени специфичности и чувствительности – вложенная ПЦР в 1000 раз чувствительнее классической ПЦР при идентификации грибов. Этот метод состоит из двух последовательных стадий, в котором на первой стадии одна пара праймеров используется для амплификации участка, содержащего целевой фрагмент ДНК, на второй стадии эта амплифицированная последовательность ДНК действует как мишень с использованием двух внутренних праймеров. В этом типе ПЦР отмечается значительный риск загрязнения, поскольку два цикла амплификации необходимо выполнять в отдельных пробирках. В связи с этим, вероятность получения ложноположительных результатов из-за загрязнения и интенсивной работы являются основными недостатками этого метода [85].

Еще одной разновидностью ПЦР является мультиплексная ПЦР, которая предусматривает использование нескольких пар праймеров в од-

ной реакции, что позволяет одновременно обнаруживать различные целевые последовательности ДНК, тем самым экономя временные и денежные затраты. Этот метод имеет большое значение при патологии растений, когда возбудителем инфекционной болезни растения является комплекс патогенов. При мультиплексной ПЦР на точность синтеза ДНК сильно влияет размер ампликона, поэтому праймеры должны быть разработаны с учетом их относительной концентрации и температуры отжига. В настоящее время в комплексной методике идентификации патогенных грибов используются специальные ПЦР-зонды [85].

ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР). Важным ограничением всех молекулярных методов является неспособность различать живые и мертвые грибы или грибные структуры в препаратах суммарной ДНК. Поэтому результаты обнаружения и идентификации грибных возбудителей растений должны быть подтверждены тестами на патогенность. Поскольку мРНК (матричная РНК) быстро разлагается в мертвых клетках, ее обнаружение с помощью ОТ-ПЦР считается точным индикатором жизнеспособности клеток. При ОТ-ПЦР РНК подвергается обратной транскрипции с использованием фермента обратной транскриптазы. Затем полученную комплементарную ДНК амплифицируют с использованием обычного или любого другого метода, основанного на ПЦР. Наиболее частым применением этого метода в фитопатологии является анализ экспрессии генов растений и грибов во время развития заболевания [84].

ПЦР в реальном времени. В настоящее время данный метод считается золотым стандартом обнаружения патогенов растений. Этот метод позволяет контролировать реакцию во время процесса амплификации с помощью флуоресцентного сигнала, который увеличивается пропорционально количеству генерируемых ампликонов и количеству мишеней, присутствующих в образце. ПЦР в реальном времени имеет множество преимуществ по сравнению с обычной ПЦР, т.к. эта система не требует использования пост-ПЦР-обработки (например, электрофореза), что позволяет избежать риск загрязнения, а также снизить трудовые и материальные затраты на анализ. Помимо повышенной чувствительности и специфичности, этот метод позволяет точно определить количество целевого патогена путем интерполяции измеренного количества на стандартную кривую с известным количеством целевых копий. Эта количественная характеристика очень полезна в фитопатологии, т.к. позволяет сопоставить количество грибов в биологическом образце с состоянием болезни или отслеживать развитие болезни у зараженного растения. Еще одним преимуществом ПЦР в реальном времени является возможность мультиплексного обнаружения двух или более патогенов в пределах одной реакции [84–87].

Методы изотермической амплификации

Петлевая изотермическая амплификация (LAMP)-метод, при котором используется набор из шести олигонуклеотидных праймеров с восемью сайтами связывания, специфически гибридизующихся с различными областями целевого гена, и термофильную ДНК-полимеразу, выделенную из бактерии *Geobacillus stearothermophilus* для амплификации ДНК. Этот метод позволяет специфически амплифицировать целевую ДНК, используя только нагретый блок, менее чем за 1 ч. Продукты амплификации можно обнаружить непосредственно путем визуального осмотра во флаконах с использованием асимметричного цианинового красителя или путем измерения повышенной мутности (из-за выделения большого количества пирофосфата магния), а также с помощью электрофореза на агарозном геле. Метод LAMP подходит для полевых испытаний и потенциально полезен для лабораторий, не имеющих оборудования для ПЦР [85]. Этот изотермический метод применялся для детекции *Fusarium graminearum* в зараженных семенах пшеницы (Abd-Elsalam et al., 2011), а также для выявления таких ивназивных видов как *Phytophthora ramorum* и *P. kernoviae* в экспериментальных образцах (Tomlinson et al., 2007, 2010) [88–93].

ДНК-фингерпринтирование

Позволяет проводить скрининг случайных участков грибного генома для выявления видоспецифичных последовательностей, когда консервативные гены не имеют достаточной изменчивости для успешной идентификации вида. Данный метод обычно используется для изучения филогенетической структуры популяций грибов. Однако он также оказался полезным для идентификации специфических последовательностей, используемых для обнаружения грибов на очень низком таксономическом уровне и может быть использован для дифференциации штаммов одного и того же вида с разным диапазоном хозяев, вирулентностью, группой совместимости или типом спаривания [84].

Полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ, RFLP). ПДРФ включает расщепление ДНК патогена рестрикционными ферментами с последующим разделением фрагментов электрофорезом в агарозном или полиакриламидном геле для выявления различий в размерах фрагментов

ДНК. Полиморфизмы сайтов расщепления рестриктазами используются для различения видов грибов и сочетает в себе амплификацию целевой области с дальнейшим расщеплением полученных ПЦР-продуктов. Примером использования ПДРФ-метода при изучении фитопатогенных грибов может служить использование специфичных для рода *Phytophthota* праймеров в ходе амплификации и при дальнейшем расщеплении полученных ампликонов, позволивший получить специфический паттерн рестрикции для 27 различных видов *Phytophthora* [84, 90–91].

Случайно амплифицированная полиморфная ДНК (RAPD)-метод, основанный на ПЦР-амплификации генома патогена с использованием коротких произвольных последовательностей (обычно декамеров), которые используются в качестве праймеров. Полученные ПЦР-фрагменты разделяют на электрофорезе для получения светящихся фракций, по которым можно отличить виды или даже штаммы грибов. Некоторые из конкретных фрагментов ДНК, обнаруженных в профиле, можно вырезать из геля и секвенировать для получения последовательности амлифицировнной области, на основании которой можно сконструировать специфические праймеры для более точного обнаружения при помощи обычной ПЦР. Например, такие специфические праймеры использовались для идентификации таких видов фитопатогенных грибов как *Phytophthora cactorum*, *Fusarium subglutinans* и *Guignardia citricarpa* [84]. Данный метод является простым, недорогим и не требует каких-либо предварительных знаний о последовательности ДНК целевого организма. К недостаткам RAPD-анализа можно отнести следующие: используемые маркеры являются доминантными, поэтому они не могут измерить генетическое разнообразие, на которое влияет количество аллелей в локусе, а также невозможно дифференцировать гомозиготных и гетерозиготных особей [84, 86].

Амплифицированный полиморфизм длины фрагментов (AFLP) заключается в использовании ферментов рестрикции для расщепления всей геномной ДНК с последующим лигированием специфичных для половины сайтов рестрикции адаптеров ко всем фрагментам рестрикции. После расщепления проводят селективную амплификацию этих рестрикционных фрагментов с помощью ПЦР-праймеров, имеющих на 3'-конце соответствующую адаптерную последовательность и селективные основания. Технология AFLP позволяет одновременно амплифицировать от 50 до 100 фрагментов и обнаруживать различные полиморфизмы в разных областях генома. Как и в случае с другими методами, для амплификации не требуется никакой предварительной информации о последовательности. Недостатками AFLP являются то, что для его постановки требуется ДНК с высокой молекулярной массой, а также больше технических знаний, чем при RAPD-методе [84, 94].

Микросателлиты, также известные как повторы простых последовательностей (SSR) или короткие тандемные повторы (STR), представляют собой участки из одного-шести нуклеотидов, повторяющиеся несколько раз во всех геномах эукариот (обычно в некодирующих областях). Эти нуклеотидные единицы могут различаться по количеству повторов у разных индивидов, и их распределение в геноме практически случайно. Используя праймеры, фланкирующие такие вариабельные области, можно получить ПЦР-продукты различной длины. Таким образом, микросателлиты представляют собой универсальные генетические маркеры, которые широко используются для фингерпринтинга ДНК. Преимущества SSR заключаются в том, что они мультиаллельны, кодоминантны, высоко полиморфны и доступны несколько тысяч потенциально полиморфных маркеров. Более того, возможен анализ образцов с ограниченным количеством ДНК или деградированной ДНК с высокой воспроизводимостью. Микросателлиты имеют высокую скорость мутаций и способны приобретать и терять повторяющиеся единицы за счет проскальзывания репликации ДНК – механизма мутации, специфичного для тандемно повторяющихся последовательностей. Однако при использовании микросателлитов для популяционно-генетического анализа могут возникнуть некоторые трудности. К другим недостаткам SSR можно отнести необходимость наличия предварительной информации о последовательности ДНК фланкирующих областей, высокую стоимость такого анализа и низкую производительность из-за трудностей автоматизации и управления данными [84].

Методы пост-амплификации

ДНК-микрочип-технология, позволяющая анализировать тысячи мРНК одновременно и использовать их для наблюдения за изменениями в экспрессии генов. Этот метод отличается от описанных выше тем, что он обеспечивает измерение экспрессии определенных наборов генов. Используя этот метод, можно достичь полного понимания клетки гриба на одном массиве данных. Метод микрочипов очень прост в использовании, поскольку не требует крупномасштабного секвенирования ДНК. Несмотря на то, что этот метод позволяет отслеживать глобальные изменения в экспрессии генов, есть определенные не-

достатки в его применении. Во-первых, для этого метода требуется большое количество мРНК. Во-вторых, такие исследования отличаются высокой стоимостью и труднодоступностью. Эта технология называется деструктивным тестированием, поскольку для получения доступа к моделям экспрессии генов необходимо физическое разрушение клеток, поэтому в результате деградации мРНК могут быть получены ложные данные. В молекулярной фитопатологии технология микрочипов была применена для идентификации вида *Aspergillus candida* [85].

Макрочипы ДНК. Создаются путем разработки видоспецифичных олигонуклеотидов, которые размещаются в луночных планшетах и фиксируются на нейлоновой или нитроцеллюлозной мембране. Благодаря данному методу можно обнаружить гибридизацию олигонуклеотида при амплификации и меченную целевую ДНК-последовательность. Макрочип является надежным и эффективным методом при диагностике комплексов патогенов. Существенными недостатками данного метода являются невозможность количественной оценки патогенов и определение принадлежности обнаруженной ДНК к живому организму [95, 96].

Анализы на основе ДНК или РНК

Гибридизация *in situ*. Метод гибридизации *in situ* (ISH) предназначен для обнаружения генетического материала (РНК или ДНК), присутствующего в фиксированном образце. Разработка зонда нуклеиновой кислоты, направленного на связывание с целевой последовательностью РНК или ДНК, является основным этапом этого анализа. Однако также можно использовать синтетические олигонуклеотидные зонды и зонды кДНК. При данном методе зонды метят радиоактивными изотопами 35S, 125I и 32P для маркировки, поскольку они очень чувствительны и их легко определить количественно. ISH позволяет максимально использовать ткани, которые являются трудноисследуемыми, но основными ограничениями ISH являются высокая стоимость и опасность использования радиоактивных зондов, а также сложность идентификации при низких концентрациях ДНК и РНК [96].

Флуоресцентная гибридизация *in situ* (FISH). Сравнительно недавняя и инновационная технология диагностики болезней растений. Гибридизация фиксированных грибов с флуоресцентно мечеными олигонуклеотидными зондами, которые комплементарны уникальным целевым участкам на рибосомальной РНК, позволяет проводить прямую микроскопическую визуализацию без предварительных этапов амплификации. Основными преимуществами данного метода являются воспроизводимость, чувствительность, специфичность, точность и скорость обнаружения. Также при данном методе возможна идентификация основных патогенов в образцах смешанных видов. Однако ложноположительные результаты при использовании автофлуоресцентных материалов являются распространенной ошибкой, снижающей специфичность анализа [96].

Классическое секвенирование заключается в ПЦР-амплификации целевого гена с помощью универсальных праймеров с последующим секвенированием и сравнением с общедоступными базами данных. Следует отметить, что при помощи методов секвенирования было описано большое количество новых видов грибов. Однако использование баз данных последовательностей для идентификации организмов на основе сходства ДНК может иметь некоторые ограничения, такие как ошибочные и неполные последовательности, последовательности, принадлежащие другим видам организмов, невозможность легкого изменения или обновления данных, а также проблемы, связанные с определением границ видов, приводящие к ошибочной интерпретации результатов поиска. Другим ограничением секвенирования как диагностического инструмента является необходимость секвенировать более одного локуса для обеспечения надежности результата, а также непрактичность этого метода в случаях, когда необходимы быстрые результаты, например, для контроля и/или борьбы с серьезными вспышками болезней растений. Тем не менее, увеличение возможностей секвенирования и снижение затрат позволили накопить большое количество последовательностей грибов в общедоступных базах данных, а последовательности выбранных генов широко используются для идентификации специфических патогенов и разработки диагностических методов на основе секвенирования [84].

Секвенирование нового поколения

Развитие технологий секвенирования нового поколения (NGS) или высокопроизводительного секвенирования (HTS) способствовало развитию инновационных способов обнаружения и идентификации фитопатогенов. Выделение и фрагментация ДНК, подготовка библиотеки, массовое параллельное секвенирование, биоинформатический анализ, а также аннотация и интерпретация вариантов/мутаций являются основными этапами NGS на основе ДНК. Массивно-параллельное сигнатурное секвенирование, пиросеквенирование, полноэкзомное секвенирование и секвенирование с помощью обнаружения лигирования олигонуклеотидов (SOLID) – это некоторые широкодоступные передовые методы секвениро-

вания в HTS. Секвенирование РНК (RNA-Seq) обеспечивает расширенный охват и лучшее разрешение динамической природы транскриптома. Платформа Illumina HiSeq является наиболее универсальной платформой NGS для секвенирования РНК и установила стандарт для NGS.

NGS на основе RNA-Seq можно использовать для быстрой идентификации грибных патогенов растений, вызывающих новые заболевания. Наборы данных популяционной геномики, построенные на основе NGS, можно использовать для восстановления вариаций, включая однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), инсерции и делеции, и другие структурные вариации [96].

Таким образом, последние достижения в области молекулярно-биологических методов позволили улучшить обнаружение и диагностику новых, ранее зарегистрированных и вновь появляющихся фитопатогенов. Традиционные и вариантные анализы на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР), изотермические инструменты и инструменты постамплификации, методы гибридизации и подходы секвенирования нового поколения (NGS) широко используются при диагностике фитозаболеваний. Однако, несмотря на высокую достоверность и точность при идентификации фитопатогенных организмов, инструменты молекулярной диагностики должны быть дополнены другими методами, в т.ч. традиционными культуральными, что позволит комплексно подойти к диагностике и защите лесных древесных растений как от имеющихся вредителей и болезней, так и от чужеродных патогенных организмов.

Результаты рекогносцировочных работ и диагностики чужеродных видов

Рекогносцировочные работы в Белорусском Полесье проведены на территории Гомельского, Столинского, Мозырского, Лунинецкого, Пинского, Ивацевичского лесхозов, НП «Припятский», а также в исторических дендропарках XVIII–XIX вв. Для сравнительного анализа обследованиями охвачены растительные объекты центральной лесорастительной подзоны (Осиповичский опытный и Негорельский учебно-опытный лесхозы) и северной лесорастительной подзоны (Лепельский лесхоз и НП «Браславские озера»).

Обследовали насаждения лиственных пород и отдельные древесные растения с симптомами и признаками болезни в соответствии с методиками, принятыми в защите леса [97]. Описывали патологическую картину, категорию состояния растений по «Санитарным правилам в лесах Республики Беларусь», отбирали образцы инфицированных органов и тканей для составления гербария и диагностики патологии.

Проведенная ревизия видового состава микобиоты растений в лесных питомниках, культурах и насаждениях показала наибольшую частоту встречаемости следующих видов фитопатогенных организмов с подтвержденным или обсуждаемым инвазивным статусом.

На хвойных породах:

1. *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983);
2. *Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968);
3. *Gymnosporangium tremelloides* R. Hartig, Lehrb. Baumkrankh.: 55 (1882);
4. *Lophodermium conigenum* (Brunaud) Hilitzer, Věd. Spisy čsl. Akad. zeměd. 3: 76 (1929) (инвазивный статус уточняется);
5. *Ophiostoma polonicum* Siemaszko, Planta Pol. 7(3): 33 (1939);
6. *Passalora juniperina* (Georgescu & Badea) H. Solheim, Agarica 33: 78 (2013);
7. *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949);
8. *Rhizosphaera kalkhoffii* Bubák, Ber. dt. bot. Ges. 32: 190 (1914);
9. *Sphaeropsis sapinea* (Fr. ex. Fr.) Dyko et Sutto in Sutton, The Coelomycetes (Kew): 120 (1980) (инвазивный статус уточняется [98]);
10. *Stigmina deflectens* (P. Karst.) M.B. Ellis, Mycol. Pap. 72: 63 (1959);
11. *Coleosporium complex* (видовой и инвазивный статус уточняется);
12. *Phoma* complex (видовой и инвазивный статус уточняется).

На лиственных породах встречаются следующие виды инвазивных дендропатогенных организмов:

1. *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, IMA Fungus 5(1): 79 (2014) (анаморфная стадия *Chalara fraxinea* T. Kowalski, For. Path. 36(4): 264 (2006);
2. *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 5 (2000);
3. *Erysiphe flexuosa (*Peck) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 19 (2000);
4. *Cytospora chrysosperma* (Pers.) Fr., Sylv. mycol. berol. (Berlin): 28 (1818);
5. *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884);
6. *Melampsoridium betulinum* (Pers.) Kleb., Z. PflKrankh. PflPath. PflSchutz 9: 21 (1899);
7. *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. f., J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo 21: 10 (1927);
8. *Neofabraea alba* (E.J. Guthrie) Verkley, Stud. Mycol. 44: 125 (1999);
9. *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf., in Melin & Nannfeldt, Svensk Skogsvårdsförening Tidskr. 3-4: 408 (1934);

10. *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949);
11. *Phyllosticta paviae Desm.*, Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 32 (1847);
12. *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk, in Brasier, Kirk, Delcan, Cooke, Jung & Man in't Veld, Mycol. Res. 108(10): 1174 (2004).

Также зафиксировано развитие бактерии *Erwinia amylovora* (Burrill 1882) Winslow et al.

Недавно появившийся в стране вид *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. f., J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo 21: 10 (1927) выявлен на двух видах ольхи *Alnus glutinosa* и *A. incana*. Патоген обнаружен в северной и южной геоботанических подзонах страны на территории Витебской, Минской и Брестской областей, что подтверждается методом молекулярного анализа.

Ревизия видового состава микобиоты в дендропарках и дендрариях Министерства лесного хозяйства Беларуси, показала, что имеются очаги развития инвазивных фитопатогенных организмов. Далее приведен перечень выявленных видов:
Ascochyta syringae Bres.;
Ascochyta tenerrima Sacc. & Roum.;
Capnophialophora pinophila (Nees) Borowska;
Ceratocystis ulmi (Buism.) Moreau (*Ophiostoma ulmi*);
Cercospora ligustrina Boerema;
Coleosporium complex;
Colletotrichum exiguum Penz. et Sacc.;
Coniothyrium australe Sacc.;
Diaporthe oncostoma (Duby);
Diplodia taxi (Sowerby) De Not.;
Dothidella juniperi (Desm.) Höhn. (*Phoma juniperi*);
Dothistroma septosporum (Dorog.) M. Morelet;
Erysiphe alphitoides (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe flexuosa (Peck) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe palczewskii (Jacz.) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe syringae Schwein.;
Guignardia aesculi (Peck) V. B. Stewart (*Phyllosticta paviae*);
Gymnosporangium sabinae (Dicks.) G. Winter;
Gymnosporangium tremelloides R. Hartig;
Hymenoscyphus fraxineus (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya;
Lachnellula willkommii (R. Hartig) Dennis;
Lirula nervisequa (DC.) Darker;
Melampsoridium hiratsukanum S. Ito ex Hirats.;
Metadiplodia thujae (Westend.) Zambett.;
Microsphaera jaczewskii U. Braun;
Mycosphaerella patouillardii (Sacc.) Maire & Werner;
Neofusicoccum ribis (Slippers, Crous & M.J. Wingf.) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips (*Septomyxa aesculi*);
Ophiognomonia leptostyla (Fr.) Sogonov (*Marssonina juglandis*);
Ophiostoma complex;
Passalora juniperina (Georgescu & Badea) H. Solheim (*Asperisporium juniperinum*);
Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert;
Phomopsis velata (Sacc.) Traverso;
Phyllosticta spiraeina Brun.;
Plagiostoma aesculi (Fuckel) Sogonov (*Cryptodiaporthe aesculi*);
Podosphaera minor Home.;
Pratylenchus penetrans (Cobb) Filip. Et Sch. Stekh.;
Pseudoidium hortensiae (Jørst.) U. Braun & R.T.A. Cook;
Pseudomonas sp.;
Pseudonectria buxi (DC.) Seifert, Gräfenhan & Schroers (*Volutella buxi*);
Ramularia spiraeae Peck;
Rhabdocline laricis (Vuill.) J.K. Stone (*Meria laricis*);
Septoria aesculina Thüm.;
Septoria astragali f. *robiniae* Nagorny;
Septoria cydoniae Fuckel;
Septoria guevillensis Sacc.;
Septoria hippocastani Berk. et Broome;
Septoria ligustri (Roberge ex Desm.) J. Kickx f.;
Sphaceloma symphoricarpi Barrus & Horsfall;
Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & B. Sutton.;
Sydowia polyspora (Bref. & Tavel) E. Müll. (*Sclerophoma pityophila*);
Trichocladia coluteae f. *caraganae* Jacz.;
Uromyces caraganae (Thüm.) Magnus;
Valsa cypri (Tul.) Tul. & C. Tul.

В табл. 1 приведен перечень наиболее распространенных в лесном хозяйстве и озеленении заболеваний, вызываемых инвазивными микромицетами.

Проводились также исследования по выделению в культуру штаммов патогенов, с наибольшей скоростью распространения и натурализации, как представляющих наибольшую опасность для древесных пород в Беларуси – *Phytophthora alni*, *Hymenoscyphus fraxineus*) и *Melampsoridium hiratsukanum*.

Молекулярно-генетическую идентификацию патогена проводили в случаях, когда симптоматическая картина и другие методы не позволяли однозначно определить вид патогена. Использовали следующую методологическую последовательность: выделение ДНК, классическую ПЦР, секвенирование по Сенгеру, обработка нуклеотидных последовательностей в программе Sequencing Analysis v6.0 и базе данных NCBI [99]. Результаты работы представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2 при обследованиях выявлено 46 растительных объектов трех лиственных пород, на которых диагностировали различными методами 3 инвазивных фитопатогена. Два патогена (*Phytophthora alni* и *Hymenoscyphus fraxineus*) являются карантинными для страны. Таким образом, на основе их широкой встречаемости в Белорусском Полесье и других регионах страны, можно констатировать, что 3 инвазивных вида фитопатогенов, принадлежащих к различным таксономическим группам (оомицет, базидиомицет и аскомицет) натурализовались в лесных экосистемах Беларуси. Эколого-экономические

последствия инвазии *Phytophthora alni* и *Melampsoridium hiratsukanum* еще не выявлены, но предварительный анализ фитосанитарных рисков по первому из них показывает высокую потенциальную вредоносность инвазии.

Последствия внедрения *Hymenoscyphus fraxineus* уже известны. Только по официальным данным лесного кадастра на начало 2023 г. мы потеряли 52% ясеневых насаждений (рис. 4).

Принимая во внимание 10-летний интервал лесоустроительных циклов данная информация отстает от реальной картины примерно на 5–7 лет. Следовательно, с учетом наметившегося тренда можно предполагать, что к погибшим насаждениям относятся от 3/4 до 4/5 ясенников страны.

Выборочные рекогносцировочные обследования ясенников в 2023 г. подтверждают эту ситуацию. Например, во всех обследованных ясенниках Столинского, Осиповичского, Лепельского лесхозов и НП «Припятский» не подтвердилось наличие запасов ясеневой древесины, достаточных, для включения ясеня в качестве главной породы (рис. 5). В большинстве случаев ясень выпал из состава первого яруса насаждений или представлен там единичными экземплярами (рис. 6). Это также является ценной информацией, т.к. единичные экземпляры, пережившие порядка 20 лет инвазии, являются потенциальными носителями генов устойчивости и могут быть использованы для дальнейшей селекции

Таблица 1. Наиболее распространенные болезни, вызванные инвазивными видами патогенных организмов в Беларуси

Table 1. The most common diseases caused by invasive species of pathogenic organisms in Belarus

Болезнь	Возбудитель	Древесное растение-хозяин
Опасные болезни		
Мучнистая роса листьев дуба	*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.	Дуб
Халаровый некроз ясеня	*Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya	Ясень
Дотистромоз хвои*	*Dothistroma septosporum* (*Mycosphaerella pini*)	Сосна
Ржавчина листьев	*Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter	Груша, можжевельник
Ржавчина листьев	*Gymnosporangium tremelloides* R. Hartig	Яблоня, можжевельник
Шютте пихты	*Lirula nervisequa* (DC.) Darker	Пихта
Фомоз тиса	*Dothidella juniperi* (Desm.) Höhn. (Phoma juniperi (Desm.) Sacc.	Тис ягодный
Усыхание ветвей кипариса и кипарисовика	*Diplodia taxi* (Sowerby) De Not.	Кипарисовик
Усыхание ветвей туи	*Metadiplodia thujae* (Westend.) Zambett.	Туя западная, туя восточная.
Диплодиоз	*Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton.	Сосна, ель
Шютте лиственницы	*Rhabdocline laricis* (Vuill.) J.K. Stone (Meria laricis Vuil.)	Лиственница
Потенциально опасные болезни		
Песталоциевое усыхание	*Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert	Туя, тис, псевдотсуга
Ступенчатый рак	*Lachnellula willkommii* (R. Hartig) Dennis, (*Dasyscyphus willkommii* (R. Hartig) Rehm)	Лиственница, ель
Офиостомоз	*Ophiostoma complex*	Ель, сосна, лиственница
Склерофомоз	*Sydowia polyspora* (Bref. & Tavel) E. Müll. (Sclerophoma pityophila (Corda) Hohn.)	Сосна, ель, можжевельник
Ржавчина хвои	*Coleosporium complex*	Сосна
Некроз ветвей акации	*Diaporthe oncostoma* (Duby)	Акация желтая
Сосудистый микоз ильмовых пород	*Ceratocystis ulmi* (Buism.) Moreau (*Ophiostoma ulmi*)	Вяз, ильм, берест
Мучнистая роса листьев каштана	*Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam.	Каштан конский
Мучнистая роса листьев акации	*Erysiphe palczewskii* (Jacz.) U. Braun & S. Takam.	Акация желтая
Ржавчина ольхи	*Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats.	Ольха
Усыхание каштана нематодное	*Pratylenchus penetrans* (Cobb) Filip. Et Sch. Stekh	Каштан конский
Малоопасные болезни		
Септориоз каштана	*Septoria aesculina* Thüm. и S. hippocastani Berk. et Broome	Каштан конский
Бурая пятнистость каштана	*Coniothyrium australe* Sacc.	Каштан конский

Таблица 2. Результаты идентификации инвазивных организмов, выделенных из тканей ольхи и ясеня (жирным шрифтом выделены патогены, находки которых подтверждены молекулярно-генетическими методами)

Table 2. Results of identification of invasive organisms isolated from alder and ash tissues (pathogens whose findings were confirmed by molecular genetic methods are highlighted in bold)

№ образца	Происхождение	Пораженное растение	Болезнь	Возбудитель
14.1	Гомельский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
21.2	Столинский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.3	Столинский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.4	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.5	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	***Phytophthora alni***
226	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.6	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.8	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.9	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.10	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.11	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.12	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.13	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.14	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.15	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
22.16	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.1	Осиповичский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.2	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	ржавчина листьев	***Melampsoridium hiratsukanum***
23.3	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	ржавчина листьев	***Melampsoridium hiratsukanum***
23.4	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.5	Осиповичский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.6	Лунинецкий лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.7	Лунинецкий лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.8	Лунинецкий лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.9	Лунинецкий лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.10	Столинский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.11	Столинский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.12	Столинский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.13	Столинский лесхоз	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.14	Мозырский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.15	Пинский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.16	Пинский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.17	Негорельский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.18	Негорельский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.19	Негорельский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.20	Лепельский лесхоз	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.21	Лепельский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.22	Лепельский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	***Hymenoscyphus fraxineus***
23.23	Ивацевичский лесхоз	*Fraxinus excelsior*	халаровый некроз	*Hymenoscyphus fraxineus*
23.24	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.25	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.26	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.27	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	фитофтороз	*Phytophthora alni*
23.28	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	ржавчина листьев	*Melampsoridium hiratsukanum*
23.29	НП «Браславские озера»	*Alnus glutinosa*	ржавчина листьев	*Melampsoridium hiratsukanum*
23.30	НП «Браславские озера»	*Alnus incana*	фитофтороз	*Phytophthora alni*

ясеня с целью восстановления этой лесной формации. На обследованных площадях подрост ясеня в значительной мере является неблагонадежным вследствие пораженности некрозом и потрав дикими копытными животными. Однако доля потенциально устойчивых экземпляров среди молодых растений выше, чем в первом ярусе. Возможно, это является свидетельством адаптации и естественного отбора в популяции ясеня по отношению к новой угрозе.

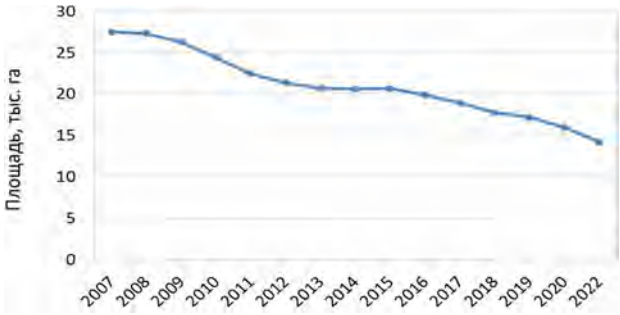


Рис. 4. Динамика площади ясеневых лесов в Беларуси

Fig. 4. Dynamics of the area of ash forests in Belarus

Только прямой ущерб в ясеневых насаждениях, рассчитанный на основе потерь ценной деловой древесины этого вида [100], составляет около 6,4 млн $ в год. Экологический ущерб, связанный со снижением биоразнообразия при разрушении лесов ясеневой формации, как и косвенные экономические потери сложно поддаются учету, но по мнению исследователей составляет не менее, а порой и превышает ущерб от ресурсных потерь.

В 2020 г. в Институте леса НАН Беларуси, под руководством Ю. О. Баранова и В. С. Пантелеева совместно с сотрудниками БГТУ (в т.ч. автором статьи) проведена верификация чистых культур возбудителя халарового некроза ветвей ясеня – аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral et al., изолированных с усыхающих растений ясеня обыкновенного и ясеня пенсильванского в лесных насаждениях пяти областей республики (Минская, Могилевская, Брестская, Витебская, Гродненская) [101]. Видовая идентификация основывалась на секвенировании нуклеотидной структуры региона рибосомной ДНК – 18S рРНК-ВТС1-5,8S рРНК-ВТС2-28S рРНК и ее последующем сравнении с депонентами международного банка генов Национального центра биотехнологической информации (NCBI, США). На основании применения молекулярно-генетического метода RAPD изучена внутривидовая изменчивость 24 штаммов *H. fraxineus*. В ходе исследования были протестированы 18 RAPDпраймеров.



Рис. 5. Расстроенное ясеневое насаждение, где большинство деревьев ясеня из 1 яруса представлены валежом (Осиповичский лесхоз)

Fig. 5. Disordered ash plantation, where most of the ash trees from the 1st tier are represented by dead trees (Osipovichi forestry)



Рис. 6. Единичное дерево ясеня на выделе с массовым усыханием (Осиповичский лесхоз)

Fig. 6. A single ash tree in an area with massive drying out (Osipovichi forestry enterprise)

Анализ информативности полученных ДНК-профилей позволил отобрать для изучения внутривидовой изменчивости *Hymenoscyphus fraxineus* 5 праймеров: UBC-268, primer6, UBC-536, Oligo 85 и OPA-09. По результатам RAPD-анализа для исследованных штаммов составлены генетические паспорта по 29 специфическим ДНК-локусам. Отмечено, что в исследованной белорусской популяции *H. fraxineus* высокий уровень внутривидового разнообразия (рис. 7).

Согласно данным RAPD-анализа уровень различий между штаммами в большинстве случаев варьировал в диапазоне 7–47% локусов (DN = 0,0715–0,4769).

Данное явление с учетом выявленного диффузного географического распределения генотипов можно объяснить гипотезой проникновения на территорию страны путем многократной инвазии спектра изолятов.

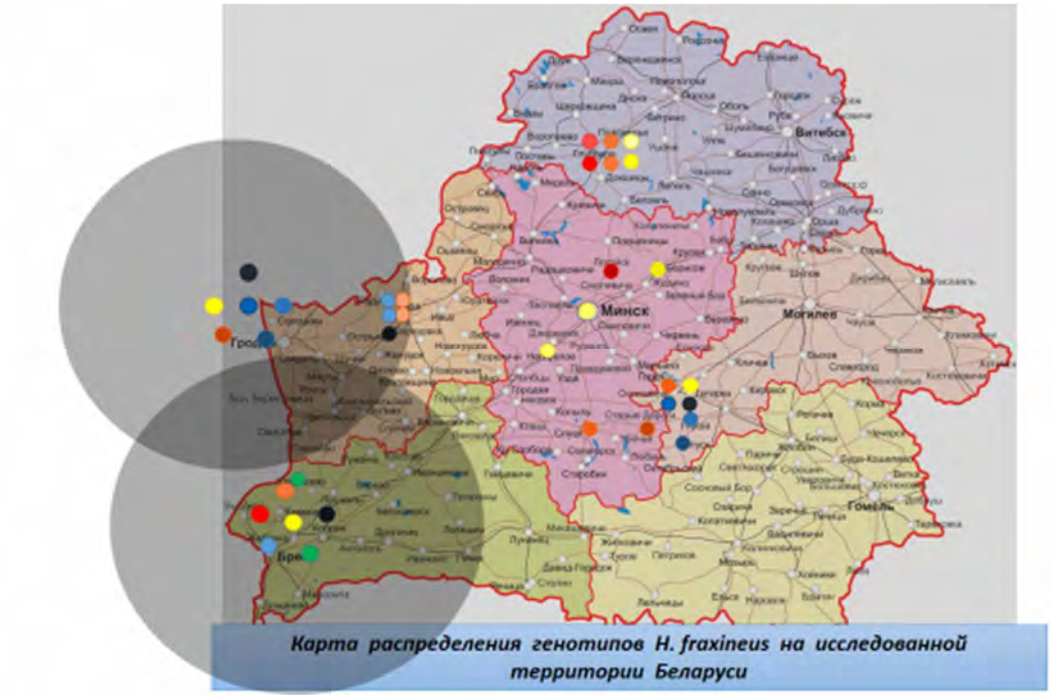


Рис. 7. Результаты генотипического картирования *Hymenoscyphus fraxineus* [101] (цветными точками выделены различные генотипы патогена)

Fig. 7. Results of genotypic mapping *Hymenoscyphus fraxineus* [101] (different genotypes of the pathogen are highlighted with colored dots)

Оценка вероятности проникновения на территорию Беларуси новых карантинных фитопатогенов как основа анализа фитосанитарных рисков

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 [102]. Распространяющиеся преимущественно водным путем, оомицеты также могут преодолевать значительные расстояния за короткое время [103, 104]. Следовательно, удаленность известных очагов карантинных 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.

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 [105].

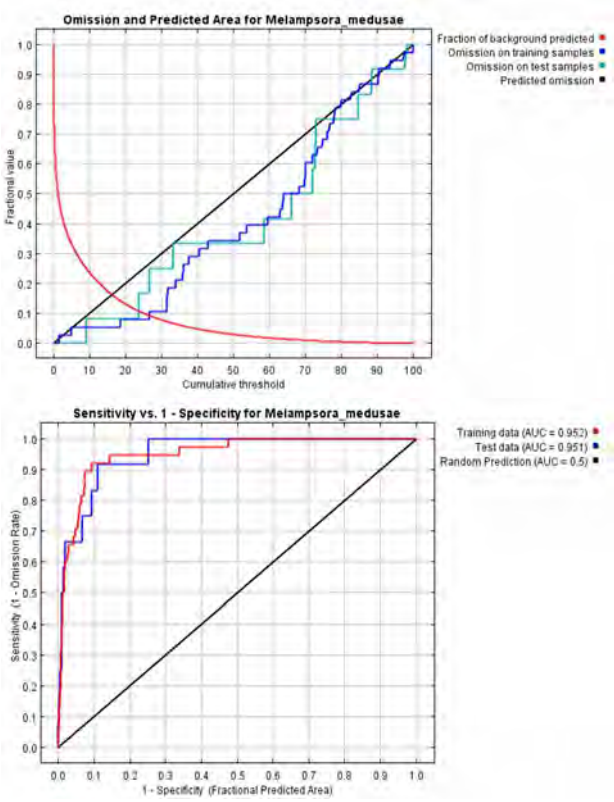
В качестве модельных объектов использованы все виды опасных карантинных видов отсутствующих на территории стран ЕАЭС (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза), но уже выявленные в Европе и наносящие существенный экономический и экологический ущерб. *Phytophthora ramorum* Weres et al., *Phytophthora kernoviae* Brasier, *Melampsora medusae* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle характеризуются крайне широким кругом растений-хозяев, и их широкой представленностью в лесных и парковых насаждениях Беларуси. Возможные экономические потери от их инвазии потенциально могут быть весьма существенны для многих отраслей экономики страны и иметь существенные экологические последствия.

Результатом работы Maxent, кроме изображения распределения видов на заданной территории, также являются несколько видов графиков и таблиц для проведения статистичекого анализа (рис. 8). Например, для *Phytophthora ramorum*, первый график говорит о том, что омиссия по тестовым точкам (голубая кривая) приближается к предсказанной динамике омиссии рассчитанной для тестовых данных (черная прямая), полученных из самого распределения Maxent. И чем ближе она к черной прямой, тем лучше предсказано распределение.

Вторым видом проверки достоверности построенной модели является значение AUC, которое можно оценить как плохое (AUC ≤ 0,50), приемлемое (0,5 < AUC ≤ 0,80) и отличное (0,80 < AUC ≤ 1,00). Показатель AUC хорошей модели стремится к 1. В нашем случае значения Training data AUC = 0,952 и Test data AUC = 0,951 указывают на высокий уровень прогностической эффективности, что подтверждается соответствующим графиком.

Красная кривая показывает, насколько хорошо модель описывает тренировочные данные. Синяя линия показывает, насколько хорошо модель описывает тестовые данные и является реальным тестом предсказательной способности модели. Черная линия показывает ситуацию, которую можно было бы ожидать, если бы надежность предсказаний модели была на случайном уровне. Если бы синяя или красная линии находились ниже чёрной, это означало бы, что уровень достоверных предсказаний модели даже ниже, чем случайный. Чем ближе к верхнему левому углу, находится синяя линия, как на примере, тем лучше модель предсказывает находки, содержащиеся в тестовой выборке.

Для оценки важности переменной используется таблица (см. рис. 8), из которой видно, что наиболее влиятельный на распространение *Phytophthora ramorum* является BIO12 – годовое количество осадков.



Variable	Percent contribution	Permutation importance
BIO12	35.7	33.6
BIO1	31.2	37
Cover	19.5	3.5
BIO5	5.6	11.5
BIO2	3.8	4.2
elev	2	2.1
BIO8	1.6	0
BIO18	0.7	8.1

Рис. 8. Результаты статистического анализа точности моделирования распространения видов по тренировочным и тестовым точкам для *Phytophthora ramorum*

Fig. 8. Results of statistical analysis of the accuracy of species distribution modeling at training and test points *for Phytophthora ramorum*

В связи с глобальным распространением целевых фитопатогенов, модели строили с разрешением 2,5 минуты в мировом охвате. Полученные в Maxent карты пригодности местности для четырех инвазивных видов обрезаны в QGIS по границам республики для дальнейшего анализа территории Беларуси по отношению к карантинным организмам. В результате площадь территории страны была поделена на пять уровней, где пригодность: отсутствует – 0–А, при А для *Phytophthora ramorum* равном 0,117, для *Bur-*

saphelenchus 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 (рис. 9–12).

Рисунки хорошо иллюстрируют территориальное размещение локалитетов с различным уровнем пригодности эколого-климатических факторов для развития опасных карантинных организмов. На основе этих цифровых моделей получены площади территории страны с различным уровнем вероятности развития карантинных организмов. Общий балл пригодности территории рассчитывали от 0 (вероятность успешной акклиматизации патогена отсутствует) до 1 (высокая вероятность акклиматизации патогена) как средневзвешенной значение по площади территории, занимаемой различным уровнем пригодности для каждого вида (табл. 3).

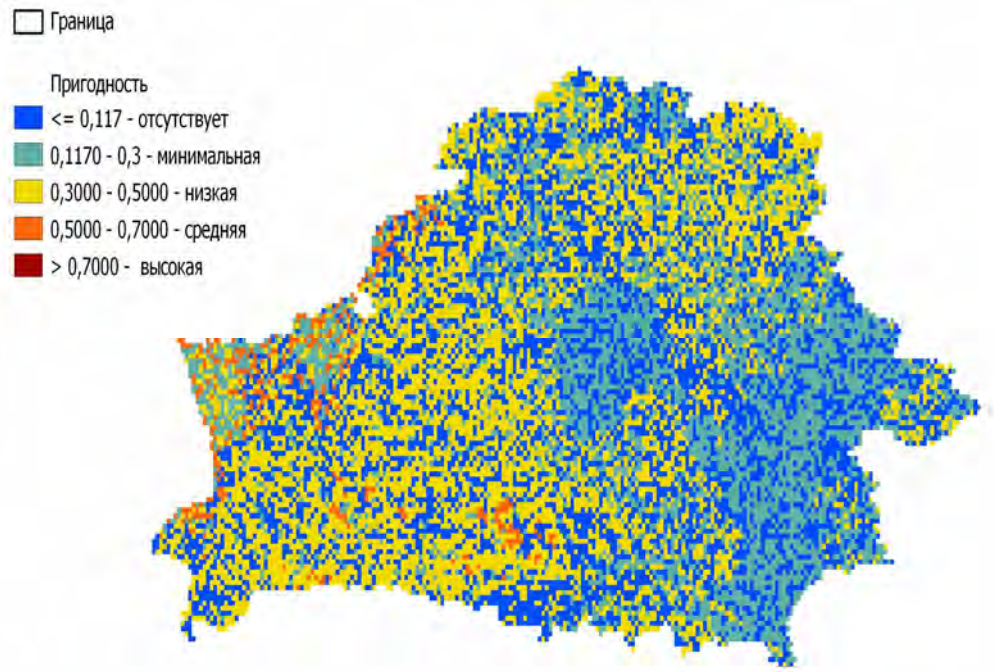


Рис. 9. Пригодность территории Беларуси для распространения *Phytophthora ramorum*

Fig. 9. Suitability of the territory of Belarus for the spread of *Phytophthora ramorum*

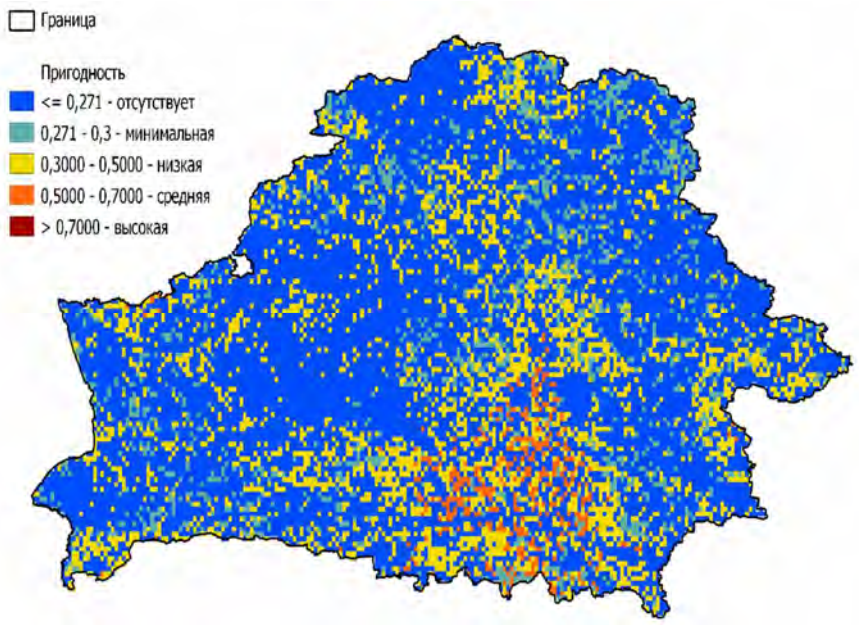


Рис. 10. Пригодность территории Беларуси для распространения *Bursaphelenchus xylophilus*

Fig. 10. Suitability of the territory of Belarus for the spread of *Bursaphelenchus xylophilus*

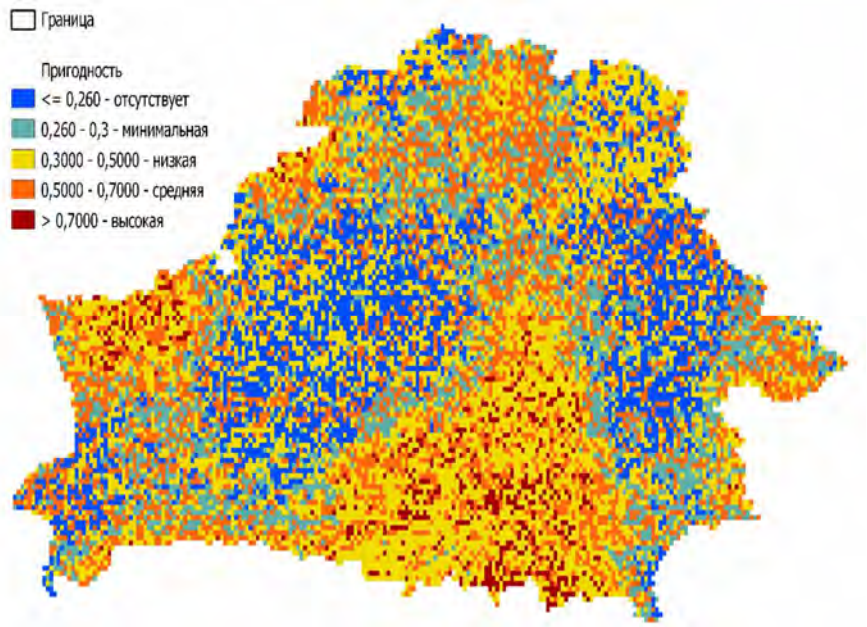


Рис. 11. Пригодность территории Беларуси для распространения *Melampsora medusa*

Fig. 11. Suitability of the territory of Belarus for the spread of *Melampsora medusae*

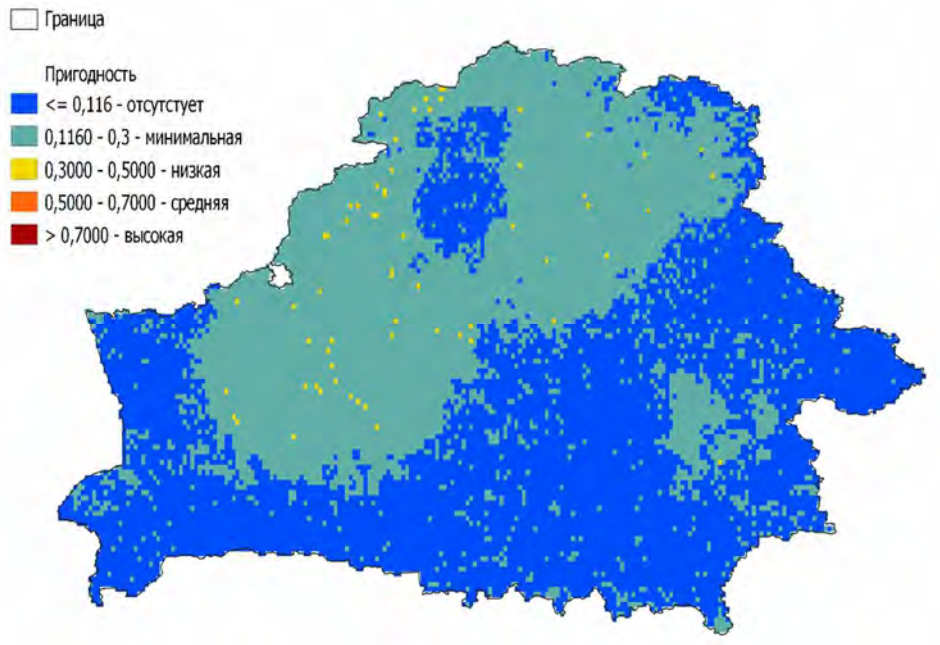


Рис. 12. Пригодность территории Беларуси для распространения *Phytophthora kernoviae*

Fig. 12. Suitability of the territory of Belarus for the spread of *Phytophthora kernoviae*

Таблица 3. Результаты оценки пригодности территории Беларуси для развития карантинных организмов

Table 3. Results of assessing the suitability of Belarus territory of for the development of quarantine organisms

Вид карантинного организма	Площадь территории страны с различным уровнем вероятности развития карантинного организма, %					Общий балл пригодности
	отсутствует	минимальная	низкая	средняя	высокая	
Phytophthora ramorum	35,2	27,1	35,5	2,2	0	0,26
Phytophthora kernoviae	52,1	47,5	0,4	0	0	0,12
Melampsora medusae	18,4	15,7	36,4	26,1	3,4	0,45
Bursaphelenchus xylophilus	68,5	9,2	19,9	2,4	0	0,14

Из всех проанализированных видов карантинных организмов климатические и экологические условия Беларуси наиболее благоприятны для возбудителя ржавчины осины, базидиомицета *Melampsora medusae*. Общий балл пригодности природно-климатических условий страны для развития патогена составляет 0,45. *M. medusae* является облигатным патогеном, изменяющим физиологические и метаболические процессы в организме хозяина. Следовательно, инфекция ржавчины замедляет рост осины и, используя хвойные породы в качестве промежуточных хозяев, патоген вызывает их ослабление и снижение продуктивности [106–108]. Вместе с тем ржавчинные грибы известны своей высокой способностью к распространению с воздушными массами на дальние расстояния. Установлено, что споры желтой ржавчины могут переносится ветром на расстояние до 2400 км от основного источника инфекции, их обнаруживали на высоте 2100–4200 м и даже 6000 м [109]. Ближайшие к нам очаги карантинного объекта *M. medusae* расположены во Франции, на расстоянии не более 2 тыс. км. Это дает основание предполагать, что занос и акклиматизация *M. medusae* в Беларуси весьма вероятны.

В тоже время модели пригодности условий страны для оомицета *Phytophthora kernoviae* и фитонематоды *Bursaphelenchus xylophilus* показали 0,12 и 0,14 баллов соответственно. Это говорит о низкой вероятности проникновения и акклиматизации патогенов, что, возможно, связано с их высокой требовательностью к отдельным факторам среды. Так, *B. xylophilus* массово распространялся в зонах с преимущественно тропическим и субтропическим климатом, в то же время, условия умеренного и, тем более, холодного климата лимитируют развитие вида [110]. Однако, в последнее время появляются сообщения о выявлении у личинок сосновой стволовой нематоды способностей к криоконсервации, что способствует резкому продвижению патогена на север, например, в Китае [111]. Северный вектор экспансии вида может быть обусловлен и процессами глобального изменения климата, сопровождающимися потеплением во многих регионах Земли. Следовательно, получаемые прогностические оценки необходимо воспринимать как основание для дальнейшего комплексного взгляда на анализ фитосанитарного риска, который должен учитывать еще и тренды динамики распространения вторичных ареалов инвайдеров.

Заключение

На базе проведённого мониторинга лесных насаждений Полесского региона и других фоновых территорий, анализа гербарных материалов с применением микологических и молекулярно-генетических методов, дана оценка распространённости опасных карантинных объектов и инвазивных видов фитопатогенов в лесных насаждениях, проведено прогнозирование их дальнейшего распространения на территории страны с использованием методов компьютерного моделирования и приведен анализ фитосанитарного риска наиболее вредоносных инвазивных организмов.

Было выявлено 46 растительных объектов трех лиственных пород, на которых диагностировали различными методами 3 инвазивных фитопатогена. Два патогена (*Phytophthora alni* и *Hymenoscyphus fraxineus*) являются карантинными для страны. На основе их широкой встречаемости в Белорусском Полесье и других регионах страны, можно констатировать, что 3 инвазивных вида фитопатогенов, принадлежащих к различным таксономическим группам (оомицет, базидиомицет и аскомицет) натурализовались в лесных экосистемах Беларуси. Эколого-экономические последствия инвазии *Phytophthora alni* и *Melampsoridium hiratsukanum* еще не выявлены, но анализ фитосанитарных рисков по первому из них показывает высокую потенциальную вредоносность инвазии.

Вызывает опасение выявление 6 новых локалитетов инфекции карантинного организма *Phytophthora alni*. Столь быстрое распространения инвазивного организма вдали от водоемов и водотоков является свидетельством энтомохорного способа перемещения инфекции *Phytophthora alni*, который, как и большинство оомицетов, считался ранее исключительно гидрохорно распространяемым видом.

Выявлено, что только прямой ущерб в ясеневых насаждениях от заболевания, вызываемого *Hymenoscyphus fraxineus*, рассчитанный на основе потерь ценной деловой древесины этого вида, составляет около 6,4 млн $ в год. Экологический ущерб, связанный со снижением биоразнообразия при разрушении лесов ясеневой формации, как и косвенные экономические потери сложно поддаются учету, но по мнению исследователей составляет не менее, а порой и превышает ущерб от ресурсных потерь. Это подтверждает крупный эколого-экономический ущерб от биологических инвазий дендропатогенных организмов в нашей стране.

На всех видах опасных карантинных видов отсутствующих на территории стран ЕАЭС (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза), но уже выявленных в Европе (*Phytophthora ramorum* Weres et al., *Phytophthora kernoviae* Brasier, *Melampsora medusae* Thümen, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle) показана высокая эффективность метода компьютерного моделирования в среде Maxen распространения инвайдеров, позволяющего вести вариационную оценку пригодности среды обитания в конкретных эколого-климатических условиях для расширения неоареалов опасных организмов. Все вновь выявленные локалитеты располагались на прогнозной модели в диапазоне пригодности среды от 40 до 60%. Разработана бальная оценка пригодности местообитаний определенных территорий, которая по Беларуси составила для *Ph. ramorum* – 0,26, *Ph. kernoviae* – 0,12, *M. medusae* – 0,45, *B. xylophilus* – 0,14.

Из всех проанализированных видов карантинных организмов климатические и экологические условия Беларуси наиболее благоприятны для возбудителя ржавчины осины, базидиомицета *Melampsora medusae.* Проведённый анализ дает основание предполагать, что занос и акклиматизация этого вида в Беларуси весьма вероятны.

Полученные новые сведения о распространенности и вредоносности инвазивных дендропатогенов свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования карантинных мер в естественных и антрапогенно-трансформированых биоценозах в том числе и путем проведения оценки фитосанитарных рисков и разработки мер локализации и ликвидации их очагов карантинных возбудителей болезней в лесном фонде и зеленых насаждениях.

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. Секретариат МККЗР. Глоссарий фитосанитарных терминов // Международный стандарт по фитосанитарным мерам № 5. – Рим: ФАО, 2021. – 48 с.

2. Biological invasions are as costly as natural hazards / A. J. Turbelin [et al.] // Perspectives in Ecology and Conservation. – 2023. – Vol. 21 (2). – С. 143–150.

3. Unveiling the hidden economic toll of biological invasions in the European Union / M. Henry [et al.] // Environmental Sciences Europe. – 2023. – Vol. 35 (1). – С. 1–6.

4. Economic costs of invasive alien species across Europe / P. J. Haubrock [et al.] // NeoBiota. – 2021. – Vol. 6. – С. 153–190.

5. Biological invasions in forest ecosystems / A. M. Liebhold [et al.] // Biological Invasions. – 2017. – Vol. 19. – P. 3437–3458.

6. Charles, H. Impacts of invasive species on ecosystem services / H. Charles, J. S. Dukes // Biological Invasions. – Germany, 2007. – P. 217–237.

7. Langor, D. W. Ecological impacts of non-native invertebrates and fungi on terrestrial ecosystems / D. W. Langor, J. Sweeney // Biol. Invasions. – 2009. – Vol. 11. – P. 1–3.

8. Ecological effects of invasive alien insects. Ecological impacts of non-native invertebrates and fungi onterrestrial ecosystems / M. Kenis [et al.] // Springer. – Netherlands, 2008. – P. 21–45.

9. Allen E. Phytosanitary measures to reduce the movement of forest pests with the international trade of wood products / E. Allen, M. Noseworthy, M. Ormsby // Biological invasions. – 2017. – Vol. 19. – P. 3365–3376.

10. Воронин, Б. А. Карантин растений: история правового регулирования; современная практика / Б. А. Воронин, И. А. Тухбатов, Я. В. Воронина // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 12 (130). – С. 58–62.

11. Купина, Н. Г. Полномочия государственной службы карантина растений в области правоотношений на государственной границе / Н. Г. Купина, С. А. Кайтанджян // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – 2008. – № 4 (45). – С. 62–69.

12. Pennycook, S. R. Index to Fries's Epicrisis Systematis Mycologici (1838). 2: Polyporei, Hydnei, Auricularini, Clavariei Tremellinae / S. R. Pennycook // Mycotaxon. – 2006. – Vol. 98. – P. 75–118.

13. Petersen, R. H. The mycological legacy of Elias Magnus Fries / R. H. Petersen, H. Knudsen // IMA Fungus. – 2015. – Vol. 6 (1). – P. 99–114.

14. De Bary, H. A. Researches into the nature of the potato-fungus *Phytophthora infestans* / H. A. De Bary // Journal of the Royal Agricultural Society of England. – 1876. – Vol. 12. – P. 239–269.

15. History of the IPPC [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://www.ippc.int/en/history-of-the-ippc/. – Date of accesses: 25.11.2023.

16. Поспелов, С. М. Основы карантина сельскохозяйственных растений / С. М. Поспелов, З. И. Шестиперова, И. К. Долженко. – М: Агропромиздат, 1985. – 183 с.

17. Animal and Plant Health Inspection Service [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/business-services/ies/IES/. – Date of accesses: 21.10.2024.

18. Желдакова, Р. А. Фитопатогенные микроорганизмы: учебно-методический комплекс для студентов биологического факультета специальности 1–31 01 01 «Биология» / Р. А. Желдакова. – Минск: БГУ, 2006. – 116 с.

19. Ячевский, А. А. Мучнистая роса дуба / А. А. Ячевский // Труды по микологии и фитопатологии. – СПб: ГУЗиЗ, 1910. – 17 с.

20. Hidden invasion and niche contraction revealed by herbaria specimens in the fungal complex causing oak powdery mildew in Europe / A. Grosset [et al.] // Biological invasions. – 2021. – Vol. 23. – P. 885–901.

21. Bradshaw, M. Powdery mildews on Quercus: A worldwide distribution and rediscovered holotype provide insights into the spread of these ecologically important pathogens / M. Bradshaw, U. Braun, D. H. Pfister // Forest Pathology. – 2022. – Т. 52. – № 3. – 127 с.

22. Beenken, L. First records of the powdery mildews *Erysiphe platani* and *E. alphitoides* on *Ailanthus altissima* reveal host jumps independent of host phylogeny / L. Beenken // Mycological progress. – 2017. – № 16. – P. 135–143.

23. Mougou, A. New insights into the identity and origin of the causal agent of oak powdery mildew in Europe / A. Mougou, C. Dutech, M. L. Desprez-Loustau // Forest Pathology. – 2008. – Vol. 38(4). – P. 275–287.

24. Межвидовое и внутривидовое разнообразие мучнистой росы дуба в Европе: история коэволюции и адаптация к хозяевам / М. Л. Деспре-Лустау [и др.] // Mycoscience. – 2011. – 52 (3). – С. 165–173.

25. Селочник, Н. Н. Многолетняя динамика старовозрастных насаждений теллермановских дубрав / Н. Н. Селочник // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 59–68.

26. Сазонов, А. А. Региональные закономерности усыхания ветвей дуба (*Quercus robur* L.) в период депрессии дубрав Беларуси (2003–2008 гг.) / А. А. Сазонов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – № 211. – С. 161–173.

27. Reproductive fitness of fungal phytopathogens: Deriving co-evolution of host–pathogen systems / R. Balodi [et al.] // The Phytopathogen. – Apple Academic Press, 2017. – P. 41–64.

28. Arora, J. Co-evolution of pathogens, mechanism involved in pathogenesis and biocontrol of plant diseases: an overview / J. Arora, S. Goyal, K. G. Ramawat // Plant Defence: Biological Control. – 2012. – P. 3–22.

29. The population biology of Dutch elm disease: its principle features and some implications for other host-pathogen systems / C. M. Brasier [et al.] // The population biology of Dutch elm disease. – 1986. – P. 53–118.

30. Brasier, C. M. Episodic selection as a force in fungal microevolution, with special reference to clonal speciation and hybrid introgression / C. M. Brasier // Canadian Journal of Botany. – 1995. – Vol. 73 (S1). – P. 1213–1221.

31. Lamb, R. World without trees / R. Lamb // London: Wildwood House, 1979. – 228 p.

32. Heybroek, H. M. Why bother about the elm? / H. M. Heybroek // Dutch elm disease research: cellular and molecular approaches. – New York, 1993. – P. 1–8.

33. Черпаков, В. В. Об этиологии голландской болезни вязов / В. В. Черпаков // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. – Вып. 49. – С. 135–142.

34. The status and development of elm disease in Britain / T. R. Peace [et al.] // Bull. For. Commn. – London, 1960. – Vol. 33. – 44 p.

35. The dying of twigs of Elms, Weeping Willows, and Peach trees / M. B. Schwarz [et al.] // The dying of twigs of Elms, Weeping Willows, and Peach trees. – 1922. – 73 p.

36. Mitchell, A. G. Contrasting structure of European and North American populations of *Ophiostoma ulmi* / A. G. Mitchell, C. M. Brasier // Mycological Research. – 1994. – Vol. 98 (5). – P. 576–582.

37. Brasier, C. M. Rapid evolutionary changes in a globally invading fungal pathogen (Dutch elm disease) / C. M. Brasier, K. W. Buck // Biological Invasions. – 2001. – Vol. 3. – P. 223–233.

38. Brasier, C. M. New horizons in Dutch elm disease control / C. M. Brasier // Report on forest research. – 1996. – Vol. 1996. – P. 20–28.

39. Brasier, C. M. Origin of the Dutch elm disease epidemic in Britain / C. M. Brasier, J. N. Gibbs // Nature. – 1973. – Vol. 242 (5400). – P. 607–609.

40. Семенкова, И. Г. Лесная фитопатология / И. Г. Семенкова, Э. С. Соколова // М.: Экология. – 1992. – 324 с.

41. Гниненко, Ю. И. Голландская болезнь ильмовых – исторический аспект в России / Ю. И. Гниненко, Г. Б. Колганихина, В. А. Синкевич // Современные проблемы лесозащиты и пути их решения : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения проф. Николая Ильича Федорова и 90-летию каф. лесозащиты и древесиноведения. – Минск : БГТУ, 2020. – С. 80–83.

42. Калько, Г. В. Голландская болезнь вязов в Санкт-Петербурге / Г. В. Калько // Микология и фитопатология. – 2008. – Т. 42. – Вып. 6. – С. 564–572.

43. Фирсов, Г. А. Современное состояние вязов (*Ulmus* L., *Ulmaceae*) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в условиях эпифитотии голландской болезни вязов / Г. А. Фирсов, Т. С. Булгаков // Hortus botanicus. – 2017. – Т. 12. – С. 214–234.

44. Калько, Г. В. Офиостомовое увядание вязов в Санкт-Петербурге / Г. В. Калько // Защита и карантин растений. – 2009. – № 3. – С. 48–49.

45. Exploration of a rare population of Chinese chestnut in North America: stand dynamics, health and genetic relationships / A. C. Miller [et al.] // AoB Plants. – 2014. – Vol. 6. – C. 1–2.

46. Rogerson, C. T. Mycology at The New York Botanical Garden, 1895–1995 / C. T. Rogerson, G. J. Samuels // Brittonia. – 1996. – C. 389–398.

46. Лукмазова, Е. А. Лесопатологическое состояние каштановых лесов Западного Закавказья: ав¬тореф. дис. … канд. биол. наук : 06.03.02 / Е. А. Лукмазова; СПб гос. лесотехнич. ун-т. – СПб, 2013. – 21с.

47. Grente, J. Les formes hypovirulentes d'Endothia parasitica et les espoirs de lutte contre le chancre du chataignier / J. Grente // CR Acad. Agric. France. – 1965. – Vol. 51. – C.1033–1037.

48. Rigling, D. *Cryphonectria parasitica*, the causal agent of chestnut blight: invasion history, population biology and disease control / D. Rigling, S. Prospero // Molecular plant pathology. – 2018. – Vol. 19 (1). – P. 7–20.

49. Richardson, D. M. 1958: The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen / D. M. Richardson, P. Pyšek, C. S. Elton // Progress in Physical Geography. – 2007. – Vol. 31 (6). – P. 659–666.

50. Elton C. S. The ecology of invasions by animals and plants / C. S. Elton // Springer Nature. – 2020. – 181 p.

51. Попов, А. В. Лесная генетика и селекция: учебно-методическое пособие: [для обучающихся средне-специальных и высших образовательных учреждений в области лесного хозяйства и ландшафтной архитектуры] / А. В. Попов, О. И. Полякова. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 2020. – С. 40–46.

52. Bjorkman, E. Resistance to snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) in different provenances of *Pinus silvestris* L. / E. Bjorkman // Studia Forestalia Suecica. – 1963. – Vol. 5. – P. 1–16.

53. Андрюшкявичене, И. С. Изучение семенного потомства по росту у сосны обыкновенной / И. С. Андрюшкявичене // Состояние и перспективы развития лесной генетики. – Рига, 1974. – С. 14–16.

54. Nijboer, R. Vier «resistente iepen» – generaties op een rij / R. Nijboer // Special Bomenmonitor. – 2014. – № 1. – P. 29–31.

55. Dengler, A. Über die Entwicklung künstlicher Kiefernkreuzungen / A. Dengler // Zeitschrift für Forst-und Jagdwesen. – 1939. – Vol. 71. –P. 457–485.

56. Dengler, A. Herkunfts-und Kreuzungsversuche im Versuchsgarten des Waldbauinstituts Eberswalde/ A. Dengler // Mitt Deutsch. Dendrol. Ges. – 1942. – Vol. 55. – P. 157–169.

57. Kowalski, T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland / T. Kowalski // Forest Pathology. – 2006. – Vol. 36. – P. 264–270.

58. Kirisits, T. The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria / T. Kirisits [et al.] //Proceedings of the conference of IUFRO working party. – 2009. – Vol. 7 (2). – P. 97–119.

59. Распространение инвазивного возбудителя некроза ветвей ясеня аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* в европейской части России / В. Б. Звягинцев [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 244. – С. 88–117.

60. Ash Dieback in Forests and Rural Areas – History and Predictions / A. Pacia [et al.] // Forests. – 2023. – №14 (11). – P.21–51.

61. The susceptibility of Asian, European and North American Fraxinus species to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* reflects their phylogenetic history / L. R. Nielsen [et al.] // European Journal of Forest Research. – 2017. – № 136. – P. 59–73.

62. Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden / R. Bakys [et al.] // European Journal of Forest Research. – 2009. – V. 128. – P. 51–60.

63. Ash dieback in Lithuania: disease history, research on impact and genetic variation in disease resistance, tree breeding and options for forest management in Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management / A. Pliura [et al.] // Swedish University of Agricultural Sciences. – 2017. – P. 150–165.

64. Ash and ash dieback in Sweden: a review of disease history, current status, pathogen and host dynamics, host tolerance and management options in forests and landscapes / M. Cleary [et al.] // Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management. – Swedish University of Agricultural Sciences, 2017. – P. 195–208.

64. Звягинцев, В. Б. Селекция ясеня обыкновенного на устойчивость к халаровому некрозу / В. Б. Звягинцев, А. В. Потапова // Материалы VI Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием «Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности», 21–23 ноября 2023 г., Большие Вяземы; ФГБНУ ВНИИФ; под ред. М. Г. Барышева. – 2023. – С. 95–97.

65. Полимеразная цепная реакция. История открытия. Новый этап развития / Ф. Н. Гильмиярова [и др.] // Ремедиум Приволжье. – 2017. – №4 (154). – С. 17–21.

66. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. J. White [et al.] // PCR protocols: a guide to methods and applications. – 1990. – Vol. 18 (1). – P. 315–322.

67. History of the IPPC [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://www.ippc.int/en/history-of-the-ippc/. – Date of accesses: 25.11.2023.

68. Brief history of EPPO [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://www.eppo.int/ABOUT_EPPO/brief_history. – Date of accesses: 25.11.2023.

70. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group: invasive alien species information management supporting practitioners, policy makers and decision takers / S. Pagad [et al.] // Management of Biological Invasions. – 2015. – Vol. 6 (2). – P. 127–135.

71. ABOUT GRIIS [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://griis.org/. – Date of accesses: 25.11.2023.

72. Introducing the global register of introduced and invasive species / S. Pagad [et al.] // Scientific data. – 2018. – Vol. 5 (1). – P. 1–12.

73. What is GBIF? [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://www.gbif.org/what-is-gbif. – Date of accesses: 25.11.2023.

74. What is EPPO Global Database? [Electronic resource]. – Mode of accesses: https://gd.eppo.int. – Date of accesses: 25.11.2023.

75. Азиатский банк развития (АБР) 2019. Модернизация санитарных и фитосанитарных мер в ЦАРЭС: Оценка и дельнейшие шаги. – Филиппины, 2019. – С. 13–15.

76. Звягинцев, В. Б. Глобализация проблем лесной фитопатологии В. Б. Звягинцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы IX Международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения проф. Н. И. Федорова, Минск-Москва-Петрозаводск, 19–24 октября 2015 г.; БГТУ [и др.]; редкол. И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2015. – С. 89–90.

77. Moricca, S. Recent Advances in the Monitoring, Assess-ment and Management of Forest Pathogens and Pests / S. Moricca, T. Panzavolta // Forests. – 2021. – Vol. 12 (12). – P. 1623.

78. Invasive and quarantine pests in forests in Slovakia. / M. Zubrik [et al.] // EPPO Bulletin. – 2006. – Vol. 36(2). – P. 402–408.

79. Alien invasive pathogens and pests harming trees, forests, and plantations: Pathways, global consequences and management / T. Panzavolta [et al.] // Forests. – 2021. – Vol. 12 (10). – P. 1364.

80. Звягинцев, В. Б. Молекулярно-генетическая диагностика в мониторинге инвазивных фитопатогенов / В. Б. Звягинцев, Л. О. Иващенко // Молекулярная диагностика: сборник трудов XI междунар. конф.; ФГБУ «ЦСП» ФМБА [и др.]; под ред. А. Г. Шипулин. – М., 2023. – С. 396–398.

81. Drivers of emerging fungal diseases of forest trees / L. Ghelardini [et al.] // Forest Ecology and Management – 2016. – Vol. 381. – P. 235–246.

82. 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.

83. Comparison of qPCR and metabarcoding methods as tools for the detection of airborne inoculum of forest fungal pathogens / A. Chandelier [et al.] // Phytopathology. – 2021. – Vol. 111 (3). – P. 570–581.

84. Molecular tools for detection of plant pathogenic fungi and fungicide resistance / N. Capote [et al.] // Plant pathology. – 2012. – Vol. 7. – P. 151–202.

85. Moricca, S. Recent Advances in the Monitoring, Assessment and Management of Forest Pathogens and Pests / S. Moricca, T. Panzavolta // Forests. – 2021. – Vol. 12 (12). – P. 1623.

86. Rapid and accurate detection of *Ceratocystis fagacearum* from stained wood and soil by nested and real-time PCR / C. P. Wu [et al.] // Forest Pathology. – 2011. – Vol. 41 (1). – P. 15–21.

87. Rapid in planta detection of *Chalara fraxinea* by a real-time PCR assay using a dual-labelled probe / R. Ioos [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2009. – Vol. 125. – P. 329–335.

88. Detection of DNA polymorphisms in a single ure-diniospore-derived culture of *Cronartium quercuum* f. sp. *fusiforme* R. L. Doudrick [et al.] // Phytopathology: New York and Baltimore Then St Paul. – 1993. – Vol. 83. – P. 388–388.

89. A sensitive real-time PCR assay for the detection of the two *Melampsora medusae* formae speciales on infected poplar leaves / A. L. Boutigny [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2013. – Vol. 136. – P. 433–441.

90. Detection of pine needle diseases caused by *Dothistroma septosporum*, *Dothistroma pini* and *Lecanosticta acicola* using different methodologies / S. Schneider [et al.] // Forest Pathology. – 2019. – Vol. 49 (2). – P. 9.

91. SCAR–based PCR primers to detect the hybrid pathogen *Phytophthora alni* and its subspecies causing alder disease in Europe / R. Ioos [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2005. – Vol. 112. – P. 323–335.

92. The epidemiology of *Phytophthora ramorum* and *P. kernoviae* at two historic gardens in Scotland / M. Elliot [et al.] // Sudden Oak Death Fifth Science Symposium. – 2013. – P. 23.

93. Development of a one-step real-time polymerase chain reaction assay for diagnosis of *Phytophthora ramorum* K. J. D. Hughes [et al.] //Phytopathology. – 2006. – Vol. 96 (9). – P. 975–981.

94. Broders, K. D. Molecular diagnostic assay for detection of the butternut canker pathogen *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* / K. D. Broders, G. J. Boland // Plant disease. – 2010. – Vol. 94 (8). – P. 952–958.

95. An effective PCR-based diagnostic method for the detection of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) in wood samples from lodgepole pine / I. Leal [et al.] // Nematology. – 2005. – Vol. 7 (6). – P. 833–842.

96. Hariharan, G. Recent advances in molecular diagnostics of fungal plant pathogens: A mini review / G. Hariharan, K. Prasannath // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2021. – Vol. 10. – 14 p.

97. Защита леса: учебно-методическое пособие / В. Б. Звягинцев [и др.]. – Минск: БГТУ, 2019 – 164 с.

98. Азовская, Н. О. *Sphaeropsis sapinea* как основной возбудитель усыхания побегов *Pinus sylverstris* L. в Беларуси / Н. О. Азовская, В. А. Ярмолович, О. Ю. Баранов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы IX Международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения проф. Н. И. Федорова, Минск-Москва-Петрозаводск, 19–24 октября 2015 г.; БГТУ [и др.]; редкол. И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2015. – С. 17–20.

99. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.

100. Сазонов, А. А. Оценка ущерба от усыхания ясенников на примере отдельных насаждений / А. А. Сазонов, В. Б. Звягинцев // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2008. – Вып. 16. – С. 362–366.

101. Генетическое разнообразие инвазивного аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. на территории Беларуси / С. В. Пантелеев [и др.] // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2020. – № 2 (234). – С. 120–129.

102. Звягинцев, В. Б. Распространение инвазивного возбудителя некроза ветвей ясеня аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* в европейской части России / В. Б. Звягинцев, Д. А. Демидко, С. В. Пантелеев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 244. – С. 88–117.

103. Моделирование ареалов распространения карантинных организмов на примере оомицета *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk / В. Б. Звягинцев [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 167–175.

104. 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: материалы Всероссийской конференции с международным участием; Иркутск-Танхой, 14–17 сентября 2015 года; СИФИБР СО РАН. – Иркутск, 2015. – С 102–104.

105. Global risks of biological invasions of phytopathogenic organisms and improvement of the quarantine monitoring system using computer modeling / V. Zviagintsev [et al.] // Reliability: Theory & Applications. – 2023. – Vol. 18. – N. S 5 (75). – P. 569–581.

106. Bulked segregant analysis identifies molecular markers linked to *Melampsora medusae* resistance in *Populus deltoides* / G. M. Tabor [et al.] // Phytopathology. – 2000. – Vol. 90. – № 9. – P. 1039–1042.

107. Rust severity in bioenergy willow plantations treated with additional nutrients / M. Toome [et al.] // Forest Pathology. – 2009. – Vol. 39. – № 1. – P. 28–34.

108. Poplar leaf rust reduces dry mass accumulation and internal nitrogen recycling more markedly under low soil nitrogen availability, and decreases growth in the following spring / F. Gortari [et al.] // Tree physiology. – 2019. – Vol. 39. – № 1. – P. 19–30.

109. Цадокс, И. К. Эпифитотиология ржавчины в Европе / И. К. Цадокс. – Москва: Изд. ВИНТИСХ, 1970. – 238 с.

110. Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle и возможности ее акклиматизации в Республике Карелия / А. А. Чалкин [и др.] // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2022. – № 1. – С. 63–75.

111. Third-stage dispersal juveniles of *Bursaphelenchus xylophilus* can resist low-temperature stress by entering cryptobiosis / L. Pan [et al.] // Biology. – 2021. – Vol. 10. – № 8. – P. 785.

Поступила в редакцию 18.09.2024

УДК 582.991.1.063.7:581.524.2+632.954:582.991.1(476)

О. В. МОЛЧАН, Т. А. СКУРАТОВИЧ

ОПАСНЫЙ АЛЛЕРГЕННЫЙ ВИД *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. В БЕЛАРУСИ: ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИИ, УГРОЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ

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

Аннотация. Амброзия полыннолистная – карантинный объект и вид подлежащий регулированию в Республике Беларусь. Несмотря на то, что в настоящее время не отмечается ее широкого распространения на всей территории Беларуси, сравнимого с экспансией борщевика сосновского или золотарника канадского, тем не менее наблюдается активная натурализация этого опасного аллергенного сорняка. Растения проходят все этапы онтогенеза от прорастания семян до цветения и плодоношения, образуют жизнеспособные семена с высокой всхожестью, что позволяет формироваться устойчивым популяциям с увеличивающимися численностью и занимаемой площадью. Отмечено постепенное распространение амброзии с придорожных полос республиканских автодорог на территории населенных пунктов, обочины грунтовых дорог и земли сельскохозяйственного назначения. В статье описаны морфологические и биологические особенности, инвазионная активность, опасность и рекомендации по контролю и предотвращению распространения амброзии полыннолистной на территории Беларуси.

Ключевые слова: *Ambrosia artemisiifolia* L., инвазивные виды, предотвращение распространения.

O. V. MOLCHAN, T. A. SKURATOVICH

DANGEROUS ALLERGENIC SPECIES *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. IN BELARUS: SELECTED BIOLOGY ASPECTS, SPREAD THREAT AND CONTROL METHODS

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

Annotation. *Ambrosia artemisiifolia* is a quarantine object and a regulated species in the Republic of Belarus. Despite the fact that currently its wide distribution throughout the territory of Belarus is not observed, comparable to the expansion of the Sosnowsky hogweed or Canadian goldenrod, nevertheless, active naturalization of this dangerous allergenic weed is observed. Plants go through all stages of ontogenesis from seed germination to flowering and fruiting, form viable seeds with high germination, which allows the formation of stable populations with increasing numbers and occupied area. A gradual spread of ragweed from the roadside strips of national highways to populated areas, the sides of dirt roads and agricultural lands has been noted. The article describes the morphological and biological features, invasive activity, danger and recommendations for control and preventing the spread of *Ambrosia artemisiifolia* on the territory of Belarus.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., invasive species, prevention of spread.

Введение

Амброзия полыннолистная (лат. *Ambrosia artemisiifolia* L., семейство Asteraceae, род *Ambrosia*) – однодомное, ветроопыляемое травянистое растение североамериканского происхождения – однолетний двудольный сорняк. *A. artemisiifolia* признана одним из самых опасных инвазивных видов в мире, включая южную и центральную Европу из-за экологических, экономических и медицинских проблем, которые создает этот вид при вторжении [1–5]. При благоприятных условиях амброзия представляет значительную угрозу биоразнообразию, поскольку может образовывать густые моновидовые заросли, вытесняя аборигенные дикорастущие растения. Мощная корневая система, надземная масса и аллелопатическая активность этого растения приводят к истощению почвы, подавлению роста и снижению урожайности культурных растений. Особенно легко внедряется амброзия в посевы яровых зерновых, пропашных культур, кормовых трав. Чаще всего загрязняются семена зерновых культур, особенно кукурузы, подсолнечника и сои, а также клевера и люцерны. На лугах и пастбищах снижается качество сена. Присутствие *A. artemisiifolia* в регионе считается серьезной проблемой для здоровья человека из-за большого количест-

ва ее высокоаллергенной пыльцы, которая может разноситься ветром на большие расстояния. В США около 26% населения сенсибилизировано к пыльце амброзии, число сенсибилизаций в Европейских странах также неуклонно возрастает [6, 7]. Именно сильное влияние пыльцы амброзии на здоровье человека является основной причиной систематического мониторинга распространения этого растения в мире.

В результате заноса из Северной Америки на новые территории (XIX–XX вв.) амброзия полыннолистная стала распространяться по Европейскому континенту [8–13]. В ряде стран расширение площади, занимаемой амброзией, стало серьезной проблемой, особенно во Франции, Италии, Венгрии, Украине и на юге России [14–17]. В настоящее время популяции амброзии продвигаются в сторону Центральной и Северной Европы [18–20]. На европейской части России отмечена натурализация и присутствие амброзии полыннолистной в зоне до 48–50° с.ш. [17]. Показано распространение вида по всей равнинной территории и особенно в юго-западной части Польши [19]. С 2004 г. Европейской организацией защиты растений (European and Mediterranean Plant Protection Organization) *Ambrosia artemisiifolia* включена в перечень инвазивных чужеродных растений [21, 22]. В Азербайджане, Казахстане, России, Украине и Узбекистане вид внесен в список вредных организмов А2, в ряде стран Европы – отнесен к регулируемым [21, 22].

В Беларуси *Ambrosia artemisiifolia* является карантинным объектом [23]. На территории нашей страны этот опасный сорняк впервые отмечен в 1973 г. около п. Пхов Мозырского района [24]. С тех пор считалось, что встречаемость единичных растений не приведет к возникновению устойчивых популяций и не несет серьезной угрозы. Только в последнее десятилетие стали изучать распространение *A. artemisiifolia*, прежде всего на территории юго-восточных регионов Беларуси [25]. В работе А. П. Гусева установлено, что на юго-востоке страны встречаются местообитания амброзии, которые в основном локализованы на обочинах автомобильных дорог (82,4%) и насыпях железнодорожных путей (6,2%), а также на пустырях в населенных пунктах (11,8%) [25]. Наши наблюдения показали, что в последние годы отмечается явное увеличение скорости, количества мест, а также площади распространения данного вида [25, 26]. При этом мало известно о присутствии амброзии в других регионах Беларуси. Таким образом, хотя амброзия полыннолистная в настоящее время не распространена на территории нашей страны в больших масштабах, следует предположить, что этот вид может представлять значительную угрозу в будущем, как это уже произошло в некоторых других регионах Европы.

С учетом вышеизложенного, основные задачи настоящей работы – изучение отдельных аспектов биологии *Ambrosia artemisiifolia* L., важных с точки зрения оценки угрозы формирования устойчивых популяций, а также разработка эффективных мер контроля и предотвращения ее распространения.

Объекты (материалы) и методы исследования

Объекты исследования. С 2019 по 2023 гг. исследовали растения из 3-х популяций *Ambrosia artemisiifolia:* на территории г. Гомеля (прилегающая территория вдоль автодороги Р-150), Добрушского района Гомельской области (прилегающая территория вдоль автодороги М-10, включая участки земель с.-х назначения) и Воложинского района Минской области (территория, прилегающая к железнодорожной станции). В течение вегетационного периода с апреля по ноябрь с 2019 по 2023 гг. проводили наблюдение за популяциями и эксперименты в полевых условиях. Поскольку *A. artemisiifolia* является карантинным объектом, хранение и работу с семенами в лаборатории выполняли с соблюдением условий, исключающих возможность их распространения.

Всхожесть семян. Семена проращивали в чашках Петри на смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаге при +20°С в темноте или на свету при 16 часовом фотопериоде, без либо с предварительной стратификацией при +4°С в течение 20 сут. Прорастание оценивали в течение трех недель. Дополнительно весной в полевых условиях в разных местах обитания проводили наблюдения за появлением всходов.

Оценка действия гербицидов. Использовали растения, семена которых собраны на территории г. Гомеля, выращенные в лабораторных условиях при 16-часовом фотопериоде, уровне ППФ (плотность потока фотонов) 270 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$, температуре +25°С и относительной влажности воздуха 70%. Пластиковые контейнеры объемом 200 мл заполняли почвогрунтом и высаживали проростки амброзии в количестве 1 шт. / контейнер. Влажность корнеобитаемой среды поддерживали на уровне полевой влагоемкости. При длительном выращивании растения поливали раствором ½ МС (Мурасиге-Скуга). Для обработки использовали действующие вещества гербицидов 2,4-Д, клопиралид, глифосат (Sigma, США) и коммерческие препараты, разрешенные к применению на территории Беларуси. Кон-

трольные варианты опрыскивали дистиллированной водой. Через месяц после обработки оценивали накопление растениями сухой массы.

В полевых условиях закладывали учетные делянки размером 1 м^2 в трехкратной повторности и проводили оценку численности растений амброзии. Гербицидами обрабатывали в сухую и тихую погоду согласно инструкций по их применению. Рабочие растворы препаратов готовили непосредственно перед обработкой. Для определения эффективности гербицидов оценивали снижение числа растений амброзии в процентах к исходному количеству через 1 месяц после обработки.

Рассчитывали эффективность гербицида (Э), % по формуле [27]:

$$Э = ((C - B) / C) \times 100,$$

где,
С – масса или количество растений амброзии на 1 м^2 до обработки,
В – масса или количество растений амброзии на 1 м^2 после обработки.

Статистическая обработка данных. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Excel. Данные на гистограммах представлены в виде средних арифметических значений со стандартным отклонением. Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В данной работе морфологические и биологические характеристики растений *Ambrosia artemisiifolia*, распространенных на территории Беларуси, описаны впервые. Исследования проводили в течение 2019–2023 гг. на территории г. Гомель, в Добрушском и Воложинском районах. В популяциях, обнаруживаемых на территории нашей страны отмечены некоторые особенности морфологии и биологии растений амброзии, хотя основные морфометрические параметры сходны с описанными ранее для других регионов [28, 29]. Для *A. artemisiifolia* в наблюдаемых нами местообитаниях характерна высокая фенотипическая пластичность. В зависимости от условий произрастания высота растений в фазах бутонизации и цветения варьировала (рис. 1) от 15–20 см на сухих и бедных почвах до 1,5 м при благоприятных условиях (высокий уровень инсоляции + скорее всего, богатая питательными веществами и/или увлажненная почва, а также отсутствие конкурентных видов и должных мер борьбы). Стебель ветвящийся, причем степень ветвистости также зависит от внешних условий, особенно уровня инсоляции. Корень стержневой – от 10–20 см до 50–70 см. В то же время по литературным данным растения амброзии могут достигать 2–2,5 м, а корень – проникать в почву на глубину 4 м [27].



Рис. 1. *Ambrosia artemisiifolia* на прилегающей территории вдоль автодороги Р-150 г. Гомеля

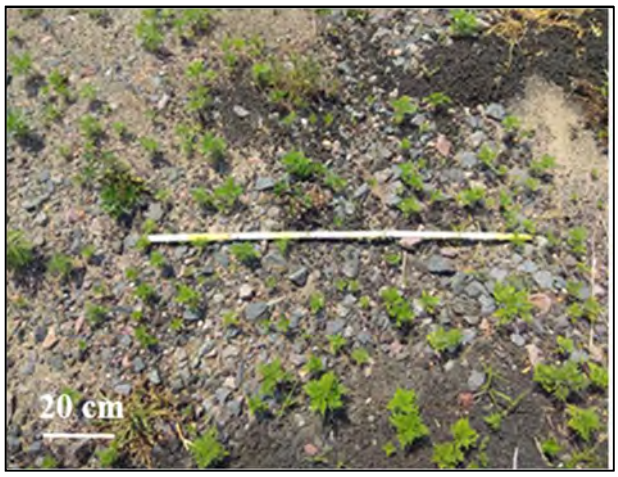
Fig. 1. *Ambrosia artemisiifolia* in the adjacent area along the P-150 highway in Gomel

Листья длиной 3–15 см, одно или дважды перисторассеченные, в нижней части стебля – супротивные, черешковые, в средней – очередные, в верхней – короткочерешковые или сидячие, нижняя часть листовой пластинки с коротким опушением. Каких-либо ярко выраженных фенотипических отличий надземной части растения от описываемых в литературе признаков не отмечено.

В 3-х наблюдаемых местообитаниях растения амброзии с 2019 по 2023 гг. проходили все стадии развития от прорастания семян до цветения и плодоношения (рис. 2). Фаза всходов наблюдалась в апреле-мае, период цветения приходился на июль-август, осыпание плодов и отмирание растений – на октябрь-ноябрь. *Ambrosia artemisiifolia* – однодомное растение. Мужские цветки (2–5 мм), желтого цвета, собраны в корзинки, которые образуют колосовидные соцветия длиной до 10–15 см (см. рис. 2). Цветение обычно начиналось в июле-августе и могло длиться более 2 месяцев. Женские одно- или двухцветковые корзинки располагаются в пазухах листьев или у основания мужских соцветий, в яйцевидной обертке, которая твердеет при созревании семян. Женские цветки начинали цвести в среднем через две недели после мужских.

Амброзия – ветроопыляемое растение и ее пыльца – один из самых опасных пыльцевых аллергенов в мире, включая южную и центральную Европу [1–5, 30, 31]. Выделение большого количества пыльцы обуславливает эффективная система ее выброса. Поверхность пыльцевых зерен диаметром 18–20 мкм покрыта невысокими шипиками (рис. 3). По данным литературы в одном цветке может содержаться около 7000 пыльцевых зерен, поэтому с 1 мужского соцветия разлетается 119 тысяч пыльцевых зерен [32]. Пыльца амброзии распространяется на большие расстояния и вызывает аллергические симптомы даже при низких концентрациях 10–20 пыльцевых зерен/м^3 воздуха [33, 34].

Вегетативное размножение амброзии не свойственно, вид размножается односеменными плодами в обертке (рис. 4А). Ложный плод амброзии, семянка – яйцевидной формы, 2–3 мм х 1,8–2,0 мм, с 5–7 мелкими коническими шипиками вокруг верхней части и одним крупным (длиной около 0,5–1 мм) в центре, с матовой поверхностью, желтоватого, оливково-серого или серо-коричневого цвета в сетчатых жилках, иногда с темными пятнами (см. рис. 4А). Семена широкояйцевидные, заостренные, с беловато-зеленой, слабо жилковатой поверхностью [29, 35].



Фаза всходов



Фаза бутонизации



Фаза цветения

Рис. 2. Стадии развития *Ambrosia artemisiifolia* (на прилегающей территории вдоль автодороги Р-150 г. Гомеля)

Fig. 2. Stages of development of *Ambrosia artemisiifolia* (in the adjacent area along the P-150 highway in Gomel)

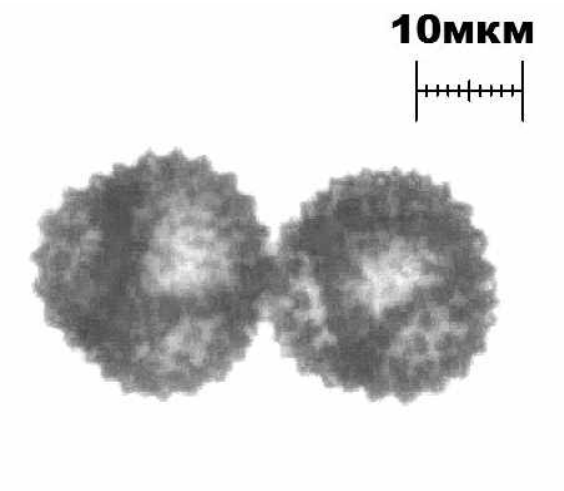


Рис. 3. Микроскопическое изображение типичных пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* (собраны в 2022 г. в Добрушском районе Гомельской области на прилегающей территории вдоль автодороги М-10).
Инвертированный микроскоп Kern DBS-400 (Kern & Sohn, Германия), камера Invenio SSIII (DeltaPix, Дания). Съемка и анализ изображений – в программе DeltaPix Insight.

Fig. 3. Microscopic image of typical ragweed pollen grains (collected in 2022 in the Dobrush district of the Gomel region in the adjacent territory along the M-10 highway.)
Inverted microscope Kern DBS-400 (Kern & Sohn, Germany), camera Invenio SSIII (DeltaPix, Denmark). Shooting and analyzing images – in the DeltaPix Insight program.

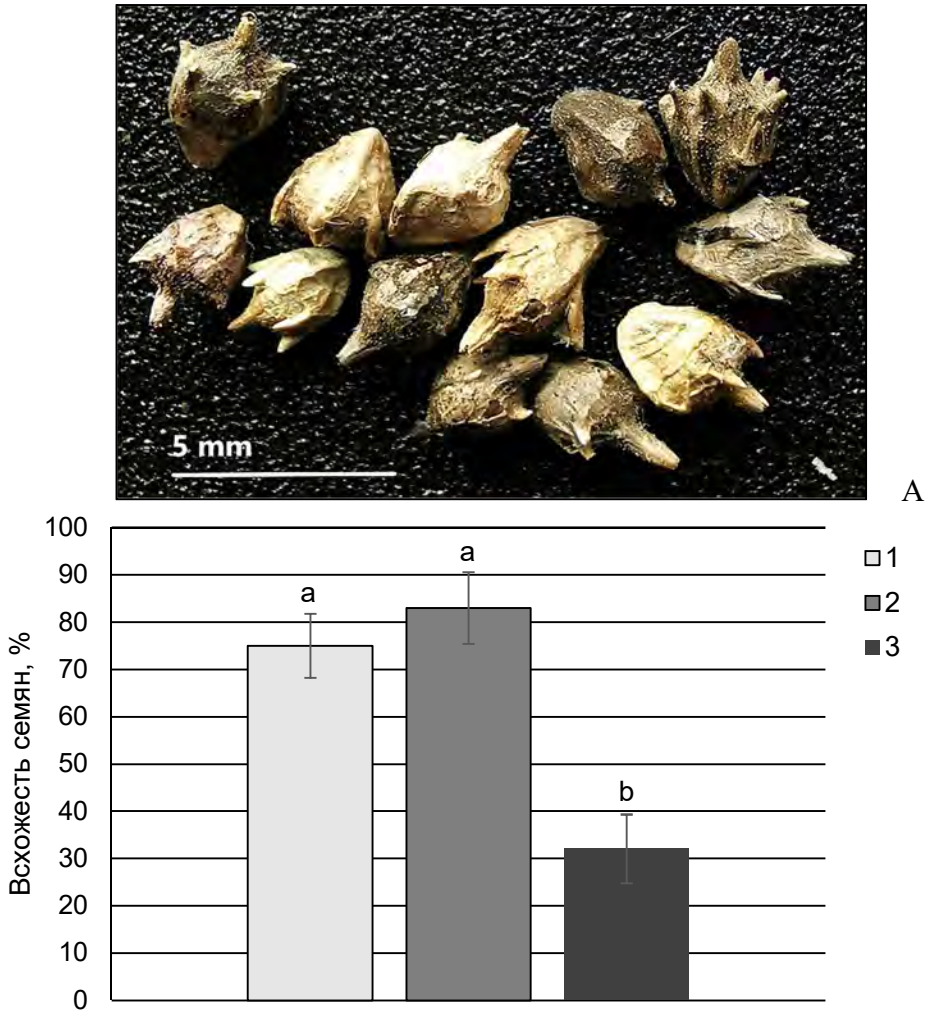
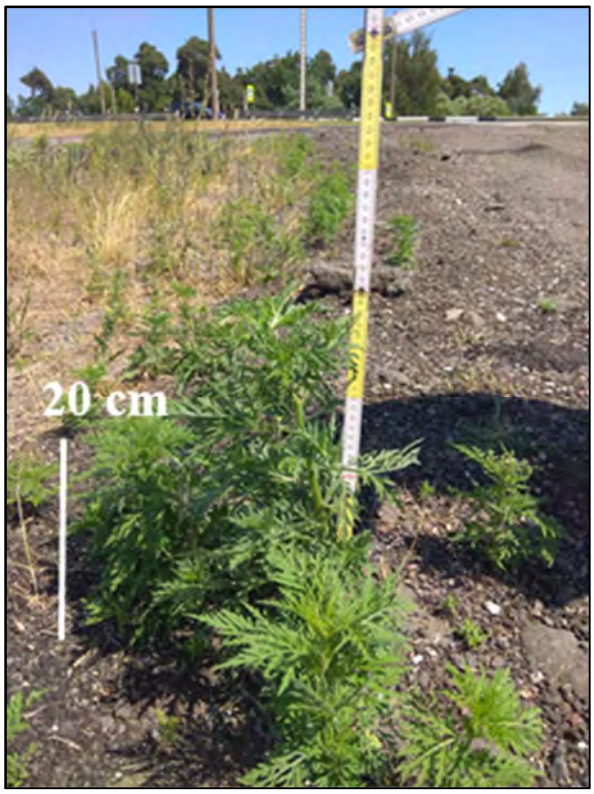


Рис. 4. А – Плоды *Ambrosia artemisiifolia* (собраны в Добрушском районе в 2022 г.).
Б – Всхожесть семян *A. artemisiifolia*, собранных на территории Беларуси (1 – г. Гомель (прилегающая территория вдоль автодороги Р-150), 2 – Добрушский район Гомельской области (прилегающая территория вдоль автодороги М-10), 3 – Воложинский район Минской области (территория, прилегающая к железнодорожной станции)). Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при $p \leq 0,05$

Fig. 4. A – Fruits of *Ambrosia artemisiifolia* (collected in the Dobrush district in 2022).
Б – Germination of seeds of *A. artemisiifolia* collected on the territory of Belarus
(1 – Gomel (adjacent territory along the P-150 highway), 2 – Dobrush district of Gomel region (adjacent territory along the M-10 highway), 3 – Volozhinsky district of the Minsk region (territory adjacent to the railway station)).
Different letters indicate significantly different variants at $p \leq 0.05$

Оценка прорастания свежесобранных семян (г. Гомель, октябрь) в лабораторных условиях показала, что без воздействия внешних стимулов всхожесть в ноябре-январе составляла в среднем 3,75±0,63%, освещение повышало уровень прорастания до 17,5±1,61%, а стратификация – до 56,25%. В то же время в июле следующего года всхожесть семян достигала уже 22,5±3,39% (темнота), 41,25% ±6,24 (свет) и 80,1±3,75% (стратификация). Всхожесть семян амброзии полынолистной в зависимости от региона варьировала от 32±7,3% до 83±7,6%. (рис. 4Б). Семенная продуктивность растений амброзии на территории Беларуси составляла в среднем от 115 до 170 шт./растение (для растений высотой 30–50 см), от 400 до 2300 шт./растение (для растений высотой 80–100 см) и от 9100 до 13550 шт./растение (для растений высотой 130–140 см). Следует заметить, что для популяций амброзии, наблюдаемых в Центральной Европе, отмечается более высокая продуктивность – 3000–62000 семян/растение и сохранение их жизнеспособности в почве более 30 лет [36].

Семена амброзии не приспособлены для переноса ветром или животными, поэтому естественными путями распространяются достаточно медленно: с водой по рекам и оросительным каналам, в т.ч. во время сильных дождей, половодья, а также ветром (в зимний период) и птицами. Основной способ распространения семян – деятельность человека. Амброзия переносится при транспортировке засоренной сельскохозяйственной продукции, с семенным и другим растительным материалом, с почвой и грунтами, с карпологическими коллекциями и гербариями. Поэтому неудивительно, что большая часть местонахождений амброзии фиксируется в Беларуси вдоль автомобильных и железных дорог (рис 5). Дальнейшее распространение с зараженных семенами территорий может происходить путем переноса семян колесами различных транспортных средств. Амброзия хорошо приспосабливается к разнообразным условиям обитания, поэтому достаточно быстро распространяется вдоль обочин дорог, в нарушенных ландшафтах, на рудеральных территориях, строительных площадках, полигонах ТБО, имеет большой потенциал для распространения в населенных пунктах в результате случайной интродукции. Продвигаясь дальше, амброзия занимает все большие площади, постепенно заселяет близлежащие территории в населенных пунктах, обочины грунтовых дорог и земли сельскохозяйственного назначения. Факторов, ограничивающих распространение не много, среди них – недостаточная освещенность и сомкнутый травостой.



г. Гомель (прилегающая территория вдоль автодороги Р-150, 2021 г.)



Воложинский р-н Минской области (территория, прилегающая к железнодорожной станции, 2023 г.)

Рис. 5. *Ambrosia artemisiifolia* на территории г. Гомеля и Воложинского р-на Минской обрасти

Fig. 5. *Ambrosia artemisiifolia* on the territory of Gomel and the Volozhin district, Minsk region

При вторжении на земли сельскохозяйственного назначения, что уже отмечено на территории Беларуси (рис. 6), далее происходит перенос с семенами выращиваемых культур, транспортом, с.-х техникой. Скорость распространения увеличивает высокая регенерационная способность амброзии, быстрое образование боковых побегов после скашивания, и дополнительный перенос семян с транспортом, используемым для кошения. Сегодня серьезного внимания из-за расширения площади популяций амброзии требуют придорожные территории с нарушенным или разреженным растительным покровом. Так, площадь распространения амброзии на участке г. Гомеля (автодорога Р150) увеличилась с 0,7 га в 2019 г [25, 26] до 2,9 га в 2023 г. И если в 2019 г. максимальная высота растений амброзии, растущих на этом участке составляла 50–60 см, то в 2023 г. там уже обнаруживались экземпляры высотой 120–140 см и с более высокой семенной продуктивностью.

Таким образом, в результате переноса по различным путям сообщения, *Ambrosia artemisiifolia* L. может поселяться в разных локациях, быстро приспосабливаться к климатическим условиям Беларуси, образовывать большое количество жизнеспособных семян и формировать устойчивые популяции. В настоящее время амброзия чаще всего встречается в юго-восточной части страны, преимущественно в Гомельской области. Мало известно о ее распространении в других регионах Беларуси. И хотя она пока не распространена в больших масштабах, можно предположить, что этот вид может стать очень инвазивным в будущем, как это уже произошло в некоторых других регионах Европы. Активное увеличение площади и количества популяций амброзии в последнем десятилетии в значительной степени связано с климатическими факторами. Изменение климатических условий на территории Беларуси (повышение зимних и летних температур, увеличение вегетационного периода) приводит к ускорению ростовых процессов, увеличению выживаемости (объема банка и жизнеспособности семян) и продуктивности пыльцы этого опасного растения. Поэтому задачей первостепенной важности является выявление новых заражений, ликвидация недавно выявленных популяций, включая первичные очаги, определение границ заражённых зон и предотвращение дальнейшего распространения амброзии там, где полная ликвидация уже невозможна. Своевременная разработка и использование эффективных мер контроля и принимаемых мер позволит эффективно бороться с угрозой экспансии амброзии полыннолистной и значительно сэкономить трудовые и финансовые ресурсы. Поскольку хорошо известно, что раннее обнаружение и предотвращение распространения любого инвазивного организма – более эффективные и менее затратные подходы, чем контроль и управление популяциями при экспансии.

Специальных мер борьбы с амброзией полыннолистной в республике до настоящего времени не разрабатывалось. К основным методам борьбы, используемым в мире, относят агротехнические (чередование культур, обработка почвы, уход за посевами и др.), биологические (ис-



В посевах ржи (Добрушский р-н Гомельской области (прилегающая территория вдоль автодороги М-10, 2020 г.)

Рис. 6. Вторжение *Ambrosia artemisiifolia* L. на земли с.-х назначения

Fig. 6. Invasion of *Ambrosia artemisiifolia* L. onto agricultural land

пользование насекомых – полосатый листоед, листовертка, совка и др.), карантинные, химические. Одной из задач данной работы была оценка действия действующих веществ и коммерческих препаратов гербицидов, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [37].

Рост амброзии полыннолистной в различной степени подавляют более 50 различных гербицидов [38]. При этом отмечены устойчивые к гербицидам популяции [39]. Для оценки эффективности различных гербицидов предварительно проведено несколько серий экспериментов в лабораторных условиях. На рис. 7 – внешний вид растений амброзии полыннолистной через 21 сут после обработки 2,4-Д в фазе 2-х пар настоящих листьев. При проведении весового учета установлено, что только в результате применения 2,4-Д в концентрации 10^{-3}М эффективность действия составила 89%. Гербицид 2,4-Д в концентрации 10^{-6}, 10^{-5} и 10^{-4}М угнетающего эффекта на рост и физиологическое состояние растений амброзии не оказывал.

Результаты исследования влияния 2,4-Д, глифосата и клопиралида, действующих веществ многих коммерческих гербицидов, на рост амброзии полыннолистной показали, что максимальной их эффективность была при наличии у сорняка 1–2 пар листьев в момент обработки (рис. 8). С увеличением количества пар листьев (до 8) эффективность всех исследуемых гербицидов снижалась. Таким образом, очевидно, что амброзия полыннолистная наиболее чувствительна к гербицидам в фазе 1–2 пары листьев, что необходимо учитывать при разработке методов борьбы с сорняком.

Также исследовано действие коммерческих препаратов и их баковых смесей на амброзию при наличии 8 пар листьев (высота растений 15-25 см) из перечня разрешенных к применению на территории Республики Беларусь на основе действующих веществ: 2,4-Д кислота (Балерина), глифосат (Торнадо), метсульфурон-метил (Магнум), триасульфурон + дикамба кислота (Линтур) (рис. 9). Согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений рекомендуемые дозы применения гербицидов на землях не сельскохозяйственного использования составляют для гербицида Балерина 2 – 4 л/га, Линтур – 0,18 кг/га, Магнум – 40–300 г/га, Торнадо 4 – 6 л/га [37]. В нашей работе установлено, что самой высокой эффективностью обладают следующие баковые смеси со сниженными дозами препаратов: Торнадо 0,3 л/га + Линтур 0,12 кг/га; Торнадо 0,5 л/га + Магнум 20 г/га; Торнадо 0,5 л/га + Балерина 0,15 л/г) (см. рис. 9). Таким образом, очевидно, что данный подход позволяет существенно уменьшить дозы применяемых гербицидов для борьбы с амброзией.

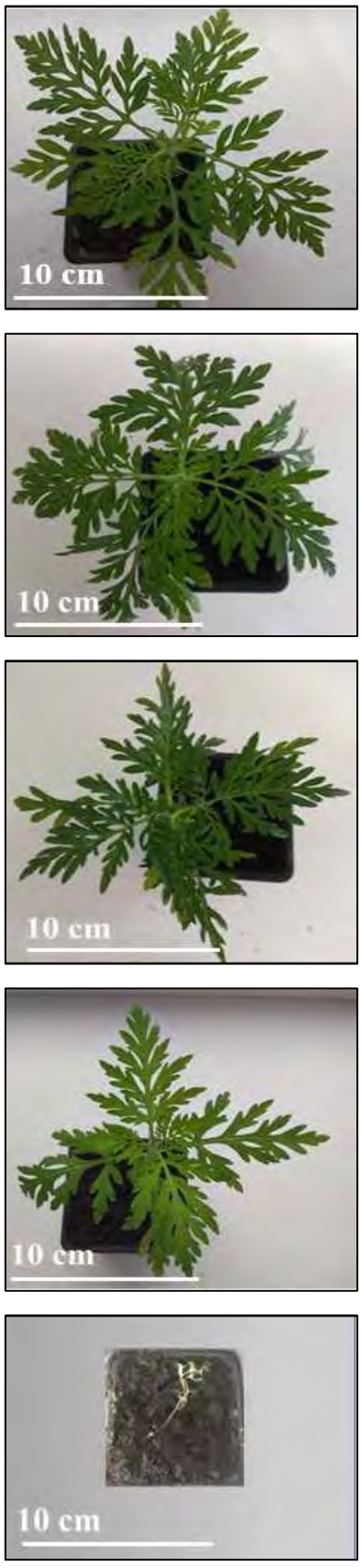


Рис. 7. Влияние 2,4-Д на *Ambrosia artemisiifolia* L. через 21 сутки после обработки в фазе 2-х пар настоящих листьев

Fig. 7. Effect of 2,4-D on *Ambrosia artemisiifolia* L. 21 days after treatment in the phase of the 2nd pair of true leaves

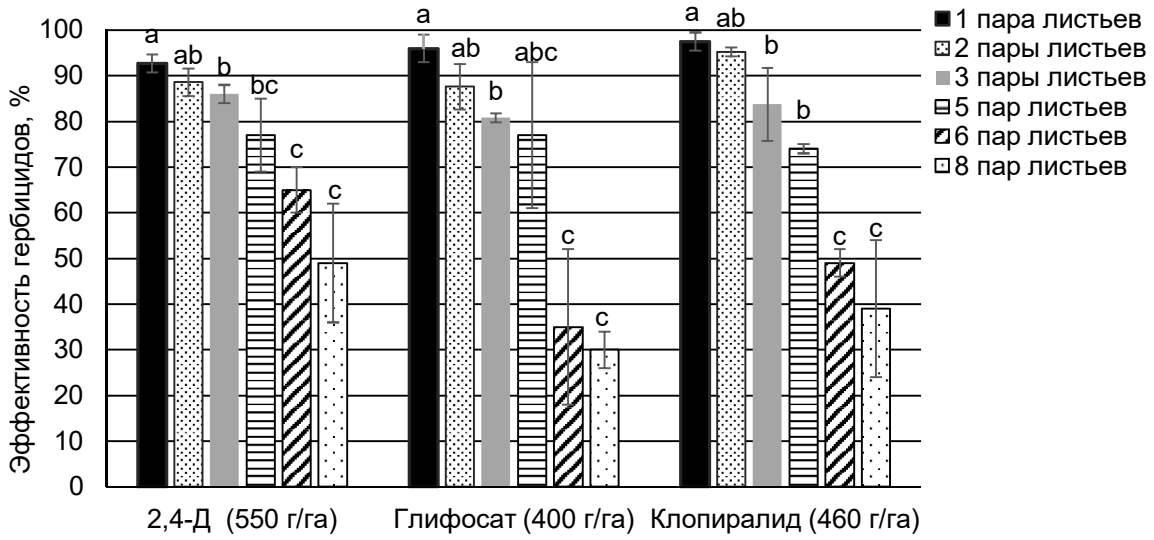


Рис. 8. Оценка эффективности действия в лабораторных условиях 2,4-Д (550 г/га), глифосата (400 г/га) и клопиралида (460 г/га) на растения *Ambrosia artemisiifolia* L.
Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при p≤0,05

Fig. 8. The effectiveness of 2,4-D (550 g/ha), glyphosate (400 g/ha) and clopyralid (460 g/ha) against *Ambrosia artemisiifolia* L.
Different letters indicate significantly different variants at p≤0.05

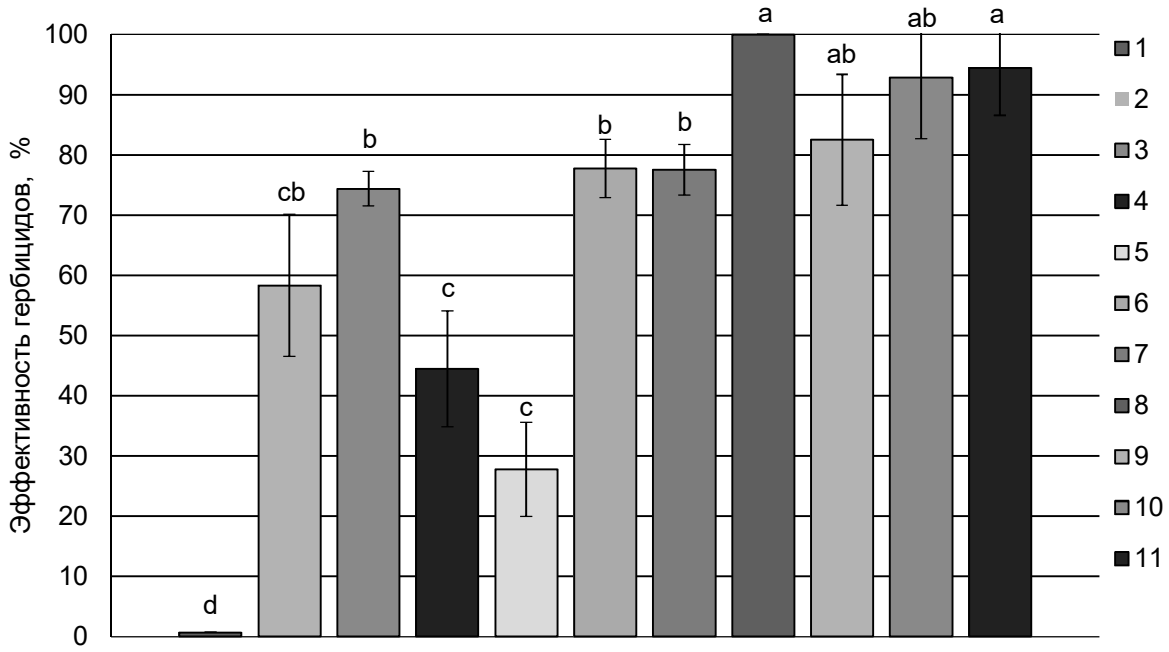


Рис. 9. Оценка эффективности действия в лабораторных условиях коммерческих препаратов гербицидов и их баковых смесей на растения *Ambrosia artemisiifolia* L.
1 – Контроль; 2 – Линтур 0,12 кг/га; 3 – Линтур 0,14 кг/га; 4 – Магнум 20 г/га; 5 – Балерина 0,15 л/га; 6 – Балерина 0,15 л/га + Магнум 20 г/га; 7 – Торнадо 0,3 л/га; 8 – Торнадо 0,3 л/га + Линтур 0,12 кг/га; 9 – Торнадо 0,5 л/га; 10 – Торнадо 0,5 л/га + Магнум 20 г/га; 11 – Торнадо 0,5 л/га + Балерина 0,15 л/г
Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при p≤0,05

Fig. 9. Assessment of the effectiveness of herbicides and their mixtures to suppress the growth of *Ambrosia artemisiifolia* L.
1 – Control; 2 – Lintur 0.12 kg/ha; 3 – Lintur 0.14 kg/ha; 4 – Magnum 20 g/ha; 5 – Ballerina 0.15 l/ha; 6 – Ballerina 0.15 l/ha + Magnum 20 g/ha; 7 – Tornado 0.3 l/ha; 8 – Tornado 0.3 l/ha + Lintur 0.12 kg/ha; 9 – Tornado 0.5 l/ha; 10 – Tornado 0.5 l/ha + Magnum 20 g/ha; 11 – Tornado 0.5 l/ha + Ballerina 0.15 l/ha
Different letters indicate significantly different variants at p≤0.05

Для проведения полевых опытов по оценке действия коммерческих препаратов гербицидов на рост амброзии полыннолистной заложены 28 учетных делянок в Гомеле, Добрушском и Минском районах. Протестированы гербициды и их баковые смеси, которые показали высокую эффективность в лабораторных условиях. При обработке амброзии в фазу вегетации (1–4 пар листьев) самыми эффективными оказались следующие баковые смеси гербицидов со сниженными нормами расхода препаратов: Торнадо 0,3 л/га + Линтур 0,12 кг/га; Торнадо 0,5 л/га + Магнум 20 г/га; Торнадо 0,5 л/га + Балерина 0,15 л/га. Эффективность их действия составила 98–99% (рис. 10). Применение глифосатсодержащего препарата Торнадо с нормой расхода препарата 2 л/га оказалось менее эффективным по сравнению с перечисленными выше баковыми смесями. Важно также отметить, что при обработке растений в период цветения эффективность снижалась до 38–50%.

В результате проведенных в 2019–2023 гг. исследований разработаны:

– Ассортимент экологически безопасных препаратов, разрешенных к применению на территории Беларуси, ингибирующих рост *Ambrosia artemisiifolia;*

– Методические указания и рекомендации по предотвращению распространения *Ambrosia artemisiifolia* на территории Беларуси;

– Научное обоснование необходимости внесения изменений в приложение к постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 7 декабря 2016 г. № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений».

С 2021 г. – Постановлением Совета Министров Республики Беларусь «Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 21 апреля № 509 и от 7 декабря 2016 г. № 1002» от 19 июля 2021 г. № 413 амброзия полыннолистная включена в перечень видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию.

Совместно с сотрудниками Главной государственной инспекции по семеноводству, каран тину и защите растений разработаны «Изменения в ТКП 17.05-03-2020 (33140) «Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного, амброзии полынно листной и других инвазивных растений) различными методами» (введены в действие постанов-

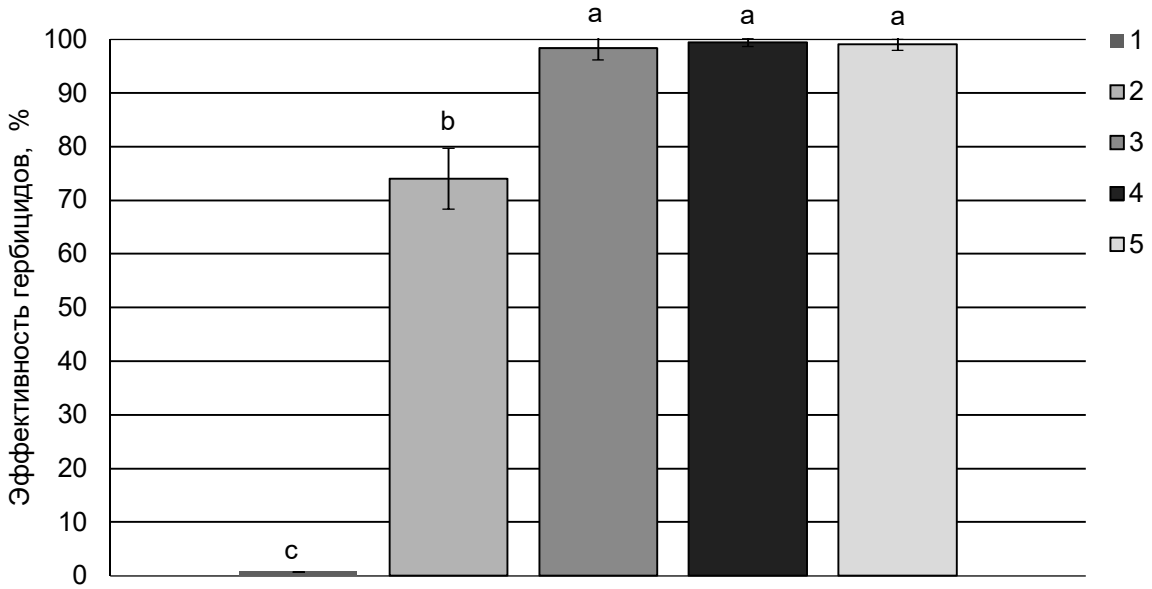


Рис. 10. Оценка эффективности действия гербицидов и их баковых смесей для подавления роста *Ambrosia artemisiifolia* L. в полевых условиях:
1 – Контроль; 2 – Торнадо 2 л/га; 3 – Торнадо 0,3 л/га + Линтур 0,12 кг/га;
4 – Торнадо 0,5 л/га + Магнум 20 г/га; 5 – Торнадо 0,5 л/га + Балерина 0,15 л/га
Разными буквами обозначены достоверно различающиеся варианты при $p \leq 0,05$

Fig. 10. Assessment of the effectiveness of herbicides and their mixtures to suppress the growth and development of *Ambrosia artemisiifolia* L. under field conditions:
1 – Control; 2 – Tornado 2 l/ha; 3 – Tornado 0.3 l/ha + Lintur 0.12 kg/ha;
4 – Tornado 0.5 l/ha + Magnum 20 g/ha; 5 – Tornado 0.5 l/ha + Ballerina 0.15 l/ha
Different letters indicate significantly different variants at $p \leq 0.05$

ление министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29.12.2023 № 19-Т). Далее приведены основные требования по предотвращению распространения *Ambrosia artemisiifolia* на территории Беларуси:

Установление карантинного режима и реализация карантинных фитосанитарных мероприятий в карантинной фитосанитарной зоне по амброзии полыннолистной

При выявлении заражения территории карантинным объектом амброзией полыннолистной государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» и (или) его территориальные организации определяют границы карантинной фитосанитарной зоны и условия карантинного режима, вносят представление в местный исполнительный и распорядительный орган об установлении карантинного режима [23].

На основании представления государственного учреждения «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» и (или) его территориальных организаций местный исполнительный и распорядительный орган в сроки, указанные в представлении, принимают решение об установлении карантинного режима.

В карантинной фитосанитарной зоне государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» и (или) его территориальные организации организуют реализацию карантинных фитосанитарных мероприятий, а местные исполнительные и распорядительные органы принимают необходимые меры по обеспечению установленного карантинного режима.

В целях обеспечения карантинного режима по амброзии полыннолистной в карантинной фитосанитарной зоне устанавливаются карантинные фитосанитарные мероприятия:

– начиная с мая проводить регулярные обследования с целью раннего обнаружения растений амброзии полыннолистной;

– складировать отдельно урожай, собранный в карантинной фитосанитарной зоне;

– не использовать зараженные участки земли для выращивания семенного материала;

– семенной материал, выращенный в карантинной фитосанитарной зоне, запрещен к высеву;

– проводить химическую обработку гербицидами согласно Государственного реестра средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь;

– обработку растений амброзии полыннолистной гербицидами следует проводить в сухую погоду. При выборе сроков обработки необходимо учитывать, что амброзия полыннолистная наиболее чувствительна к гербицидам при наличии 1-4 пар листьев. Эффективность гербицидов и их баковых смесей снижается до 38-50% с увеличением возраста растений, и требуются более высокие нормы расхода препаратов. Также обработки до начала цветения позволяют избежать образования пыльцы, семян и дальнейшего распространения амброзии полыннолистной;

– проводить механическую борьбу до цветения: ручную прополку (выдергивание) или скашивание с последующим сжиганием и захоронением в случае обнаружения единичных растений или небольших популяций. В случае обнаружения крупных популяций рекомендуется проводить низкое скашивание предпочтительно перед цветением (высота скашивания 2–5 см) в сочетании с обработкой гербицидами отрастающих растений; на неровных участках после кошения тракторными косилками провести контроль и при необходимости докосить триммером;

– в период активной вегетации необходимо ежемесячно контролировать наличие всходов амброзии полыннолистной на участках, где ранее амброзия обнаруживалась и/или были проведены мероприятия по ее уничтожению, поскольку при благоприятных условиях могут дополнительно появляться более поздние всходы. При поздних всходах растения амброзии способны развиваться ускоренными темпами и продуцировать жизнеспособные семена до окончания вегетационного периода. При обнаружении новых всходов необходимо проводить мероприятия по уничтожению амброзии повторно;

– уничтожать растительные остатки методом сжигания или захоронения в фитосанитарные ямы, глубиной не менее 1,0 м, учитывая правила экологической безопасности на территории Республики Беларусь;

– запретить вывоз почвы и грунта из карантинной фитосанитарной зоны;

– запретить вывоз отходов после очистки подкарантинных объектов от амброзии полыннолистной на свалки и т.д.;

– не проводить выпас сельскохозяйственных животных в карантинной фитосанитарной зоне;

– не использовать в качестве удобрения неперепревший навоз, содержащий семена амброзии полыннолистной;

– тщательно очищать инвентарь, транспортные средства, тару, использованные при уборке, очистке, транспортировке и хранении засоренной амброзией полыннолистной территории.

Заключение

Хотя в настоящее время не отмечается широкого распространения *Ambrosia artemisiifolia* на всей территории Беларуси, сравнимого с экспансией борщевика сосновского или золотарника канадского, тем не менее наблюдается образование этим опасным видом натурализовавшихся, устойчивых популяций с увеличивающимися численностью и занимаемой площадью. Растения проходят все этапы онтогенеза от прорастания семян до цветения и плодоношения, образуют жизнеспособные семена с высокой всхожестью. Можно прогнозировать, что высокая фенотипическая пластичность, конкурентоспособность, устойчивость, а также происходящие изменения климата и развитие транзитных коридоров, обеспечивающих транспорт, торговлю и туризм, позволят амброзии полыннолистной, при условии отсутствия контроля и принимаемых мер, натурализоваться в различных условиях и регионах и формировать устойчивые популяции. В качестве первоочередных задач видится изучение биологии вида, оценка особенностей и возможностей его адаптации к условиям различных регионов Беларуси для прогнозирования распространения, проведение надежных региональных исследований, регулярная инвентаризация мест произрастания и транспортных коридоров, применение эффективных мер контроля и своевременного предотвращения распространения с привлечением внимания госорганов и населения.

Благодарности

Исследования проведены при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ в рамках ОНТП «Интродукция, озеленение, экобезопасность» на 2016–2020 гг., Задание 2.2.7 «Оценить инвазионный потенциал и разработать способы предотвращения распространения Ambrosia artemisiifolia L. в Беларуси» и ОНТП «Интродукция и инвазии» на 2021–2025 гг., Задание 3.2.1 «Разработать и внедрить экологически безопасные и эффективные способы регулирования распространения и численности эхиноцистиса лопастного (Echynocystis lobata (Michx.) Torr.et Gray) и амброзии полыннолистной (Ambrosia artemisiifolia L.) на территории Беларуси». Научное обоснование необходимости внесения изменений в приложение к постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 7 декабря 2016 г. № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений» разработано совместно с сектором кадастра растительного мира ИЭБ НАН Беларуси. Изменения в ТКП 17.05-03-2020 (33140) «Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений (борщевика сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных растений) различными методами» разработаны в сотрудничестве с Государственным учреждением «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений».

Литература

1. Laaidi, M. Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France) / M. Laaidi, M. Thibaudon, J. Besancenot // Int. J. Biometeorol. – 2003. – Vol. 48. – P. 65–73.

2. Meteorological variables connected with airborne ragweed pollen in Southern Hungary / L. Makra [et al.] // Int. J. Biometeorol. – 2004. – Vol. 49. – P. 31–41.

3. Variation in ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen concentration in Central Croatia / R. Peternel [et al.] // Ann Agric. Environ Med. – 2005. – Vol. 12. – P. 11–16.

4. Peternel, R. Airborne ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen content in the city of Zagreb and implications on pollen allergy / R. Peternel, S. M. Milanovic, L. Srnec // Ann Agric. Environ Med. – 2008. Vol. 15, № 1. – P. 125–130.

5. Multicenter investigation to assess the prevalence of ambrosia pollen allergy in Tuscany / S. Testi [et al.] // J. Allergy Clin. Immunol. – 2009. – Vol. 19, № 3. – P. 237–252.

6. Prevalences of positive skin test responses to 10 common allergens in the US population: results from the third National Health and Nutrition Examination Survey / S. J. Arbes [et al.] // J Allergy Clin Immunol. – 2005. – Vol. 116. – P. 377–83.

7. Ragweed sensitization in Europe – GA(2)LEN study suggests increasing prevalence / G. J. Burbach [et al.] // Allergy. – 2009. – Vol. 64. – P. 664–665.

8. The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records / B. Chauvel [et al.] // Journal of Biogeography. – 2006. – Vol. 33. – P. 665–673.

9. Major emerging alien plants in Austrian crop fields / S. Follak [et al.] // Weed Research. – 2017. – Vol. 57. – P. 406–416.

10. *Ambrosia artemisiifolia* in the Czech Republic: history of invasion, current distribution and prediction of future spread / H. Skálová [et al.] // Preslia. – 2017.– Vol. 89. – P. 1–16.

11. Rivers of *Ambrosia artemisiifolia* abundance in arable fields along the Austrian Hungarian border / G. Pinke [et al.] // Preslia. – 2019. – Vol. 91. – P. 369–389.

12. Distribution of invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* L. in Croatia / N. Galzina [et al.] // Agriculturae Conspectus Scientificus. – 2010. – Vol. 75. – P. 75– 81.

13. History of introduction and distribution of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in the European part of the Russian Federation and in the Ukraine / A. N. Afonin [et al.] // EPPO Bulletin. – 2018. – Vol. 48. – P. 266–273.

14. Distinct invasion sources of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Eastern and Western Europe / P. Gladieux [et al.] // Biol. Invasions. – 2011. – Vol. 13. – P. 933–944.

15. Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). A review with special regards to the results in Hungary. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy / G.Kazinczi [et al.] // Herbologia. – 2008. – Vol. 9. – P. 55–91.

16. Gene flow and population admixture as the primary post-invasion processes in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in France / Y. J. Chun [et al.] // New Phytol. – 2005. – Vol. 185. – P. 1100–1107.

17. Афонин, А. Н. Характеристика частоты встречаемости и обилия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в связи с оценкой потенциала ее распространения на европейской территории России / А. Н. Афонин, Ю. А. Федоров, Ю. С. Ли // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2019. – № 2. – С. 1–9.

18. A process-based approach to predicting the effect of climate change on the distribution of an invasive allergenic plant in Europe / J. Storkey [et al.] // PLoS One. – 2014. – Vol. 9 (2), e88156. [Electronic resource]. – Mode of access: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0088156. – Date of access: 28.05.2024.

19. Allergenic invasive plant *Ambrosia artemisiifolia* L. in Poland: threat and selected aspects of biology / B. Tokarska-Guzik [et al.] // Biodiv. Res. Conserv. – 2011. – Vol. 21. – P. 39–48.

20. Wasowicz, P. Alien vascular plants in Iceland: diversity, spatial patterns, temporal trends, and the impact of climate change / P. Wasowicz, E. M. Przedpelska-Wasowicz, H. Kristinssona // Flora. – 2013. – Vol. 208. – P. 648–673.

21. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Global Database. [Electronic resource]. – Mode of access: https://gd.eppo.int. – Date of access: 28.05.2024.

22. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Bulletin. – 2021. – Vol. 51. – P. 602–609.

23. Государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ggiskzr.by/. – Дата доступа: 28.05.2024.

24. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботан. – Минск : Бел. навука, 2020. – 407 с.

25. Гусев, А. П. Вторжение *Ambrosia artemisiifolia* L. в ландшафты юго-востока Беларуси / А. П. Гусев // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – № 1. – С. 29–37.

26. Молчан, О. В. Распространение и инвазионный потенциал *Ambrosia artemisiifolia* L. в Беларуси / О. В. Молчан, Т. А. Скуратович, Н. Б. Павлютина // Стратегия ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков и других опасных инвазивных видов растений: материалы научно-практического семинара, Минск, 17–19 сентября 2019 г. – Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск: Колорград, 2019. – С. 39–40.

27. Ganie, Z. A. Interaction of 2,4-D or dicamba with glufosinate for control of glyphosate-resistant giant ragweed (Ambrosia trifida L.) in glufosinate-resistant maize (Zea mays L.) / Z. A. Ganie, A. J. Jhala // Front Plant Sci, 2017. – Vol. 8:1207. doi: 10.3389/fpls.2017.01207. – Date of access: 20.05.2024.

28. Справочник по карантинным и другим опасным вредителям и болезням и сорным растениям / А. Д. Соколов [и др.]. – М. : Колос, 1970. – 240 с.

29. Броувер, В. Справочник по семеноведению сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян / В. Броувер, А. Штелин. – Пер с нем. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 694 с.

30. Bousquet, J. Allergic rhinitis and its impact on asthma / J. Bousquet, P. Van Cauenberge, N. J. Khaltaev // Allergy Clin. Immunol. – 2001. – Vol. 108, № 5. – P. 147–334.

31. Common ragweed: A threat to environmental health in Europe / M. Smith [et al.] // Environment International. – 2013. – Vol. 61. – P. 115–126.

32. Common Ragweed – *Ambrosia artemisiifolia* L.: A Review with Special Regards to the Latest Results in Biology and Ecology / B. Knolmajer [et al.] // Agronomy. – 2024. – Vol. 14. – P. 497.

33. Time lag between Ambrosia sensitisation and Ambrosia allergy: a 20-year study (1989–2008) in Legnano, northern Italy / A. Tosi [et al.] // Swiss Med Wkly. – 2011. – Vol. 141:w13253.

34. The threshold value for number of ambrosia pollen induced acute nasal reactions is very low / K. C. Bergmann [et al.] // Allergo J. – 2008. – Vol. 17. – P. 375– 376.

35. *Ambrosia artemisiifolia* (ragweed) in Germany. Current presence, allergologic relevance and containment procedure / J. T. M. Buters [et al.] // Allergo J Int. – 2015. – Vol. 24. – P. 108–120.

36. Biology of Weed Pollen Allergens / G. Gadermaier [et al.] // Curr. Allergy Asthma Rep. – 2004. – Vol. 4. – P. 391–400.

37. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ggiskzr.by/gosudarstvennyj_rees/. – Дата доступа: 27.05.2024.

38. Рекомендации по борьбе с амброзией полыннолистной / Н. Г. Осенний [и др.]; под ред. Н. Г. Осеннего. – Симферополь; ИТ «АРИАЛ», 2019. – 39 с.

39. Analysis of the metabolic resistance of *Ambrosia artemisiifolia* L. to the herbicides action / Y. V. Lykholat [et al.] // Annals of Agrarian Science. – 2018. – V. 16. – P. 60–64.

Поступила в редакцию 18.09.2024 г.

УДК 632.954:632.51

Е. А. ЯКИМОВИЧ, О. А. ШКЛЯРЕВСКАЯ

РЕГЛАМЕНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) И ЗОЛОТАРНИКОМ КАНАДСКИМ (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.)

РУП «Институт защиты растений», Прилуки, Минский р-н, Беларусь, e-mail: tomilinaelena77@inbox.ru

Аннотация. Обоснован ассортимент эффективных гербицидов сплошного действия (д. в. сульфометурон-метил, имазапир) в борьбе с растениями борщевика Сосновского и золотарника канадского; отмечено их негативное влияние на фитоценоз. Изучено действие 2–3-х кратного внесения глифосатов; определено влияние препаратов на инвазивные виды в зависимости от высоты растений, норм и сроков внесения. Апробированы эффективные системы применения гербицидов (метсульфурон-метил), снижающие распространение борщевика и золотарника, в результате чего отмечается сохранение природного биоразнообразия. Гербициды Террсан®, Грейдер®, Веник®, Балерина®, Магнум®, ряд глифосатов включены в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для применения на землях несельскохозяйственного пользования против борщевика Сосновского, в т.ч. Террсан®, Грейдер®, Веник®, Вольник Супер®, Балерина®, Магнум® – для применения в населенных пунктах. Гербициды значительно снижают экономические затраты на проведение мероприятий по урегулированию распространения борщевика Сосновского и золотарника канадского.

Ключевые слова. *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Solidago canadensis* L., меры борьбы, гербициды, глифосаты, сульфометурон-метил, имазапир, метсульфурон-метил, 2–ЭГЭ 2,4-Д кислоты + флорасулам, высокая биологическая эффективность.

E. A. YAKIMOVICH, O. A. SHKLYAREVSKAYA

REGULATIONS OF HERBICIDES APPLICATION TO *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. AND *SOLIDAGO CANADENSIS* L. CONTROL MEASURES

RUE "Institute of plant protection", Priluki, Minsk region, Belarus, e-mail: tomilinaelena77@inbox.ru

Annotation. An effective non-selective list of herbicides (a.i. sulfometuron-methyl, imazapir) against *Heraculum sosnowsky* and *Solidago sanadensis* control is formed; their negative effect on phytocenosis is noted. The effect of 2–3-fold application of glyphosates is studied; the effect of herbicides on invasive species is determined depending on the height of the plant, doses and timing of herbicide application. Effective herbicide control systems (metsulfuron-methyl) were tested that reduce the spread of *Heraculum sosnowsky* and *Solidago sanadensis* plants, resulting in the preservation of natural biodiversity. Herbicides Terrsan®, Greyder®, Venik®, Ballerina®, Magnum®, a number of glyphosates are included in the "State register of plant protection products and fertilizers approved for use on the territory of the Republic of Belarus" for use on non-agricultural lands against *Heraculum sosnowsky* and *Solidago sanadensis*, at the same time Terrsan®, Greyder®, Venik®, Volnik Super®, Ballerina®, Magnum® – for use in human settlements. Herbicides reduce costs on the activities regulating the spread of Sosnovsky's hogweed and goldenrod.

Keywords. *Heraculum sosnowsky* Manden., *Solidago sanadensis* L., herbicides, glyphosates, sulfometuron-methyl, imazapir, metsulfuron-methyl, 2–EGE 2,4-D acids + florasulam, high biological efficacy.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с хозяйственной деятельностью человека в Беларуси распространились растения, которые являются инвазивными видами. Инвазии чужеродных видов в мировом масштабе являются второй по значимости причиной исчезновения местных видов и потери биоразнообразия. Проникновение чужеродных видов имеет ряд негативных последствий экологического, экономического и социального характера.

От распространения чужеродных видов в мировой экономике потери приняли столь угрожающий характер, что это привело к принятию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) Конвенции о биологическом разнообразии, при которой (статья 8) «каждая договаривающаяся Сторона, насколько это возможно и целесообразно, предотвращает интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролирует или уничтожает такие чужеродные виды» [1].

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) был ввезен в середине 1940-х гг. с Кавказа и использовался в качестве кормового (силосного) растения в СССР [2]. При работе с борщевиком люди получали ожоги первой-третьей степени. Листья борщевика содержат фуранокумарины, которые повышают чувствительность кожи к солнечному свету, а именно к ультрафиолету, и вызывают ожоги. По этим причинам борщевик Сосновского перестали культивировать уже более 30 лет назад [3].

В 1990-х гг. борщевик стал произрастать на заброшенных землях, вдоль ручьев, канав и дорог, на территории населенных пунктов, затем стал занимать наиболее плодородные земли, вытесняя местные виды травянистых растений. Не подлежащие почвенной обработке сельхозземли также одна из основных категорий площадей, на которых борщевик активно распространяется [4].

В Беларуси золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) появился как декоративное растение в 1950-е гг. Инвазивные золотарники, родиной которых является Северная Америка, на территории Беларуси представлены комплексом видов, в котором наиболее часто отмечается золотарник канадский.

В настоящее время наблюдается активная экспансия золотарника в Беларуси, особенно в центральной части страны. Основные места распространения золотарника – пустыри, заброшенные земли, которые еще недавно эксплуатировались как сельскохозяйственные, территории брошенных жилых комплексов, земли под ЛЭП, массивы лесопарков, а также на территориях кладбищ, частично он встречается в посевах сельскохозяйственных культур [4].

Золотарник канадский уже сегодня наносит большой урон не только природе Беларуси, но и лесному и сельскому хозяйству. Каждый побег золотарника производит более 10 000 семян, которые отличаются очень высокой всхожестью – до 95% [5]. Таким образом, занимая любой участок, золотарник полностью изменяет его животный и растительный мир, ведет к стремительному захвату новых земель. Положение усложняется тем, что животные, в том числе дикие, не едят золотарник. То есть занятые им территории нецелесообразно использовать как сенокосные и пастбищные земли. Золотарник канадский быстро закрепляется на лугах, пастбищах, выгонах, мелиорированных болотах, пустырях, лесных опушках, вырубках. Еще одну угрозу несет заселение им лесов, где он распространяется по опушкам и вырубкам. Источником семян золотарника являются приусадебные участки и кладбища, где его выращивают как декоративную культуру. Оттуда растение распространяется на прилегающие леса и луга [6].

В Республике Беларусь разработан и выполняется комплекс мер по борьбе с инвазивными видами, сформирована необходимая нормативная правовая база. Перечень растений, запрещенных к интродукции и (или) акклиматизации, установлен постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.11.2008 № 106 «О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации растений» [7]. Распространение и численность данных растений подлежит регулированию в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений». Перечень видов растений, распространение и численность которых подлежит регулированию: борщевик Сосновского, борщевик Мантегацци, золотарник канадский, золотарник гигантский, клен ясенелистный, конопля посевная, мак снотворный, робиния лжеакация, эхиноцистис лопастной, амброзия полыннолистная [8].

С 2007 г. функционирует центр по инвазивным видам в ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», задачей которого является создание, выполнение и координация работ по обнаружению, оценке и прогнозированию проникновения и распространения инвазивных чужеродных видов растений и животных на территорию Республики Беларусь. В 2020 г. Минприроды утвержден Технический кодекс установившейся практики (ТКП) в котором установлены требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных растений) различными методами [9].

В Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси проводятся исследования по распространению и экологии инвазивных видов растений. Механические и агротехнические мероприятия не смогли сократить распространение инвазивных видов, поэтому возникла необходимость в проведении исследований с применением эффективного ассортимента гербицидов.

Цель исследований – разработать систему применения гербицидов для уничтожения растений борщевика Сосновского и золотарника канадского с сохранением компонентов фитоценоза.

Объекты (материалы) и методы исследования

Работа выполнена в РУП «Институт защиты растений» в лаборатории гербологии в 2012–2023 гг. путем постановки полевых опытов на территории г. Минска и Минской области. Исследования проводили на землях, в высокой степени заросших растениями борщевика и золотарника.

Были изучены следующие гербициды: Террсан, ВДГ (сульфоматурон-метила кислота, 750 г/кг); Веник, ВДГ (сульфоматурон-метила кислота, 750 г/кг); Грейдер, ВГР (имазапир, 250 г/га); Форус, ВК (имазапир, 250 г/га); Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил, 600 г/кг); Балерина, СЭ (2,4-Д кислота, 410 г/л в виде сложного 2-этилгексилового эфира + флорасулам, 7,4 г/л); Торнадо 500, ВР (глифосата кислоты (в виде изопропиламинной соли), 500 г/л); Аристократ Супер, ВР (глифосат (в виде калийной соли), 540 г/л); Спрут Экстра, ВР (глифосата кислоты (в виде калийной соли), 540 г/л); Торнадо 540, ВР (540 г/л глифосата кислоты в виде калийной соли); Вольник Смарт, ВР (глифосат, 545 г/л); Вольник Супер, ВР (глифосата кислоты, 550 г/л); Гроза ультра, ВР (глифосата кислоты, 550 г/л).

Производственная оценка выполнена в СПК «Междулесье» Березовского района Брестской области, филиале «Правда-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Дзержинского района Минской области, УП «Зеленстрой Ленинского района г. Минска», УП «Зеленстрой Октябрьского района г. Минска», УП «Минскзеленстрой», Лошицком усадебно-парковом комплексе и др. предприятиях республики.

Эффективность гербицидов в борьбе с инвазивными видами оценивали в соответствии с «Методическими указаниями по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь» (2007), «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» (2013) [10, 11].

Для препаратов персистентного действия определяли норму расхода гербицидов в зависимости от высоты инвазивных растений.

Для глифосатов уточняли норму внесения препаратов; оценку применения проводили весной и после подкоса борщевика (высота растений 20–30 см); устанавливали эффективность в зависимости от высоты инвазивных растений; определяли 2–3-х кратное внесение глифосатсодержащих гербицидов.

Гербицид Балерина, СЭ вносили в два срока: по всходам борщевика и по вегетирующим растениям высотой до 30 см.

Гербицид Магнум, ВДГ вносили при высоте растения 20–30 см.

Обработку баковыми смесями проводили при высоте борщевика 20–30 см и в разновозрастных популяциях. Одновременно оценено влияние испытываемых гербицидов на фитоценоз.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследований более 10 гербицидов включено в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» (далее – «Государственный реестр средств защиты растений …») [12] для внесения на землях несельскохозяйственного пользования против борщевика Сосновского и золотарника канадского:

– гербициды пролонгированного действия (Террсан, ВДГ; Веник, ВДГ; Грейдер, ВГР; Форус, ВК);

– глифосаты (Вольник Супер, ВР; Торнадо 500, ВР; Гроза Ультра, ВР и др.);

– гербицид Магнум, ВДГ;

– гербицид Балерина, СЭ (таблица 1).

Гербициды Террсан, ВДГ, Веник, ВДГ, Грейдер, ВГР и Форус, ВК рекомендованы для применения на землях несельскохозяйственного пользования (железнодорожные пути, аэродромы, газо- и нефтепроводы и др.) против однолетних и многолетних злаковых и двудольных растений, в т. ч. и против инвазивных видов растений.

Данные препараты демонстрируют стабильно высокую биологическую эффективность против борщевика Сосновского и золотарника канадского в течение 1–1,5 вегетационных сезонов. В последние годы через 6–8 месяцев после обработки на участках стали появляться мелколепестник канадский, лопух большой (репейник), одуванчик лекарственный, крапива и др. виды растений.

После внесения гербицидов на основе сульфометурон-метила и имазапира через месяц обработанные растения изменяют свою окраску – желтеют, приостанавливаются в росте, однако полностью не погибают. Максимальная гербицидная активность проявляется через 2–3 месяца после обработки (табл. 1).

Эффективность гербицида Террсан, ВДГ через месяц после обработки в норме 0,2 кг/га по снижению численности растений борщевика

Сосновского составляла 50,9%, по снижению вегетативной массы – 89,0%; в норме 0,3 кг/га – 57,4% и 90,6%; в норме 0,35 кг/га – 63,4% и 92,7%. Через два месяца после обработки биологическая эффективность в изучаемых нормах составила 100%.

Гербицид Веник, ВДГ в норме 0,12 кг/га снизил численность борщевика на 22,7%, массу – на 70,6%; в норме 0,35 кг/га – на 31,8% и 72,6% соответственно; через два месяца численность инвазивного растения снизилась на 76,9–88,5%, вегетативная масса – на 97,0–98,7%.

При внесении гербицида Грейдер, ВГР в норме 2,0–2,5 л/га гибель растений борщевика составила 14,6–22,9%, снижение вегетативной массы – 73,3–78,3% (через месяц после обработки), 55,6–58,3% и 93,7–93,8% (через 2 месяца после обработки) и максимальная эффективность наступила через 3 месяца: снижение численности – 81,0–90,5% и вегетативной массы – 98,6–99,7%.

Подобная эффективность была отмечена и в результате применения гербицида Форус, ВК. Исследования, проведенные в 2020 г. показали, что гербицид Форус, ВК (2,0–2,5 л/га) через месяц после внесения снижал вегетативную массу борщевика Сосновского на 76,2–76,3%; через два месяца угнетение отмечено на уровне 94,8–97,0%.

Таблица 1. Применение средств защиты растений против инвазивных растений

Table 1. Application of plant protection products against invasive plants

Торговое название, препаративная форма, фирма / Product, preparation form, company	Норма расхода, л, кг/га, Rate, l, kg/ha	Вид земель Category of land	Срок применения / Time of application	Кратность обработок Number of applications
Борщевик Сосновского				
ТЕРРСАН, ВДГ (сульфометурон-метила кислоты, 750 г/кг), ООО «Агрозащита плюс», Беларусь; Ningbo Lido International Incorporation Co., Ltd, Китай (Р)	0,3–0,35	Земли несельскохозяйственного пользования (полосы отчуждения линий электропередач, трассы газо- и нефтепроводов, насыпи железных и шоссейных дорог, аэродромы и др. промышленные территории) (далее – Земли несельскохозяйственного пользования) и в населенных пунктах	Опрыскивание в течение вегетационного периода при высоте борщевика до 30 см	1
ВЕНИК, ВДГ (сульфометурон-метил, 750 г/кг), ООО «Агро Эксперт Груп», Россия (Р)	0,12–0,35			1
ГРЕЙДЕР, ВГР (имазапир, 250 г/л), АО Фирма «Август», Россия (Р)	2–5			1
ФОРУС, ВК (имазапир, 250 г/л), АО «Щелково Агрохим», Россия (Р)	2–2,5			1
МАГНУМ, ВДГ (метсульфурон-метил, 600 г/кг), АО Фирма «Август», Россия (Р)	40–100 г/га 100–300 г/га			1 1
БАЛЕРИНА, СЭ (2,4-Д кислота, 410 г/л в виде сложного 2-этилгексилового эфира + флорасулам, 7,4 г/л), АО Фирма «Август», Россия (Р)	2–4			2
Золотарник канадский				
ТЕРРСАН, ВДГ (сульфометурон-метила кислоты, 750 г/кг), ООО «Агрозащита плюс», Беларусь; Ningbo Lido International Incorporation Co., Ltd, Китай (Р)	0,12–0,35	Земли несельскохозяйственного пользования	Опрыскивание почвы и сорняков при высоте золотарника канадского до 30 см	1
ВЕНИК, ВДГ (сульфометурон-метил, 750 г/кг), ООО «Агро Эксперт Груп», Россия (Р)	0,12–0,35	Земли несельскохозяйственного пользования и в населенных пунктах		1
МАГНУМ, ВДГ (метсульфурон-метил, 600 г/кг), АО Фирма «Август», Россия (Р)	40–100 г/га 100–300 г/га			1
Однолетние и многолетние растения (сюда попадает и золотарник канадский)				
ГРЕЙДЕР, ВГР (имазапир, 250 г/л), АО Фирма «Август», Россия (Р), (П-3)	2–2,5	Земли несельскохозяйственного пользования и в населенных пунктах	Опрыскивание сорняков в ранние фазы их роста	1
ФОРУС, ВК (имазапир, 250 г/л), АО «Щелково Агрохим», Россия (Р)	2–2,5			1

В 2021 г. снижение вегетативной массы растений борщевика Сосновского от применения гербицида Форус, ВК через месяц после обработки составила 70,2–77,3%; через два месяца – 91,6–97,0%. Проведенный учет через три месяца показал высокую эффективность в борьбе с борщевиком, снижение вегетативной массы отмечено на уровне 98,9–99,6%.

Внесение персистентных гербицидов до отрастания растений борщевика весной либо при высоте растений 20–30 см обеспечивают гибель 95–100% растений. При внесении гербицидов при высоте борщевика 60–80 см эффективность обработки снижается до 70%.

При внесении Терсана, ВДГ (0,12–0,35 кг/га) снижение численности золотарника составило 88,5–92,8%, вегетативной массы – 91,2–93,8%; в варианте с применением гербицида Веник, ВДГ (0,12–0,35 кг/га) численность снизилась на 86,2–92,0%, вегетативная масса – на 88,5–91,4%.

Количество стеблей золотарника канадского после применения гербицида Форус, ВК (2,0–2,5 л/га) при высоте растений 25–40 см снизилось через месяц после внесения на 56,5–71,0%, вегетативную массу – на 67,1–79,0%. Через два месяца золотарник канадский погиб на 89,6–93,8%, его вегетативная масса – на 96,6–96,8%.

При высоте растений 15–30 см через месяц после применения гербицида Форус, ВК гибель золотарника канадского составила 66,4–68,1%, вегетативная масса снизилась на 89,0–90,4%; через два месяца – на 87,3–91,2%, масса – на 96,5–98,0%.

Гибель компонентов фитоценоза при внесении вышеуказанных персистентных гербицидов составляет 90–100%.

Гербициды Терсан, ВДГ, Веник, ВДГ, Грейдер, ВРГ и Форус, ВК не рекомендуется использовать на склонах с произрастанием борщевика и золотарника, поскольку после их применения идет поверхностный размыв грунта в местах обработки.

Гербициды на основе глифосата (Торнадо 500, ВР, Аристократ Супер, ВР, Вольник, ВР и др.) можно вносить весной после отрастания борщевика (эффективность 29,6–49,3% по численности и 64,1–83,9% по массе) либо по вегетирующим растениям после проведения очередного подкоса участка (62,2–70,1% растений борщевика и на 97,0–99,1% снижение их массы). Срок применения глифосатсодержащих гербицидов ограничен ранними фазами развития борщевика Сосновского (высота растений 20–30 см). При применении глифосатов при высоте борщевика Сосновского 60–80 см фитотоксическое действие на борщевик Сосновского практически отсутствует. Длительность гербицидного действия глифосатов не превышает 2–3 месяца, что требует минимум двукратной обработки участка в течение вегетационного сезона. Эффективность 2–3-х кратного применения против борщевика Сосновского препаратов на основе глифосата составляет 81,0–87,0% по вегетирующим растениям высотой 20–30 см для промышленных территорий, а также при рекультивации заброшенных земель для последующего введения их в севооборот. Зарастание участка происходит через 2–3 месяца.

Отмечается достаточно высокая эффективность применения глифосатсодержащих гербицидов против золотарника канадского. Эффективность гербицидов Торнадо 500, ВР и Аристократ Супер, ВР в зависимости от года внесения составляла 92,3–100% по численности и 92,5–100% по массе (при высоте золотарника до 30 см).

Исследования показали, что высота обрабатываемых растений золотарника имеет достаточно существенное значение. Так, через месяц после внесения гербицида Торнадо 540, ВР в норме 3,7 л/га и 5,3 л/га при высоте золотарника канадского 30 см снижение его численности составило 88,2–100%, снижение массы – 90,8–100%; при высоте растений золотарника 40–60 см показатели эффективности снизились до 46,5–64,6% по численности и 73,2–81,3% по массе.

Следует отметить, что глифосаты можно применять на территориях, которые запланированы для включения в севооборот, поскольку почвенной активностью и последействием они не обладают.

На территориях, занятых травянистой растительностью, рекомендуется гербицид избирательного действия Магнум, ВДГ в нормах 40–50 г/га: при обработке борщевика высотой 20–30 см численность растений снижалась на 71,8–78,5%, масса – на 92,2–94,5%. Увеличение нормы расхода до 100 г/га приводит к гибели борщевика на 78,5%, массы – на 98,3%; в нормах 200–300 г/га – на 85,5% и на 97,7–98,9% соответственно. С нашей точки зрения, норма внесения гербицида Магнум, ВДГ в размере 50–100 г/га гарантирует практически полное уничтожение борщевика Сосновского.

Численность золотарника канадского, который был представлен молодыми растениями первого года жизни, взошедшими из семян, так и многолетними экземплярами, отрастающими после очередного подкоса участка после обработки гербицидом Магнум, ВДГ в норме 40 г/га снизилась на 79,5%, масса – на 89,6%; в норме 100 г/га инвазивное растение погибало полностью.

Гербицид Магнум, ВДГ также вносили по активно вегетирующим растениям золотарника высотой 30–50 см. Через месяц после обработки эффективность Магнума, ВДГ в норме 100 и

200 г/га составила 84,6% и 92,3% по численности и 89,2% и 97,5% по массе. В норме 300 г/га золотарник канадский погибал полностью.

Применение баковой смеси Магнум, ВДГ (100 г/га) + Торнадо 500, ВР (3,0 л/га) в разновозрастных популяциях борщевика снижало вегетативную массу на 93,1–94,0%. При внесении баковой смеси Магнум, ВДГ (10 г/га) + Торнадо 540, ВР (3,7 л/га) золотарник канадский погиб на 90,2%, его вегетативная масса уменьшилась на 95,8%. Баковая смесь глифосатсодержащего гербицида с Магнумом, ВДГ (20 г/га) обеспечила полную гибель золотарника канадского.

Применение гербицида Балерина, СЭ (2,0–4,0 л/га) по всходам борщевика снижает его массу на 93,5–98,2%, при обработке вегетирующих растений – на 68,3–74,5%. Гербицид Балерина, СЭ можно применять в парках, скверах, зонах отдыха, на территориях, занятых травянистой растительностью.

Против всех видов сорняков на землях несельскохозяйственного пользования можно вносить следующие глифосатсодержащие гербициды: Гроза, ВР, Фрейсорн, ВР, Чистогряд, ВР (глифосат, 360 г/л); Глифос Премиум, ВР, Раундап Макс, ВР, Раундап Макс Плюс, 45% в.р. (глифосат, 450 г/л); Тотал 480, ВР (глифосат, 480 г/л); Ураган форте, ВР (глифосат, 500 г/л); Раундап Экстра, ВР, Граунд 540, ВР (глифосат, 540 г/л); Вольник Смарт, ВР (глифосат, 545 г/л); Гладиатор Макс, ВР (глифосат, 550 г/л); Кайман Форте, ВДГ (глифосата кислоты, 687 г/кг); Килео, ВРК (глифосата кислота + 2,4-Д).

С указанием в «Государственный реестр средств защиты растений …»

– против борщевика Сосновского и золотарника: Торнадо 500, ВР (глифосат, 500 г/л); Аристократ Супер, ВР; Спрут Экстра, ВР; Торнадо 540, ВР (глифосат, 540 г/л);

– против борщевика: Вольник, ВР (глифосат, 540 г/л); Гроза Ультра, ВР; Вольник Супер, ВР; Пилараунд Экстра, ВР (глифосат, 550 г/л).

С нашей точки зрения, глифосатсодержащие гербициды согласно «Государственного реестра средств защиты растений…» можно вносить как по регламентам, где указаны инвазивные виды растений, так и без них, поскольку термин «однолетние и многолетние растения» также охватывает инвазивные растения (борщевик и золотарник).

Глифосаты для внесения на сельскохозяйственных территориях против инвазивных растений следует вносить согласно «Государственного реестра средств защиты растений …» [12] выбирая раздел «Поля, предназначенные под посев различных культур (яровые зерновые, картофель, овощные, технические, масличные и др.) под записью «Многолетние злаковые и двудольные растения».

Глифосатсодержащие гербициды, которые можно вносить на территориях населенных пунктов: Пилараунд Экстра, ВР; Вольник Супер, ВР; Вольник Смарт, ВР; Граунд 540, ВР; Торнадо 540, ВР; Вольник, ВР; Аристократ Супер, ВР.

Для большинства глифосатсодержащих гербицидов период применения ограничен однократным внесением. Только для гербицидов, которые изучались против борщевика Сосновского при многократном их применении, стоят следующие показатели: Вольник Супер, ВР и Торнадо 500, ВР – трехкратно.

Хотелось бы отметить, что гербицид Магнум, ВДГ (10–100 г/га) угнетал посевы злаковых трав первого года жизни: овсяницы луговой, овсяницы красной и райграса пастбищного (до 98,4–100%). Однако с уплотнением дернины, на многолетних лугах, многолетних газонах, пастбищах фитотоксическое влияние Магнума, ВДГ на злаковые травы снижается.

В 2013 г. были заложены опыты по оценке эффективности и длительности фитотоксического действия на травянистые растения гербицидов Магнум, ВДГ в нормах 100, 200 и 300 г/га, Террсан, ВДГ в нормах 200 и 300 г/га и Грейдер, ВГР в норме 2,5 л/га. Наблюдения проводились в мае следующего года, которые показали, что делянки, обработанные гербицидами Террсан, ВДГ и Грейдер, ВГР были полностью свободны от травянистых растений; на вариантах, где вносили гербицид Магнум, ВДГ, отмечался рост многолетних злаковых трав – ежи сборной и тимофеевки луговой, хотя их надземная вегетативная масса была на 33,2–67,8% ниже по отношению к варианту без обработки.

Применение гербицидов в водоохранных зонах и границах прибрежных полос регулируется Водным кодексом Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З.

В границах водоохранных зон не допускается применение (внесение) с использованием авиации химических средств защиты растений и минеральных удобрений. Законодательными актами могут быть установлены и другие запреты, и ограничения хозяйственной и иной деятельности в водоохранных зонах. В границах прибрежных полос, не допускается на расстоянии до 10 метров по горизонтали от береговой линии применение всех видов удобрений и химических средств защиты растений, за исключением их применения при проведении работ, связанных с регулированием распространения и численности дикорастущих растений отдельных видов в соответствии с законодательством о растительном мире, о защите растений.

Согласно Закону Республики Беларусь «О карантине и защите растений» от 25 декабря 2005 г. № 77-З «Государственным реестром средств защиты растений…» регулируются правила применения средств защиты растений. Наличие буквы (Р) около названия гербицида означает запрещение использования данного препарата в прибрежной полосе водных объектов (табл. 2).

Актуальной является качественная обработка растений борщевика Сосновского и золотарника канадского, которую чаще всего проводят рычажными, аккумуляторными, бензиновыми ручными опрыскивателями, позволяющими равномерно нанести гербицид на растения. Для равномерного распределения гербицида оператор должен израсходовать заданное количество жидкости на необходимую площадь. Для данных целей в рабочий раствор можно добавить водный раствор нигрозина или иного доступного красителя.

На больших однородных участках целесообразно использовать тракторные опрыскиватели. Нежелательно допускать значительного разбавления раствора (до 500 л/га). Чем меньше воды вносится на гектар – тем выше эффективность (особенно для глифосатсодержащих препаратов). Основным требованием химической обработки является равномерное распределение гербицидов по обрабатываемой площади.

Для обеспечения высокой эффективности и экологической безопасности гербицидов опрыскивание следует проводить в благоприятных метеорологических условиях, по возможности в теплую, обязательно тихую погоду (скорость ветра не более 3–4 м/с), при отсутствии осадков. Обработка проводится не ранее, чем за 3–4 часа до дождя, а также через 4 часа после дождя.

На основании результатов исследований на различных категориях земель республики произведена производственная проверка изученных гербицидов против борщевика Сосновского и золотарника канадского.

После включения гербицидов Террсан, ВДГ, Грейдер, ВГР, Вольник Супер, ВР в «Государственный реестр средств защиты растений…» они стали активно применяться на территории г. Минска и к 2013 г. использовались на площади 346,8 га. Эффективность обработок колебалось от 30–60% (глифосаты) до 95–100% (Террсан, ВДГ, Грейдер, ВГР). Гербициды позволили снизить затраты на многократное скашивание растений борщевика. В 2014–2018 гг. на территории Лошицкого усадебно-паркового комплекса на площади 1,5 га работы по борьбе с борщевиком проводились силами Управления по защите растений и содержанию объектов городского благоустройства гербицидами Балерина, СЭ, Вольник Супер, ВР, Террсан, ВДГ и баковой смесью Вольник Супер, ВР + Магнум, ВДГ. К 2018 г. численность растений борщевика была существенно снижена (до единичных экземпляров) при одновременном сохранении газонных участков.

В 2018 г. на территории УП «Зеленстрой Октябрьского района г. Минска» был проведен производственный опыт на площади 13 га с использованием гербицидов Грейдер, ВГР, Магнум, ВДГ и баковой смеси Балерина, СЭ + Магнум, ВДГ в зависимости от высоты растений борщевика. Через 2–3 месяца после обработки гербицид Грейдер, ВГР (2,5 л/га) снизил численность борщевика Сосновского и других травянистых растений на 99–100%. Применение гербицида Магнум, ВДГ (100 и 300 г/га) и его баковой смеси с Балериной, СЭ позволило не только эффективно уничтожить борщевик Сосновского (на 90–100%), но и сохранить злаковый травянистый покров растений.

Таблица 2. Применение гербицидов в прибрежной полосе водных объектов в соответствии с «Государственным реестром средств защиты растений …»

Table 2. Application of herbicides in the coastal zone of water bodies in accordance with the "State Register of Plant Protection Products …"

Ограничения по применению гербицидов в прибрежной полосе водных объектов Restrictions on application of herbicides in the coastal zone of water bodies	
разрешено / allowed	запрещено (наличие буквы Р) / prohibited (presence of the letter P)
Гроза, ВР Торнадо ВР Раундап Макс, ВР Торнадо 500, ВР Вольник, ВР Спрут Экстра, ВР Торнадо 540, ВР Вольник Смарт, ВР Вольник Супер, ВР	Террсан, ВДГ, Грейдер, ВГР Веник, ВДГ, Форус, ВК Магнум, ВДГ Балерина, СЭ Доминатор, ВР; Фрейсорн, ВР; Чистогряд, ВР; Глифос Премиум, ВР; Раундап Макс Плюс, ВР; Тотал 480, ВР; Ураган Форте, ВР; Аристократ Супер, ВР; Раундап Экстра, ВР; Граунд 540, ВР; Гладиатор Макс, ВР; Гроза Ультра, ВР; Пилараунд Экстра, ВР; Кайман Форте, ВДГ; Килео, ВРК

В 2021 г. на территориях г. Минска, закрепленных за различными Зеленстроями административных районов г. Минска (Заводской, Ленинский, Московский, Фрунзенский, Первомайский и Октябрьский) согласно рекомендациям сотрудников РУП «Институт защиты растений» выполнялись химические мероприятия по ограничению распространения борщевика Сосновского. Работы проводились силами управления по защите растений и содержанию объектов городского благоустройства и Зеленстроями районов. К началу проведения работ в 2021 г. растения борщевика Сосновского произрастали на площади 22,82 га. Высокую эффективность показали гербициды Террсан, ВДГ, Магнум, ВДГ и Вольник Супер, ВР. В результате проводимых мероприятий численность борщевика была снижена до единичных экземпляров. Достаточно высокую эффективность гербицид Магнум, ВДГ подтвердил в Слонимском районе Гродненской области: в 2020 г. площадь обработки против золотарника канадского составила 166 га, борщевика Сосновского – 10 га; в 2021 г. площадь обработки против золотарника канадского – 5,6 га, борщевика Сосновского – 9,5 га. Гербицид вносился в норме 250 г/га против золотарника канадского и 300 г/га – борщевика Сосновского. Препарат показал высокую биологическую эффективность в подавлении популяций инвазивных растений (>90–95%). Отмечено сохранение злаковых трав.

Научные разработки по борщевику Сосновского широко применялись «Минским областным управлением МЧС» для обработки территорий Минской области в 2019–2021 гг. на основании договоров с районными исполнительными комитетами. Высокие показатели подавления инвазивных видов показал гербицид Террсан, ВДГ, эффективность которого составляла выше 90–95%. В настоящее время научно-практические разработки широко применяются в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь.

В 2012 г. в СПК «Междулесье» Березовского района Брестской области на землях несельскохозяйственного пользования применяли баковую смесь гербицида Торнадо 500, ВР (5,0 л/га) + Магнум, ВДГ (20 г/га) при высоте борщевика 10–30 см тракторным опрыскивателем на площади 5 га. Через месяц после обработки снижение численности растений составило 85%, массы – 95%. Производственная проверка эффективности гербицида Торнадо 500, ВР в норме расхода 5,0 л/га против борщевика Сосновского проведена в 2013 г. в филиале «Правда-Агро» ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Дзержинского района Минской области на площади 1 га (обработка обочин дорог, прилегающих к полям). В результате проведения учетов было установлено, что гербицид Торнадо 500, ВР через два месяца после обработки растений снизил вегетативную массу борщевика на 65–80%, при повторном применении, масса растений снизилась на 75–85%. Таким образом, глифосатом следует проводить до 2–3-х обработок за сезон, в зависимости от плотности и скорости отрастания растений борщевика.

В ОАО «Гастелловское» Минского района проведено опытно-производственное испытание эффективности применения гербицида Грейдер, ВГР в норме 2,5 л/га на землях несельскохозяйственного пользования против борщевика Сосновского на площади 6 га (2020 г.) и гербицида Террсан, ВДГ в норме 350 г/га на площади 8 га (2021 г.). Эффективность применения гербицида Грейдер, ВГР против борщевика Сосновского составила 93–97% (через 3 месяца после обработки), Террсана, ВДГ – 95–98%. В ОАО «Рапс» Минского района (2021 г.) на площади 0,9 га вносился гербицид Грейдер, ВГР в норме 2,5 л/га против борщевика Сосновского согласно рекомендациям сотрудников РУП «Институт защиты растений». Эффективность применения гербицида Грейдер, ВГР против борщевика Сосновского через 2 месяца после обработки составила 98–99%.

Следует подчеркнуть, что гектарные затраты на применение сульфометурон-метила не превышают 150–200 руб., имазапира –200–350 руб., метсульфорон метила (100 г/га) –50 руб., при минимальных нормах (40–50 г/га) – менее 25 руб., 2,4-Д кислота + флорасулам – 60–120 руб., глифосатов – в пределах150–250 руб. что значительно дешевле таких агротехнических мероприятий как выкапывание растений (стеблекорней) или неоднократное подкашивание участков.

В рамках сотрудничества с китайско-белорусским ЗАО «Авиационные технологии и комплексы» лаборатория гербологии РУП «Институт защиты растений» в 2022–2023 гг. проводила совместные научные исследования по технологии применения беспилотных летательных аппаратов (дронов-опрыскивателей) при использовании средств защиты растений в сельском хозяйстве, в т. ч. и против борщевика Сосновского и золотарника канадского.

Оценка эффективности глифосатсодержащих гербицидов в борьбе с борщевиком Сосновского и золотарником канадским проводилась на базе хозяйств ОАО «Смолевичи-Бройлер» и ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис» Смолевичского района Минской области в 2022–2023 гг. с помощью агродрона А60-Х.

Обработка на участке с борщевиком Сосновского проведена в автоматическом режиме полета агродронов при следующих параметрах: высота полета – 1,5 м, ширина захвата – 3 м, скорость полета – 6 м/с, норма расхода рабочего раствора – 7 л/га; на золотарнике канадском – высота 2 м, ширина между проходами – 4 м, скорость полета 6 м/с, норма расхода рабочего раствора – 7 л/га.

Применение гербицидов Вольник Супер, ВР и Гроза Ультра, ВР позволили снизить вегетативную массу растений борщевика Сосновского на 92,7–95,8%. Биологическая эффективность применения гербицида Гроза Ультра, ВР (1,8–5,0 л/га) против золотарника канадского составила 81,1–87,4% по численности и 84,3–92,4% – по массе. Через 2 месяца после внесения золотарник канадский погиб на 54,6–78,5% при снижении вегетативной массы на 78,6–89,4%. Применение гербицида Торнадо 540, ВР (1,8–5,3 л/га) позволило снизить численность золотарника канадского на 79,9–92,5% и массы – на 82,5–92,6%. Через 2 месяца гибель растений составила 62,0–80,4%, вегетативная масса уменьшилась на 85,6–92,3%.

Эффективность применяемых глифосатсодержащих препаратов зависит не столько от нормы их применения, сколько от уязвимой фазы растения (высоты). На участках, где растения борщевика Сосновского в момент обработки были выше 30 см, а золотарника канадского выше 50 см эффективность гербицидов снижалась. Через месяц после обработки при благоприятных условиях (выпадении обильных осадков) отмечалось отрастание растений из стеблекорня и новые всходы из семян.

Новейшие дроны-опрыскиватели при рабочей высоте полета 1,5–3,0 м над обрабатываемой растительностью могут применяться как для сплошной, так и для точечной обработки нежелательной растительности. В настоящий момент для авиационного метода (с использованием ультрамалообъемного опрыскивания – УМО) для применения против многолетних двудольных, в т.ч. и инвазивных растений, зарегистрированы следующие глифосаты: на землях сельскохозяйственного назначения – гербициды Фрейсорн, ВР и Спрут Экстра, ВР, которые вносятся после уборки сельскохозяйственных культур; для земель несельскохозяйственного пользования – Фрейсорн, ВР; Глифос Премиум, ВР; Раундап Макс, ВР; Раундап Макс Плюс, ВР, которые следует вносить для уничтожения лиственных древесно-кустарниковых пород (в т.ч. с произрастанием инвазивных видов под их покровом) (табл. 3).

Основные недостатки технологии внесения средств защиты растений (далее СЗР) с помощью дронов-опрыскивателей:

– несовершенство нормативно-правовой базы по вопросам использования агродронов;

– ограниченный спектр СЗР, разрешенных для применения ультрамалообъемным опрыскиванием;

– ограничение применения в ветреную погоду с силой ветра более 3–4 м/с;

– ограниченное время полета на одной батарее / площади обработки за вылет – 10–15 мин / 2–3 га;

– несовершенные программы для работы в режиме флотилии (при окончании полетных заданий существует вероятность пересечения траекторий полета дронов-опрыскивателей и столкновения);

– ограниченная дальность сигнала точности распознавания местности – РТК (особенно на холмистой местности);

– требуется дополнительное время и технические средства для формирования карт и оцифровки полей (с помощью дронов миссии, базы РТК, джойстика управления) и нанесения на них препятствий (опор ЛЭП, отдельно стоящих деревьев, лесополос и др.);

– требуется устойчивый прием интернета для передачи данных по оцифровке полей в специальные онлайн или облачные цифровые системы.

Несовершенство нормативно-правовой базы по вопросам использования агродронов в воздушном пространстве Беларуси и других постсоветских стран, в т. ч. подготовки операторов наземных средств управления (внешнего пилота) и ограниченный ассортимент пестицидов в «Государственном реестре средств защиты растений …» являются факторами, ограничивающими их применение на территории республики и препятствующими широкому внедрению в сельскохозяйственное производство.

Видно, что инновационные технологии внесения СЗР медленно, но уверенно приходят в современную защиту растений.

Особенно тщательно необходимо подходить к рекультивации земель, на которых произрастал борщевик Сосновского и золотарник канадский. Когда уничтожение сорняков глифосатсодержащими гербицидами прошло успешно, а также после обработки почвы земля остается обнаженной и подверженной новому захвату инвазивными растениями.

Поскольку глифосатсодержащие гербициды не обладают почвенной активностью, землю желательно засеять различными травами как можно гуще. Можно рекомендовать такие злаковые травы как райграс, овсяница луговая, фестулолиум, а также смеси, например, ежа сборная и овсяница красная, плевел многолетний, овсяница красная и мятлик луговой и др.

Таблица 3. Гербициды для внесения методом ультрамалообъемного опрыскивания (УМО)

Table 3. Herbicides for ultra-low-volume spraying (ULV)

Торговое название, препаративная форма, фирма Product, preparation form, company	Норма расхода, л, кг/га, Rate, l, kg/ha	Вид земель Category of land	Сорная растительность Weeds controlled	Срок применения Time of application
ФРЕЙСОРН, ВР (глифосата кислоты, 360 г/л)	2–4	Поля, предназначенные под посев различных культур	Однолетние двудольные и злаковые	Опрыскивание вегетирующих сорняков в период их активного роста, в т. ч. авиационное опрыскивание методом УМО. Расход рабочей жидкости при авиационном опрыскивании 5–6 л/га
	4–6		Многолетние двудольные и злаковые	
	2–8	Земли несельскохозяйственного пользования	Все виды сорняков, лиственные древесно-кустарниковые породы (осина, береза, ива и др.)	Наземное и авиационное опрыскивание растений в июне-августе
ГЛИФОС ПРЕМИ УМ, ВР (изопропила минная соль-N-(фосфонометил) глицина, 607 г/л или глифосата кислоты, 450 г/л)	4,8–6,7	Земли несельскохозяйственного пользования	Все виды сорняков, лиственные древесно-кустарниковые породы (осина, береза, ива и др.)	Наземное и авиационное опрыскивание растений в июне-августе
РАУНДАП МАКС, ВР (изопропиламинная соль -N-(фосфо-нометил) глицина,607 г/л или глифосата кислоты, 450 г/л)	4,8–6,7	Земли несельскохозяйственного пользования	Все виды сорняков, лиственные древесно-кустарниковые породы (осина, береза, ива и др.)	Наземное и авиационное опрыскивание растений в июне-августе
РАУНДАП МАКС ПЛЮС, 45% в.р. (калийная соль N -(фосфонометил) глицина, 551 г/л или глифосата кислоты, 450 г/л)	6,4	Земли несельскохозяйственного пользования	Все виды сорняков, лиственные древесно-кустарниковые породы (осина, береза, ива и др.)	Наземное и авиационное опрыскивание растений в июне-августе
СПРУТ ЭКСТРА, ВР (глифосата кислоты /в виде калийной соли/, 540 г/л)	1,8–3,5	Поля, предназначенные под посев различных культур	Однолетние и многолетние двудольные и злаковые	Авиационное опрыскивание вегетирующих сорняков в период их активного роста методом УМО. Расход рабочей жидкости при авиационном опрыскивании 5–6 л/га

Выбор конкретных травосмесей определяется назначением участка. Важно соблюсти необходимую густоту посева, чтобы обеспечить быстрое смыкание корневых систем трав и быстро закрепить почву от поверхностной эрозии.

Правильно сформированный газон предотвращает ветровую и водную эрозию почвы, затрудняет семенное заселение деревьями и кустарниками, улучшает эстетическое восприятие участка. Это достигается включением в состав газона сеянных или дикорастущих видов злаковых трав небольшой высоты, способных образовывать дернину, устойчивых к регулярному скашиванию, уплотнению почвы, образующих саморегулирующиеся фитоценозы, обновляющиеся вегетативным способом.

В год посева травы не скашивают, чтобы создать необходимый зимний запас питательных веществ в корнях и корневищах. Допускается небольшая примесь сорных, второстепенных видов, корни которых также закрепляют почву от размыва.

Первое скашивание проводятя на второй год в момент выгонки генеративных побегов (цветоносов), чтобы стимулировать кущение дернообразующих видов и предотвратить образование семян нежелательных растений. На третий год производится одно-два скашивания по мере образования генеративных побегов. Во второй и третий год скашивание следует выполнять на высоте 20–25 см, чтобы удалить цветоносы и не сильно повредить листовой аппарат трав.

После посева трав в фазу кущения целесообразно предусмотреть применение таких гербицидов как Балерина, СЭ, Магнум, ВДГ и других гербицидов, включенных в «Государственный реестр средств защиты растений …».

Основным способом вытеснения высокостебельных широколиственных трав и создания преимуществ для злаковых трав является регулярное скашивание травостоя на высоте 10–15 см.

К рекультивации земель, где вносились гербициды, обладающие почвенной активностью (Терсан, ВДГ, Грейдер, ВГР, Веник, ВДГ, Форус, ВК) можно приступать через 1–2 года после обработки, когда действие гербицидов закончится.

Заключение

Сформирован и обоснован ассортимент эффективных гербицидов сплошного действия (д. в. сульфометурон-метил, имазапир) в борьбе с растениями борщевика Сосновского и золотарника канадского; отмечено их негативное влияние на фитоценоз.

Изучено действие 2–3-х кратного внесения глифосатов, определено влияние препаратов на инвазивные виды в зависимости от высоты растений, норм и сроков внесения. Апробированы эффективные системы применения гербицидов (метсульфурон-метил), снижающие распространение борщевика и золотарника, в результате чего отмечается сохранение природного биоразнообразия. Гербициды Терсан®, Грейдер®, Веник®, Балерина®, Магнум®, ряд глифосатов включены в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для применения на землях несельскохозяйственного пользования против борщевика Сосновского, в т.ч. Терсан®, Грейдер®, Веник®, Вольник Супер®, Балерина®, Магнум® – для применения в населенных пунктах. Гербициды значительно снижают экономические затраты на проведение мероприятий в урегулировании распространения борщевика Сосновского и золотарника канадского.

Литература

1. Конвенция о биологическом разнообразии // Организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www. un.org/ru/documents/dul_conv/conventions/biodiv.shtmi. – Дата доступа: 05.05.2024.

2. Борщевик Сосновского – высокоурожайное кормовое растение / С. С. Харкевич [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1964. – 36 с.

3. Смолин, Н. В. Поиск путей борьбы с борщевиком Сосновского продолжается / Н. В. Смолин, Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский // Защита и карантин растений. – 2011. – № 8. – С. 26–28.

4. Распространение инвазивных видов растений в полях севооборота / Е. А. Якимович [и др.] // Стратегия ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков и других опасных инвазивных видов растений: матер. науч.-пр. сем-ра, Минск, 17–19 сент. 2019 г. / Ин-т эксперим. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2019. – С. 72–73.

5. Бакей, С. К. Всхожесть семян инвазивных видов растений рода Золотарник (*Solidago*) / С. К. Бакей // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 107–111.

6. Прохоров, В. Н. Золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.): биологические особенности, хозяйственное использование и меры ограничения распространения / В. Н. Прохоров, Н. А. Ламан // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 47. – С. 150–168.

7. О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации растений: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 28.11.2008 г., № 106 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minpriroda.gov.by/ru/ – Дата доступа: 29.05.2024.

8. О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 07.12.2016 г., № 1002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.government.by/ru/solutions/2707 – Дата доступа: 29.05.2024.

9. Охрана окружающей среды и природопользование. Растительный мир. Требования к проведению работ по ограничению распространения численности инвазивных растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных растений) различными методами: ТКП 17.05-03-2020 (33140). – Введ. 01.10.2020. – Минск, 2020. – 15 с.

10. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; сост.: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип., 2007. – 58 с.

11. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / М-во сел. хозва Рос. Федерации, Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. ин-т защиты растений; сост.: А. А. Петунова [и др.]; ред. В. И. Долженко. – СПб.: [б. и.], 2013. – 280 с.

12. «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь». Гербициды. [Электронный ресурс] // ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». – Режим доступа: https://www.ggiskzr.by/reestr/reestr-pdf/6.5.%20%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B4%D1%8B.pdf. – Дата доступа: 10.05.2024.

Поступила в редакцию 18.09.2024 г.

УДК 581.522.4:631.529

В. Н. ПРОХОРОВ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИСКОРЕНЕНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: prohoroff1960@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждается современное состояние проблемы ограничения распространения и искоренения опасных инвазивных видов растений – гигантских борщевиков – на примере, борщевика Сосновского и пути их решения. Приведены сведения по предложенным к настоящему времени методам уничтожения этих растений – агротехническим, механическим, химическим и биологическим. С учетом анализа уже накопленного опыта борьбы с гигантскими борщевиками обосновываются наиболее эффективные способы ограничения распространения этих инвазивных видов. Приведена резолюция участников семинара «Стратегия ограничения распространения и искоренения опасных инвазивных видов растений», состоявшегося 2 апреля 2024 г. в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси (г. Минск).

Ключевые слова: инвазивные виды, борщевик Сосновского, гербициды.

V. N. PROKHOROV

PRACTICAL EXPERIENCE IN THE DISTRIBUTION LIMITING AND ERADICATION OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: prohoroff1960@mail.ru

Annotation. The article discusses the current state of the problem of limiting the spread and eradication of dangerous invasive plant species – giant hogweed – using the example of Hogweed Sosnowski and ways to solve them. Information is provided on the currently proposed methods for destroying these plants – agrotechnical, mechanical, chemical and biological. Taking into account the analysis of the already accumulated experience in the fight against giant hogweed, the most effective ways to limit the spread of these invasive species are substantiated. The resolution of the participants of the seminar "Strategy for limiting the spread and eradication of dangerous invasive plant species", held on April 2, 2024 at the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk), is presented.

Key words: invasive species, Hogweed Sosnowski, herbicides.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы на территории республики Беларусь и других стран мира на фоне глобального изменения климата отмечено существенное увеличение численности популяций инвазивных видов. Инвазивные виды приводят к огромным экономическим потерям [1–3]. Недавно опубликованные результаты исследований группы ученых на основе анализа данных с 1970 г. показали [4], что стоимость ущерба, причиняемого вторжением инвазивных видов по всему миру, утраивается каждое десятилетие, причем быстрорастущие расходы не имеют тенденцию к замедлению, и более чем в 10 раз превышают финансирование предотвращения или борьбы с этими биологическими экспансиями. Отмечается, что биологические инвазии оказывают более негативное воздействие на окружающую среду, чем химическое загрязнение. Для многих стран инвазивные чужеродные виды представляются даже более серьезной по сравнению с изменением климата угрозой [5]. Инвазивные виды часто являются причиной исчезновения аборигенных организмов, деградации редких и находящихся под угрозой экосистем, неурожаев и снижения продуктивности сельскохозяйственных культур, а также ущерба для инфраструктуры, туризма и отдыха. Эти виды заселяют нарушенные местообитания, активно внедряются в естественные лесные, прибрежные, луговые фитоценозы, изменяют их облик, нарушают сукцессионные

связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуя значительные по площади одновидовые сообщества, что негативно сказывается на природном биоразнообразии [6].

Одним из наиболее опасных инвазивных видов-трансформеров в настоящее время на территории Беларуси является интродуцированный во второй половине XX в. борщевик Сосновского. Основным районом первичной интродукции борщевиков в Беларуси являлся Центральный ботанический сад, в котором в 1955 г. создана коллекция перспективных кормово-силосных растений и начато их масштабное изучение. Исследования по интродукции борщевиков организованы в связи с необходимостью интенсификации кормопроизводства и совершенствования кормовой базы животноводства. Программа по интродукции, акклиматизации и изучению новых кормово-силосных растений включала борщевики, горцы, окопники, катраны, сильфию, моралий корень и др. В 1980 г. коллекция борщевиков насчитывала 26 видов. По результатам комплексных исследований наиболее перспективным для внедрения в производство был признан борщевик Сосновского, плантации которого были заложены во многих районах Беларуси. В последующем хозяйства, в которых проводилось его внедрение в культуру и обмен опытом по его выращиванию стали основными центрами распространения борщевика Сосновского [7, 8].

Первые опытно-производственные посевы борщевика Сосновского площадью около 1 га заложены осенью 1960 г. в совхозах «Большевик» и «Рассвет» Минского района, земли которых примыкали к г. Минску (рис. 1). В последующие годы площадь их была доведена до 7 га. За прошедшие 60 лет большая часть этих земель стала городской территорией.

Вместе с новыми землями г. Минск получил и проблему борщевика Сосновского (рис. 2).

По состоянию на 1 января 2023 г. площадь произрастания борщевика Сосновского в целом по республике составила 4639,1 га. Наиболее инвазированными являются Витебская и Минская области, на долю которых приходится 78,5% и 16,9% от общей площади произрастания растения в республике (рис. 3).

Сложившаяся тяжелая ситуация с массовым распространением борщевика Сосновского на территории страны требовала немедленного принятия решений на самом высоком уровне. В этой связи для ограничения распространения и искоренения борщевика Сосновского в Республике Беларусь в 2008 г. Советом Министров утвержден «План действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения вредоносного чужеродного вида растения – борщевика Сосновского» (утвержден 4 октября 2008 г. № 06/214-383, Заместителем Премьер-министра Республики Беларусь А. Н. Косинцем).

Следующим шагом в этом направлении стало постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов дикорастущих растений» (от 10 января 2009 г., № 2), где впервые утвержден перечень видов дикорастущих растений, которые оказывают вредное воздействие и (или) представляют угрозу биологическому разнообразию, жизни и здоровью граждан. Первый вариант этого документа включал 5 особо опасных инвазивных вида: борщевик Сосновского, борщевик Мантегаццы, золотарник канадский, клен ясенелистный и эхиноцистис лопастной. Одновременно утверждена инструкция о порядке мероприятий по регулированию распространения и численности дикорастущих, в том числе инвазивных видов растений.



Рис. 1. Производственные посевы борщевика Сосновского в совхозе «Большевик» Минского района (1961 г.)

Fig. 1. Production crops of Hogweed Sosnowski at the «Bolshevik» state farm in the Minsk region (1961)



Рис. 2. Заросли борщевика Сосновского, микрорайон «Курасовщина» (2000 г.)

Fig. 2. Thickets of Hogweed Sosnowski, Kurasovshchina microdistrict (2000)

В дальнейшем для усиления эффективности мер борьбы и ограничения распространения инвазивных видов было принято Постановление Совета Министров Республики Беларусь «Правила благоустройства и содержания населенных пунктов» (28 ноября 2012 г., №1087) и Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений» (7 декабря 2016 г., № 102). В приложении к последнему приводится утвержденный обновленный перечень видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию, в котором уже 9 позиций: борщевик Сосновского, борщевик Мантегацци, золотарник канадский, золотарник гигантский, клен ясенелистный, эхиноцистис лопастной, конопля посевная, мак снотворный и робиния лжеакация. Позднее, в 2021 г. в этот список добавлена амброзия полыннолистная.

В 2017 г. во исполнение поручений Администрации Президента Республики Беларусь от 16 августа 2017 г. №09/315 и последующего Совета Министров Республики Беларусь от 13 сентября 2017 года №06/214-212/10533р разработана «Стратегия и план действий по борьбе с борщевиком Сосновского и другими опасными инвазивными видами растений на территории Республики Беларусь на 2018–2025 гг.», которая утверждена решением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №48-Р от 10.08.2018 г.



Рис. 3. Гигантские борщевики (Витебская область, 2000 г.)

Fig. 3. Giant hogweed (Vitebsk region, 2000)

Позднее, при активном участии ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси», разработан и введен в действие технический кодекс установившейся практики ТКП 17.05-03-2020 (33140). Охрана окружающей среды и природопользования. Растительный мир. Требования к проведению работ по ограничению распространения и численности инвазивных видов растений (борщевика Сосновского, золотарника канадского, эхиноцистиса лопастного и других инвазивных видов растений) различными методами, в который в последующем внесены дополнения, введенные с 1 февраля 2024 г.

Начиная с 2008 г. в республике проведено большое количество обучающих семинаров, мастер-классов, научно-практических семинаров (Витебск, 2018; Минск, 2019; Ушачи, 2021), на которых специалистами в области биологических инвазий детально анализировалось состояние дел в этой области в стране и предлагались новые эффективные методы ограничения распространения инвазивных видов, что способствовало значительному сокращению площадей их распространения. Только за период с 2019 г. по 2024 г. проведено 96 тематических мероприятий. Однако, несмотря на значительные успехи по ограничению распространения борщевика Сосновского, проблема инвазивных видов по-прежнему стоит остро. Поэтому по инициативе Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси 2 апреля 2024 г. в г. Минске проведен научно-практический семинар «Стратегия ограничения распространения и искоренения инвазивных видов растений», в котором приняли активное участие представители всех заинтересованных министерств и ведомств, областных и районных исполнительных комитетов, научных учреждений. Одним из направлений работы семинара было обобщение практического опыта по ограничению распространения и искоренению борщевика Сосновского в Республике Беларусь.

Участниками семинара отмечена важность проведения профилактических мероприятий по контролю за распространением этого инвазивного вида. Одним из них является контроль за перемещаемыми грунтами. Для исключения появления новых очагов распространения борщевика Сосновского на территории г. Минска Мингорисполком принял постановление, которым обязывает заказчиков на стадии проектирования оценивать засоренность семенами борщевика Сосновского грунтов, снимаемых со строительных площадок, с целью использования его для закладки и ремонта газонов (решение Минского городского исполнительного комитета «Об активизации работ по уничтожению борщевика Сосновского на территории г. Минска, 14 октября 2010 г., № 2399) (рис. 4).

Благодаря этому решению и проведению некоторых других мероприятий площадь территорий, засоренных жизнеспособными семенами борщевика Сосновского в г. Минске, снизилась с 242 га в 2011 г. до 15,8 га в 2023 г.

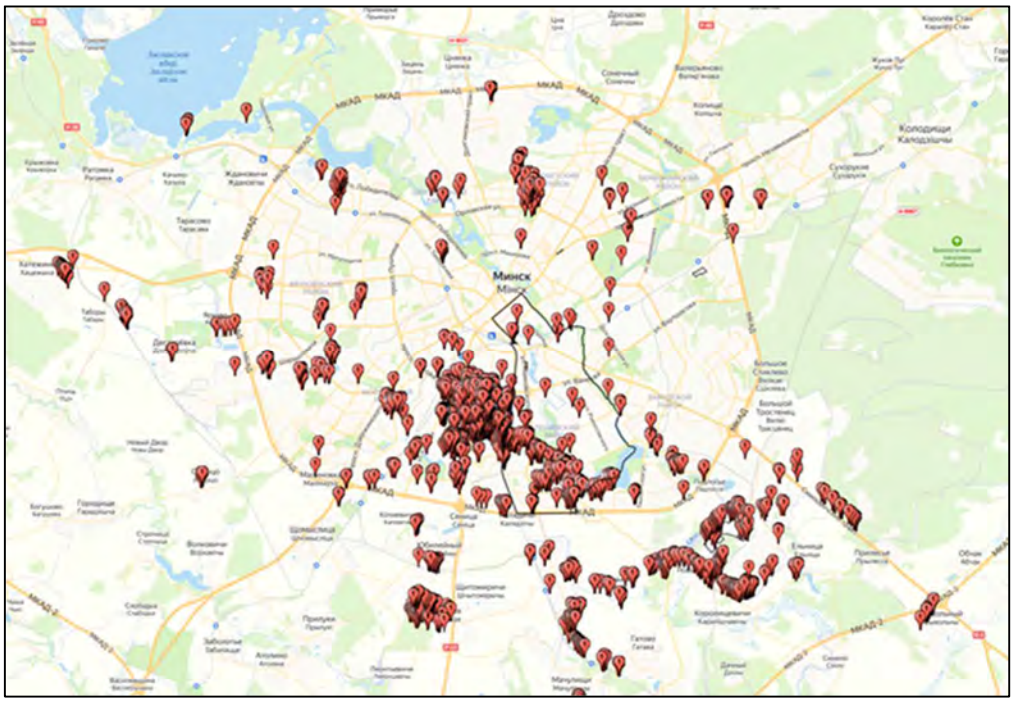


Рис. 4. Карта засоренности плодородного слоя почвы различных районов г.Минска

Fig. 4. Map of contamination of the fertile soil layer in various areas of Minsk

Объекты (материалы) и методы исследования. Результаты и их обсуждение

Наряду с проведением профилактических мероприятий, большое значение имеют истребительные меры борьбы.

Уничтожение гигантских борщевиков включает ручные и механические методы, использование гербицидов. Некоторые методы искоренения лучше применять на маленьких участках, другие на больших. Выбор метода зависит от среды обитания, стадии развития растений, площади популяции и др. Чаще всего используется целый комплекс способов для их уничтожения. Рассмотрим более подробно предлагаемые в настоящее время методы.

Полное удаление стеблекорня. Полное удаление стеблекорня – трудоемкий, но и самый эффективный метод, благодаря которому растение уничтожается после одной «операции» (рис. 5). Ручной метод эффективен и экономически выгоден для уничтожения отдельных экземпляров или небольших популяций – менее 200 растений. На больших популяциях данный метод применяется редко и только при наличии времени и достаточной рабочей силы. Плотность популяций может колебаться в значительных пределах – от 1–3 до 20 растений и более на 10 м^2.

Срезание верхней части стеблекорня. Если на данном участке семена не будут попадать в почву в течение нескольких лет, то путем срезания головки стеблекорня можно добиться полного уничтожения популяции за это время. Головку стеблекорня срезают под землей, используя лопату или мотыгу с острым лезвием, чтобы на оставшейся в почве его части не было почек, которые позже могут дать побеги возобновления (рис. 6). Чтобы сделать этот метод уничтожения более эффективным, спустя 1–2 недели после «операции» участок снова осматривают и подрезают стеблекорни, пропущенные в первый раз. Эффект будет еще выше, если после этих операций отрастающие растения обработать гербицидом, что гарантирует полное уничтожение растений гигантских борщевиков [7].



Рис. 5. Внешний вид выкапываемого растения борщевика Сосновского

Fig. 5. Appearance of a dug-out Hogweed Sosnowski plant



Рис. 6. Срезание верхней части стеблекорня борщевика Сосновского

Fig. 6. Cutting the upper part of the stem root of Hogweed Sosnowski

Наиболее благоприятный период для частичного или полного удаления стеблекорней борщевика Сосновского – фаза розетки, которая обычно наблюдается во второй половине апреля – начале мая (рис. 7А, 7Б). В этот период к еще небольшим растениям борщевика легко подойти и выкопать их полностью или срезать верхнюю часть стеблекорня. Этому способствует и высокая влажность почвы в весенний период, позволяя легко вводить лезвие лопаты в почву [9].



Рис. 7. А – Фаза розетки растений борщевика Сосновского, Б – общий вид популяции в этой фазе

Fig. 7. А – Rosette phase of Hogweed Sosnowski plant, Б – general view of the location during this phase

Вспашка. Это один лучших методов механического уничтожения гигантских борщевиков, хотя и должен применяться для полного их уничтожения в течение нескольких лет, так как крупные стеблекорни способны к прорастанию даже после оборота плугом почвенного пласта (рис. 8). Крупные стеблекорни при перепашке желательно выбирать вручную и удалять за пределы поля. Вспашка значительно снижает и количество проросших семян. Лучшие результаты получаются, если перед вспашкой применены гербициды. Несмотря на видимый быстрый эффект нужно постоянно помнить о возможности появления новых растений борщевика на участке даже после оборота пласта.



Рис. 8. Растение борщевика Сосновского, пробившееся на поверхность почвы после оборота пласта

Fig. 8. Hogweed Sosnowski, plant making its way to the soil surface after the formation turnover

Скашивание растений. Скашивание растений должно применяться для уничтожения популяций борщевиков, по крайней мере, 2–3 раза за вегетацию в течение нескольких лет, пока не будут исчерпаны запасы питательных веществ в стеблекорнях. После скашивания у борщевиков через несколько недель быстро отрастают новые листья. Поэтому если не проводить повторных скашиваний растений они не только отрастают, но и образуют соцветия и жизнеспособные семена (рис. 9). В этой связи, повторное кошение должно проводиться не позже, чем через 3–4 недели после первого. Этот приём эффективен для уничтожения генеративных побегов борщевика, несущих соцветия. Ручное кошение применяется на небольших участках, неудобных для применения техники. Кошение необходимо проводить до цветения растений. Если цветоносы удаляются в период цветения и начала завязывания плодов, они сразу же должны быть убраны в кучи и сожжены, так как генеративный побег имеет запас питательных веществ, достаточный для того, чтобы в главном зонтике упавшего растения дозрели завязавшиеся семена. Не рекомендуется скашивание борщевиков в момент осыпания семян с растений, ибо это будет приводить к рассеиванию семян на еще большой площади и распространению их на новые территории. В местах, где регулярно проводится скашивание вегетирующих растений (обочины ведущих автомагистралей), распространение борщевика не про-



Рис. 9. Отрастание растений борщевика Сосновского после однократного скашивания

Fig. 9. Regrowth of Hogweed Sosnowski plants after a single mowing

исходит, поскольку растения не могут оставить семенное потомство. Наиболее эффективно скашивание при появлении цветоносов. При скашивании в фазе розетки листьев цветоносные побеги практически не удаляются, а лишь ослабляется растение в целом, что приводит в дальнейшем к уменьшению числа и массы семян [8]. Наличие борщевиков на сенокосных угодьях не должно пугать производственников. Зеленая масса с их участием поедается животными и хорошо силосуется. Главное производить уборку до массового цветения растений. Если это сделать невозможно, необходимо удалять цветоносы вручную.

Есть и другие варианты борьбы с борщевиком Сосновского. Это такие как вытягивание растений с корнем, удаление соцветий или цветоносов в период бутонизации и начала цветения, сжигание сухих соцветий, использование укрывных затеняющих материалов, укрытие растений и семян большим слоем грунта. Однако они эффективны на одиночных растениях или маленьких популяциях борщевика. Поиск природных патогенов и вредителей для борьбы с этим инвазивным видом пока не принес ощутимых успехов.

Химические методы борьбы. В последнее время все чаще борьба с борщевиками ведется при помощи гербицидов, особенно в труднодоступных для техники местах.

В настоящее время «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь», включает несколько групп гербицидов различного типа действия:

– гербициды сплошного действия на основе глифосата, содержащие различное количество глифосата кислоты (от 360 г/л до 687 г/л) – Буран Супер, ВР (4,0–5,0 л/га), Торнадо 500, ВР (4,0–5,0 л/га), Гроза Ультра, ВР (4,0–5,0 л/га) и др.;

– гербициды сплошного действия на основе сульфометурон-метила – Терсан, ВДГ и Веник, ВДГ (д.в. сульфометурон-метила кислота, 750 г/кг);

– гербициды сплошного действия на основе имазапира – Грейдер, ВГР и Форус, ВК (д.в имазапир, 250 г/л);

– гербициды системного действия – Магнум, ВДГ (производные сульфонилмочевины, д.в. метсульфурон-метил, 600 г/кг), Балерина, СЭ (д.в. – 2,4-Д кислота в виде 2 этилгексилового эфира, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л). Относится к группе комбинированных препаратов арилоксиалкилкарбоновых кислот [10].

Гербициды на основе глифосата угнетают рост и развитие борщевика Сосновского только в течение 30 дней после обработки, в дальнейшем (через 60–90 дней) происходит отрастание борщевика Сосновского. В случае применения этих гербицидов в течение сезона необходимо предусмотреть 2–3 обработки участка. Срок применения глифосатов ограничен ранними фазами развития борщевика Сосновского, а также после скашивания растений или весной в фазе розетки при высоте растений борщевика до 20 см. Глифосаты не обладают почвенной активностью, поэтому семена борщевика быстро дают всходы, которые снова формируют популяцию. В тоже время отсутствие почвенной активности позволяет высевать любые виды газонных трав без ограничений. Норма расхода препаратов до 5 л/га.

Терсан, ВДГ относится к 3 классу опасности. Проникает в растение через листья и корневую систему в течение 1 часа. Полная гибель растений наступает через 30–40 дней. Полностью подавляет прорастание семян гигантских борщевиков в течение 1–2 лет, поэтому восстановление растительности на обработанных участках наступает не ранее, чем через 6 месяцев после применения Терсан, ВДГ. Внесен в «Государственный реестр средств защиты растений …». Норма

применения гербицида 0,3–0,35 кг/га. Разрешен для борьбы с борщевиком Сосновского на землях несельскохозяйственного пользования и в населенных пунктах (рис. 10).



Рис. 10. Внешний вид территорий, засоренных борщевиком Сосновского, до обработки гербицидами сплошного действия (А), после обработки (Б), и на второй год после их применения (В)

Fig. 10. Appearance of areas infested with Hogweed Sosnowski before treatment with continuous herbicides (A), after treatment (Б), and in the second year after their application (B)

Грейдер, ВГР – гербицид среднетоксичен для человека, 3 класс опасности. Хорошо поглощается корнями и листьями растений, быстро передвигается по проводящей системе и накапливается в точках роста. При попадании в почву сохраняется в течение нескольких месяцев, что позволяет в этот период контролировать прорастание семян гигантских борщевиков. Биологическая активность препарата в почве сохраняется от трех месяцев до одного года. Внесен в «Государственный реестр средств защиты …». Норма внесения гербицида 2–2,5 л/га. Разрешен для борьбы с борщевиком Сосновского на землях несельскохозяйственного пользования (полосы отчуждения линий электропередач, трассы газо- и нефтепроводов, насыпи железнодорожных и шоссейных дорог, аэродромы, и др. промышленные территории) и в населенных пунктах.

Магнум, ВДГ в норме 40–300 г/га подавляет деление клеток в растущих кончиках корней и побегов чувствительных растений, ингибируя образование аминокислот с разветвленной цепью (валин, изолейцин). Рост растений прекращается через несколько часов после обработки, но видимые признаки ингибирования появляются через 5–10 дней, полная гибель наступает через 15–25 дней. Поскольку у человека и животных такой фермент отсутствует, производные сульфонилмочевины малотоксичны и для человека, и для животных. $ЛД_{50}$ в опытах на крысах составляет 5000 мг/кг живого веса. Активность сульфонилмочевины может проявляться в очень малых дозах (до 10 г/га). Она в меньшей степени, чем препараты других классов, зависит от факторов внешней среды (температура, гранулометрический состав почвы) и быстро (за 2–3 часа) проникает в сорные растения. Ее применение позволяет сохранить злаковый травостой. Препараты на основе сульфонилмочевины совместимы с большинством пестицидов, поэтому ее можно при необходимости применять в баковых смесях. Ниже приведены несколько примеров высокой эффективности препарата Магнум, ВДГ в борьбе с борщевиком Сосновского (рис. 11–12).

Балерина, СЭ – гербицид в норме 2,0–4,0 л/га в течение 60 дней сдерживает рост и развитие борщевика Сосновского и обладает хорошей селективностью по отношению к злаковым растениям. Препарат системного действия, в растения поступает через надземные органы и корневую систему. Действующее вещество, попадая на лист, проникает в симпласт и передвигается, как и сахароза, по общей транспортной системе, но с более высокой скоростью. Балерина, СЭ в норме расхода 2,0 л/га сдерживает рост борщевика Сосновского на 90,7%.



Рис. 11. Вид участка до обработки препаратом Магнум, ВДГ (слева) и через 2 месяца после обработки (РНПЦ травматологии, г.Минск)

Fig. 11. View of the area before treatment with Magnum (left) and 2 months after treatment (Republican Scientific and Practical Center for Traumatology, Minsk)



Рис. 12. Вид участка до обработки препаратом Магнум, ВДГ (слева) и через 2 месяца после обработки (парк «Курасовщина» г. Минск)

Fig. 12. View of the area before treatment with Magnum (left) and 2 months after treatment (Kurasovshchina Park, Minsk)

Наиболее частой ошибкой при проведении мероприятий по борьбе с борщевиком Сосновского является несоблюдение сроков обработки. Обработка растений должна проводиться ранней весной по активно растущим растениям (фаза розетки листьев, лежащих на почве) (рис. 13А) или по молодым отрастающим листьям после скашивания (рис. 13Б). В случае одиночных растений с крупными закончившими рост листьями достаточно нанесения гербицида на появляющийся молодой лист или соцветие в центре розетки. Остальную часть растения обрабатывать необязательно (рис. 13В), однако в данном случае гербицид практически не попадает на поверхность почвы и не блокирует прорастание семян борщевика. На рис. 13С – период физиологического покоя растений борщевика (август); в это время норма гербицидов для уничтожения растения возрастают кратно.

Если время упущено и популяция борщевика представлена растениями со сформированными листьями летней генерации (длинночерешковые с огромными по площади листовыми долями) предварительно проводят скашивание. Обработку гербицидом осуществляют через 7–10 дней по молодым интенсивно отрастающим листьям. Эффективность такой двухступенчатой обработки снижается за счет разновозрастных растений борщевика, обладающих разными запасами питательных веществ, и, соответственно, разной скоростью возобновления роста новых морфоструктур – акцепторов гербицидов. Кроме того, происходит снижение поступления препарата в верхний слой почвы за счет перекрытия ее поверхности скошенными листьями борщевика. Одновременно наблюдается неравномерность распределения гербицида на площади, что в свою очередь приводит к мозаичности появления всходов борщевика.



А Б В Г

Рис. 13. Сроки обработки растений борщевика Сосновского гербицидами
Условные обозначения: А – фаза розетки листьев весенней генерации, Б – молодые отрастающие листья борщевика после скашивания, В – цветонос в центре розетки листьев летней генерации, Г – растения борщевика в период физиологического покоя

Fig. 13. Timing of treatment of Hogweed Sosnowski plants with herbicides
Legend: A – rosette phase of spring generation leaves, Б – young growing hogweed leaves after mowing, B – peduncle in the center of the rosette of summer generation leaves, Г – hogweed plants during the period of physiological dormancy

Часто обработки гербицидами проводятся в поздние сроки, когда у растений борщевика Сосновского повышается устойчивость к гербицидам. В результате эффективность обработок резко снижается. Во многих случаях такая ситуация связана с несвоевременным проведением централизованных закупок (тендеров) гербицидов, работ (услуг) по борьбе с инвазивными видами растений.

Кроме того, по заключению Минприроды, причинами, определяющими текущую ситуацию с инвазивными видами в целом и с борщевиком Сосновского в частности, являются:

– неудовлетворительная организация работ по выявлению мест и определению площадей произрастания инвазивных видов растений со стороны территориальных органов Минприроды и землепользователей;

– отсутствие должного контроля за качеством проводимых мероприятий со стороны территориальных органов Минприроды;

– несоблюдение требований разработанного НАН Беларуси ТКП 17.05-03-2020 (33140) в части технологии проведения работ.

Заключение

Исходя из вышесказанного, принимая во внимание большую важность решения проблемы ограничения распространения и искоренений инвазивных видов растений для биобезопасности страны участники семинара «Стратегия ограничения распространения и искоренения опасных инвазивных видов растений» приняли резолюцию, в которой постановили обратить внимание в первую очередь на решение следующих вопросов:

1) Разработка стратегии и плана действий по борьбе с борщевиком Сосновского и другими опасными инвазивными видами растений на территории Республики Беларусь до 2035 года.

2) Разработка планов действий борьбы с инвазивными видами растений, включающая разработку стратегии и тактики борьбы на отдельных территориях, в том числе определение основных очагов и путей распространения инвазивных видов растений и их локализации, определение жизнеспособности популяций, определение способов борьбы и последовательности их применения, разработку мероприятий по рекультивации участков и восстановлению растительного покрова, формирование индивидуального подхода к борьбе с отдельными популяциями, обработку различными гербицидами в зависимости от категории земель и т.д. Согласование планов действий в прилегающих районах и структурах различной формы собственности.

3) Обязательное применение научно-обоснованных доз и сроков обработки растений гербицидами, сочетающими высокую гербицидную активность с минимальной пестицидной нагрузкой на экологическую систему и приемлемых агротехнических методов. При выборе гербицидов следует отдавать предпочтение препаратам избирательного действия на основе метсульфуронметила, позволяющим не только с очень высокой эффективностью уничтожать растения борщевика, но и подавлять прорастание его семян в течение 1–2 лет, сохранять злаковый растительный покров, предотвращать водную и ветровую эрозию почв. Учесть возможное поэтапное применение разных классов гербицидов на больших популяциях борщевика Сосновского, включающее применение препарата Террсан, ВДГ на первом этапе борьбы.

4) Заблаговременное осуществление централизованных закупок (тендеры) гербицидов, работ (услуг) по борьбе с инвазивными видами растений. Правильное формирование технических заданий, обязательно включающих недопущение цветения растений в результате проведения мероприятий. Согласование и утверждение единой методики учета площадей, засоренных растениями и семенами борщевика Сосновского, от которой зависит точность расчета необходимых затрат на уничтожение растений и оценка эффективности проводимых мероприятий.

5) Обязательное проведение исследований грунтов, снимаемых со строительных площадок, на наличие жизнеспособных семян борщевика Сосновского. Проведение системной работы по тиражированию опыта по оценке засоренности плодородного слоя почвы, снимаемого со строительных площадок, жизнеспособными семенами борщевика Сосновского.

6) Расширение исследований фундаментальных проблем фитоинвазий (миграционные потоки, конкурентные взаимоотношения, генетические, физиолого-биохимические, популяционные аспекты инвазий и т.д.). Изучение потенциально опасных древесно-кустарниковых инвазий и разработка способов борьбы с ними исходя из их биологических особенностей.

7) Внедрение новых эффективных способов и приемов борьбы с инвазивными видами растений, таких как применение агродронов и биологических средств защиты.

8) Разработка нормативных документов по переводу земель из одной категории в другую. Вовлечение неиспользуемых земель в хозяйственный оборот. Обязательное проведение земле- и лесоустроителями картирования участков, засоренных инвазивными видами. Разработка способов эколого-ориентированной борьбы на особо охраняемых природных территориях. Обеспечение взаимодействия и обмена данных о распространении инвазивных видов в системе Минприроды и Государственного кадастра растительного мира.

9) Проведение широкой информационной и разъяснительной работы о биологических особенностях инвазивных видов и их негативном воздействии на окружающую среду и человека, экономическом ущербе, необходимости ограничения их распространения, основных мерах борьбы, а при необходимости и о мерах предосторожности при контакте с ними (например, гигантские борщевики).

10) Создание межотраслевого кластера по борьбе с инвазивными видами. Проведение региональных семинаров и мастер-классов по борьбе с чужеродными видами растений для специалистов.

11) Формирование государственной программы научных исследований «Биологические инвазии чужеродных видов» по изучению эколого-биологических особенностей инвазивных растений в изменяющихся климатических условиях, мониторинга их распространения и разработки эффективных способов их ограничения.

Литература

1. Ламан, Н. А. Научная методология, законодательные и административные решения, определяющие стратегию борьбы с фитоинвазиями в Республике Беларусь / Н. А.Ламан // мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. «Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться», Москва, 10–11 февраля 2022 г. / Ботанический сад биологического факультета МГУ; отв. ред. В. В. Чуб. – М., 2022. – С.85–95.

2. McDowell, W. G. High abundance of an invasive species gives it an outsized ecological role / W. G. McDowell, I. F. Byers // Freshw. Biol. – 2019. – Vol. 64, № 3. – P. 577–586.

3. Pimentel, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States / D. Pimentel, R. Zuniga, D. Morrison // Ecol. Econ. – 2005. – Vol. 52. – P. 273–288.

4. High and rising economic costs of biological invasions worldwide / C. Diagne [et al.] // Nature. – 2021. – Vol. 592. – P. 571–576.

5. Verlaque, M. Biological invasion: Long term monitoring of the macroalgal flora of a major European harbor complex / M. Verlaque, G. Breton // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – Vol. 143, №11 – P.228–241.

6. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions / D. M. Richardson [et al.] // Diversity and Distributions. – 2000. – Vol. 3, № 6. – P. 14–93.

7. Ламан, Н. А. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси. / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский. – Минск, 2009. – 40 с.

8. Ламан, Н. А. Способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков: современное состояние проблемы / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // Ботаника: (исследования) : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 40. – С. 469–489.

9. Методология и способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск, 2020. – 44 с.

10. Шкляревская, О. А. Методические рекомендации по борьбе с инвазивными видами растений (борщевик Сосновского, золотарник канадский) / О. А. Шкляревская, Е. А. Якимович. – Минск: Колоград, 2024. – 67 с.

Поступила в редакцию 18.09.2024 г.

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА
FLORA AND TAXONOMY

УДК 575.174.015.3+58.009+582.594.2

Н. В. ГУДНАЯ

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ БЕЛОРУССКИХ ПОПУЛЯЦИЙ БРОВНИКА ОДНОКЛУБНЕВОГО (*HERMINIUM MONORCHIS* (L.) R. BR.)

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

Аннотация. При помощи iPBS маркеров, основанных на ретротранспазонах проведена оценка генетического разнообразия и структуры двух популяций бровника одноклубневого (*Herminium monorchis* (L.) R. Br.), произрастающего в Беларуси. Анализ популяционной структуры показал, что изученные популяции характеризуются высоким генетическим разнообразием, отличаются друг от друга незначительно и между ними обнаружен высокий уровень потока генов (Nm=2,28). Также установлено что большая доля генетического разнообразия обнаруживается внутри популяций. Отмечена приоритетная для сохранения как в дикой природе, так и в условиях *ex situ* популяция, обладающая более высоким уровнем генетического разнообразия.

Ключевые слова: Популяционная генетика, орхидные, iPBS маркеры.

N. V. HUDNAYA

GENETIC DIVERSITY FEATURES OF *HERMINIUM MONORCHIS* (L.) R. BR. BELARUSIAN POPULATIONS

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

Annotation. Using iPBS markers based on retrotranspasones, the genetic diversity and structure of two populations of *Herminium monorchis* (L.) R. Br. growing in Belarus was assessed. The population structure analysis showed that the studied populations are characterized by high genetic diversity, differ from each other insignificantly, and a high level of gene flow was found between them (Nm=2.28). It was also established that a large proportion of genetic diversity is found within the populations. Population, which has a higher level of genetic diversity is a priority for conservation both in the wild and in *ex situ* conditions.

Keywords: Population genetics, orchids, iPBS markers.

ВВЕДЕНИЕ

Генетическое разнообразие, являющееся продуктом длительной эволюции – основа выживания, адаптации и развития видов. Соответственно, его защита и сохранение гарантирует способность видов адаптироваться к изменениям окружающей среды [1]. В настоящее время оценка генетического разнообразия внутри и между популяциями выполняется на молекулярном уровне с использованием различных лабораторных методов, в том числе и с помощью молекулярных маркеров, основанных на ретротранспозонах. Хотя вставки транспозонов могут оказывать пагубное воздействие на геномы видов, они считаются важными для адаптивной эволюции и могут играть важную роль в приобретении ими новых признаков [2]. На LTR-ретротранспозонах основан доминантный ДНК маркер iPBS (inter-primer binding site), который нередко используется для оценки генетической гетерогенности популяция. Как общая структура LTR-ретротранс-

позонов, так и домены, ответственные за различные фазы их репликации, высоко консервативны у всех эукариот, поэтому iPBS маркеры могут быть применены ко всем видам эукариотических организмов. Для этого метода используются достаточно простые и дешевые аналитические системы (ПЦР-амплификация, гель-электрофорез), что увеличивает его преимущества при оценке таких важных параметров как генетическое разнообразие популяций и их структура [3].

Считается, что низкое генетическое разнообразие является результатом в первую очередь генетического дрейфа, вызванного фрагментацией среды обитания и динамикой популяции, обусловленной колебаниями климата и другими абиотическими и биотическими факторами. Низкая генетическая дифференциация между популяциями в значительной степени объясняется высоким уровнем потока генов и их близким географическим расположением [4]. Принято также считать, что широко распространенные виды генетически более разнообразны, чем редкие и находящиеся под угрозой исчезновения, а также виды с небольшими размерами популяций и узкими ареалами распространения [5].

Однако некоторые недавние исследования выявили относительно высокое генетическое разнообразие у видов с небольшими размерами популяций, включая несколько видов, находящихся под угрозой исчезновения, среди которых *Nouelia insignis* Franch. [6], *Rhododendron protistum var. giganteum* (Forrest ex Tagg) D.F.Chamb. [7], *Diplopanax stachyanthus* Hand.-Mazz. [8] на территории Китая.

Схожие исследования актуальны и для Беларуси, где ряд охраняемых видов растений находится в критическом состоянии. Среди них *Herminium monorchis* (L.) R. Br., численность известных популяций которого стремительно сокращается, чем вызвана актуальность работ по выяснению уровня генетического разнообразия популяций этого вида, что позволит определить их генетическую структуру и подобрать подходящие пути сохранения в условиях *in situ* и *ex situ*.

МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является *Herminium monorchis* (L.) R. Br. (бровник одноклубневый) из семейства *Orchidaceae*, который относится к I категории охраны. *H. monorchis* – многолетнее травянистое растение с округлым обычно одиночным клубнем и стеблем высотой до 25 см с 2–3 продолговато-яйцевидными листьями. Цветки мелкие, желтовато- или беловато-зеленые, собраны в рыхлое соцветие. Цветет в июне-июле, плодоносит в июле-августе, плод – коробочка. Этот евразиатский вид с достаточно обширным ареалом на территории Беларуси находится на южной границе ареала [9]. В последние десятилетия наблюдается сокращение численности вида в связи с осушительной мелиорацией, хозяйственной трансформацией земель и сукцессионными изменениями, вызванными зарастанием лугов.

При выполнении полевых обследований по сбору образцов для молекулярно-генетических исследований в 2021 г. обнаружено только 2 популяции *Herminium monorchis*: Мурогi, которая находится возле одноименного озера в Ушачском районе Витебской области, и популяция Церковно, расположенная в Верхнедвинском районе Витебской области (рис. 1). В указанных локалитетах выполнены натурные обследования популяций, оценка численности и жизненности растений, а также их документирование на интернет-платформе inaturalist.org (табл. 1). Поиск популяций в других ранее известных местах (национальный парк «Беловежская Пуща», Березинский биосферный заповедник и др.), проведенный неоднократно в 2022–2024 гг. оказался безуспешным, что, вероятно, свидетельствует об их исчезновении и критическом состоянии *H. monorchis* в Беларуси.

Для проведения исследований выделяли ДНК из предварительно высушенных в силикагеле листьев. Из популяции Мурогi (Mr) собрано 12 образцов, а из популяции Церковно (Cr) – только 4, что согласуется с их численностью. Для выделения использовали набор реагентов «ДНК-Экстран-3» (Синтол, Россия). Качество и количество выделенной ДНК проверяли с помощью NanoPhotometer Pearl Implen GmbH (Германия). В результате определено, что значения соотношения 260/280 варьируется от 1,68 до 1,93. В исследовании использовали 30 iPBS праймеров [3] (табл. 2). ПЦР проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 25 нг ДНК, 5 мкл готовой смеси для ПЦР ScreenMix (Евроген, Россия), 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, отжиг проводили при температуре 49,6–65,2°C (в зависимости от праймера) в течение 60 с, элонгация 68°C в течение 90 с. Финальная элонгация проводилась при 72°C в течение 8 мин. Амплификацию проводили в программируемом терморегуляторе C1000 Touch Thermal Cycler (MJ Research Inc., Bio-Rad Laboratories, США). Электрофорез проводили при напряжении в 65V на протяжении 5 часов в 2% агарозном

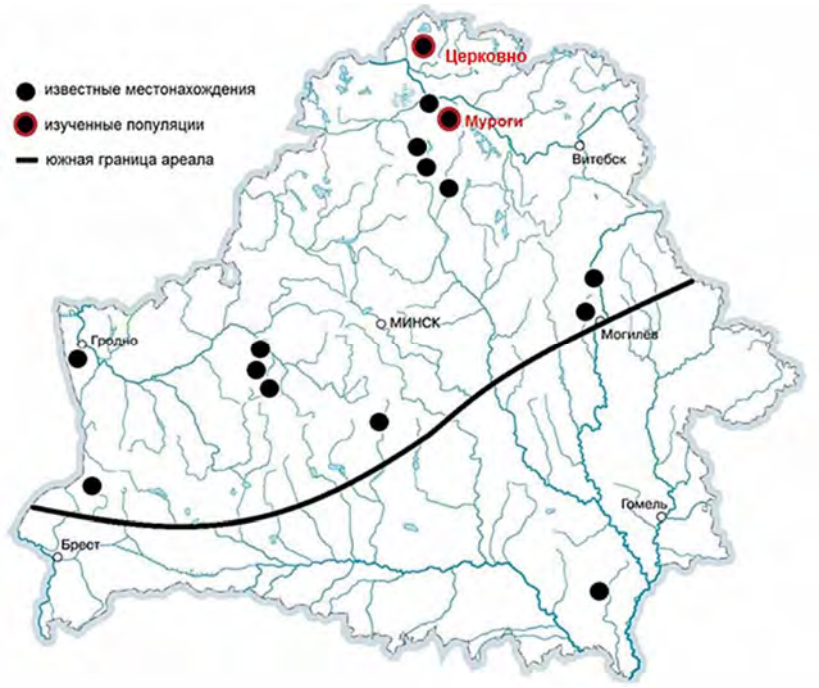


Рис. 1. Расположение исследуемых популяции *Herminium monorchis* (L.) R. Br. на территории Беларуси

Fig. 1. Location of the studied populations of *Herminium monorchis* (L.) R. Br. on the territory of Belarus

Таблица 1. Характеристика образцов *Herminium monorchis* (L.) R. Br.

Table 1. The Characteristics of sampling of *Herminium monorchis* (L.) R. Br.

Популяция	Местоположение	Координаты	Фитоценоз	Автор сбора и дата	Документирование
1 Мироги (Mr)	Витебская обл., Ушачский р-н, д. Заозерье, у оз. Мироги	55.003680, 28.393451	разнотравный луг на склоне моренного холма	Гудная Н. В., Мялик А. Н., Кручонок А. В. 28.07.2021	https://www.inaturalist.org/observations/88955198
2 Церковно (Cr)	Витебская обл., Верхнедвинский р-н, д. Церковно, к юго-западу, у оз. Освейское	56.027970, 28.224012	разнотравный луг на склоне моренного холма	Гудная Н. В., Мялик А. Н., Кручонок А. В. 29.07.2021	https://www.inaturalist.org/observations/89087191

Таблица 2. Праймеры, используемые в исследовании

Table 2. Primers used in the study

Праймер	Оптимальная температура отжига Ta (°C)	Последовательность (5' – 3')	Праймер	Оптимальная температура отжига Ta (°C)	Последовательность (5' – 3')
2074	49.6	GCTCTGATACCA	2077	55.1	CTCACGATGCCA
2389	50.0	ACATCCTTCCCA	2232	55.4	AGAGAGGCTCGGATACCA
2373	51.0	GAACTTGCTCCGATGCCA	2390	56.4	GCAACAACCCCA
2277	52.0	GGCGATGATACCA	2273	56.5	GCTCATCATGCCA
2376	52.0	TAGATGGCACCA	2394	56.5	GAGCCTAGGCCA
2375	52.5	TCGCATCAACCA	2220	57.0	ACCTGGCTCATGATGCCA
2377	53.0	ACGAAGGGACCA	2242	57.0	GCCCCATGGTGGGCGCCA
2378	53.0	GGTCCTCATCCA	2076	59.2	GCTCCGATGCCA
2383	53.0	GCATGGCCTCCA	2271	60.0	GGCTCGGATGCCA
2374	53.5	CCCAGCAAACCA	2415	61.0	CATCGTAGGTGGGCGCCA
2095	53.7	GCTCGGATACCA	2078	62.8	GCGGAGTCGCCA
2083	54.6	CTTCTAGCGCCA	2080	63.3	CAGACGGCGCCA
2237	55.0	CCCCTACCTGGCGTGCCA	2081	65.0	GCAACGGCGCCA
2239	55.0	ACCTAGGCTCGGATGCCA	2270	65.0	ACCTGGCGTGCCA
2272	55.0	GGCTCAGATGCCA	2079	65.2	AGGTGGGCGCCA

геле. Для окрашивания геля использовали бромид этидия в течение 30 минут и визуализировали с использованием системы UV Imager Gel Doc XR+ (Bio-Rad, США).

Для построения бинарных матриц на основе электрофорезов использовали программу PyElph 1.4. Все полосы электрофореза, которые можно точно распознать, рассматривали 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 (Ne) и наблюдаемое число аллелей (Na), информационный индекс Шеннона (I) генетическое разнообразие Нея (He), 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 [10]. Программный пакет GenALEx 6.5 для MS Excel использовали при расчете величины информационного полиморфизма (PIC), анализа молекулярной вариансы (AMOVA) и анализа главных координат (PCoA).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате подбора маркеров для оценки генетического разнообразия *Herminium monorchis* установлено, что праймеры 2272, 2375 и 2078 являются подходящими, поскольку они позволили получить четкие фрагменты ДНК с полиморфными локусами [11]. Результаты ПЦР с использованием маркера 2375 представлены на рис. 2.

В результате градиентной ПЦР установлены оптимальные температуры отжига подходящих праймеров, представленные в табл. 3.

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

Для используемых праймеров получено от 19 до 24 локусов и от 9 до 19 полиморфных локусов. Среднее количество локусов и полиморфных локусов для всех праймеров составило 22,33 и 15,67 соответственно.

Среднее число доли полиморфных локусов составило 68,7%. Полученные значения меры информационного полиморфизма (PIC) от 0,12 до 0,29 позволяют использовать данные маркеры для дальнейших исследований.

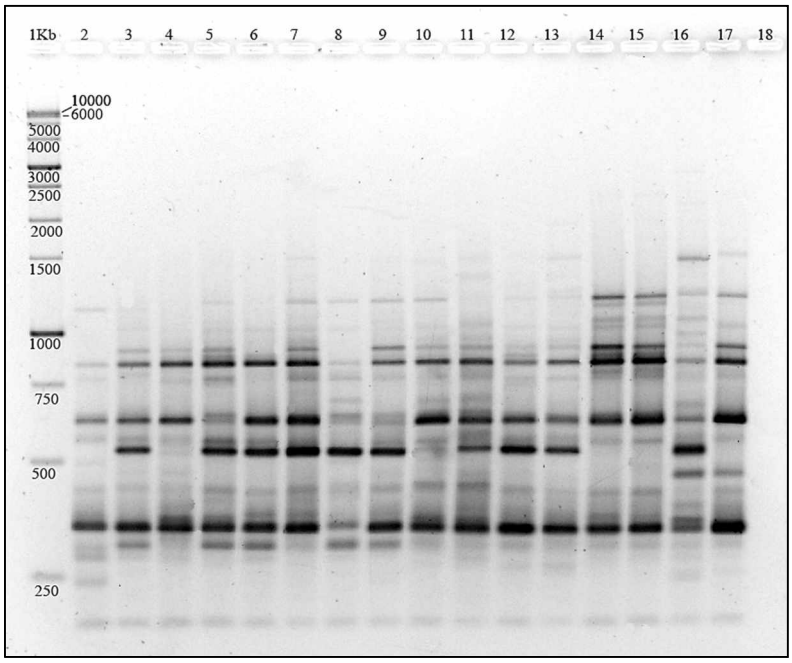


Рис. 2. Результаты ПЦР с использованием 2272 iPBS праймера для популяций Муроги (дорожки 2–13) и Церковно (дорожки 14–17)
Первая дорожка – маркер молекулярного веса 1Кб. Дорожка 18 – отрицательный контроль

Fig. 2. PCR results using 2272 iPBS primer for Murogi (lanes 2–13) and Tserkovno (lanes 14–17) populations
The first lane – 1Kb molecular weight marker. Lane 18 – negative control.

Таблица 3. Оптимальные температуры отжига праймеров после оптимизации

Table 3. Optimal primer annealing temperatures after optimization

Праймер	Оптимальная температура отжига Ta (°C)	Последовательность (5' – 3')
2375	52.2	TCGCATCAACCA
2272	54.1	GGCTCAGATGCCA
2078	62.8	GCGGAGTCGCCA

Таблица 4. Характеристика отобранных iPBS маркеров

Table 4. Characterization of selected iPBS markers

Праймер	Количество локусов	Количество полиморфных локусов	Доля полиморфных локусов (%)	Мера информационного полиморфизма (PIC)
2375	19	9	47,37	0,12
2272	24	19	79,17	0,29
2078	24	19	79,17	0,23

В результате установлено что популяция Мууроги обладает большей долей полиморфных локусов (61,19%), чем популяция Церковно (46,27%) (табл. 5). Полученные значения Na, Ne, He, I также больше у популяции Мууроги (1,61, 1,3, 0,19, 0,28 соответственно). Следовательно, популяция Церковно обладает меньшим уровнем генетического разнообразия, что указывает на ее большую уязвимость при воздействии различных неблагоприятных природных и антропогенных факторов. Полученные данные согласуются с численностью растений *Herminium monorchis* в исследованных популяциях, которая по результатам натурного обследования 2021 г. значительно выше в популяции Мууроги.

Интересной особенностью является то, что хоть *Herminium monorchis* и находится в Беларуси на грани исчезновения [9], он не обладает меньшим уровнем генетического разнообразия, чем ряд ранее изученных нами представителей семейства Орхидные. Например, для более широко распространенного вида *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch среднее значение параметров He и I составляет всего 0,11 и 0,16 соответственно [12]. У *H. monorchis* аналогичные параметры значительно выше (0,18 и 0,27), что не согласуется с широко распространенным мнением у генетической обедненности критических популяций [13].

Для всех локусов изученных популяций *Herminium monorchis* рассчитаны: Na, Ne, He, I и доля полиморфных локусов, которые составили 1,72, 1,35, 0,21, 0,32 и 71,64% соответственно. Анализ популяционной генетической структуры показал, что уровень генетической дифференциации (Gst) среди изученных популяций *H. monorchis* составил 0,18. Полученное значение Gst указывает на то, что большая часть генетического разнообразия сосредоточена внутри популяций. Поток генов между популяциями Церковно и Мууроги составил 2,28, что является весьма высоким показателем. У ранее изученного *C. longifolia*, отличающегося гораздо большим распространением, он не превышал 0,52 [12]. Согласно С. Райту [14], уровень потока генов Nm подразделяется на три категории: высокий (≥1,0), средний (0,250–0,99) и низкий (0,0–0,249). Если Nm>1, то между популяциями существует или существовал поток генов. Соответственно можно сделать вывод, что изученные популяции *H. monorchis* обладают высоким уровнем потока генов. Однако необходимо подчеркнуть два важных момента: во-первых, расчет Nm не учитывает пространственное расположение популяций и не учитывает какие-либо особенности ландшафта. Во-вторых, высокие значения Nm могут представлять исторический генетический обмен и не указывать на текущие показатели миграции, поскольку они отображают поток генов за определенный, но обычно неизвестный период времени [15]. С учетом того, что расстояние между популяциями Мууроги и Церковно превышает 110 км, можно предположить либо наличие актуальных, но неизвестных мест произрастания *H. monorchis*, либо их существование до недавнего времени.

Результаты AMOVA оказались сопоставимыми с полученным значением Gst, а именно установленный уровень межпопуляционной изменчивости оказался ниже, чем внутрипопуляционной (17% и 83% соответственно). Значение PhiPT=0,17 указывает на то, что генетически популяции различаются незначительно, так как значение PhiPT<0,2 [16]. Разница между индивидами в популяциях была статистически значимой с величиной P<0,01 (табл. 6).

С помощью анализа PCoA выявлено, что на первые три компоненты главных координат приходится 45,72% всей вариации (рис. 3). Образцы из популяции Церковно находятся в тех же квад-

Таблица 5. Параметры генетического разнообразия исследованных популяций *Herminium monorchis*

Table 5. Parameters of the genetic diversity of *Herminium monorchis* populations

Параметр	Популяция		Общее для популяций
	Mr	Cr	
Доля полиморфных локусов (%)	61,19	46,27	71,64
Наблюдаемое число аллелей (Na)	1,61 ± 0,06	1,46 ± 0,06	1,72 ± 0,06
Эффективное число аллелей (Ne)	1,3± 0,05	1,28 ± 0,05	1,35 ± 0,04
Генетическое разнообразие Нея (He)	0,19 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,02
Информационный индекс Шеннона (I)	0,28 ± 0,03	0,25 ± 0,04	0,32 ± 0,03
Общее генетическое разнообразие (Ht)	-		0,22 ± 0,004
Генетическое разнообразие в популяциях (Hs)	-		0,18 ± 0,003
Уровень подразделенности популяций (Gst)	-		0,18
Поток генов между популяциями (Nm)	-		2,28

Таблица 6. Результаты AMOVA для популяций *Herminium monorchis* (L.) R. Br.

Table 6. AMOVA results for *Herminium monorchis* populations (L.) R. Br.

Источник изменчивости	Число степеней свободы (df)	Сумма квадратов (SS)	Средний квадрат (MS)	Дисперсия	PhiPT	Доля в вариации
Общее	15	118,31	-	8,78	0,17*	-
Между популяциями	1	16,23	16,23	1,49		0,17
Внутри популяций	14	102,08	7,29	7,29		0,83
Примечение – * различия достоверны при уровне значимости p <0,01.						

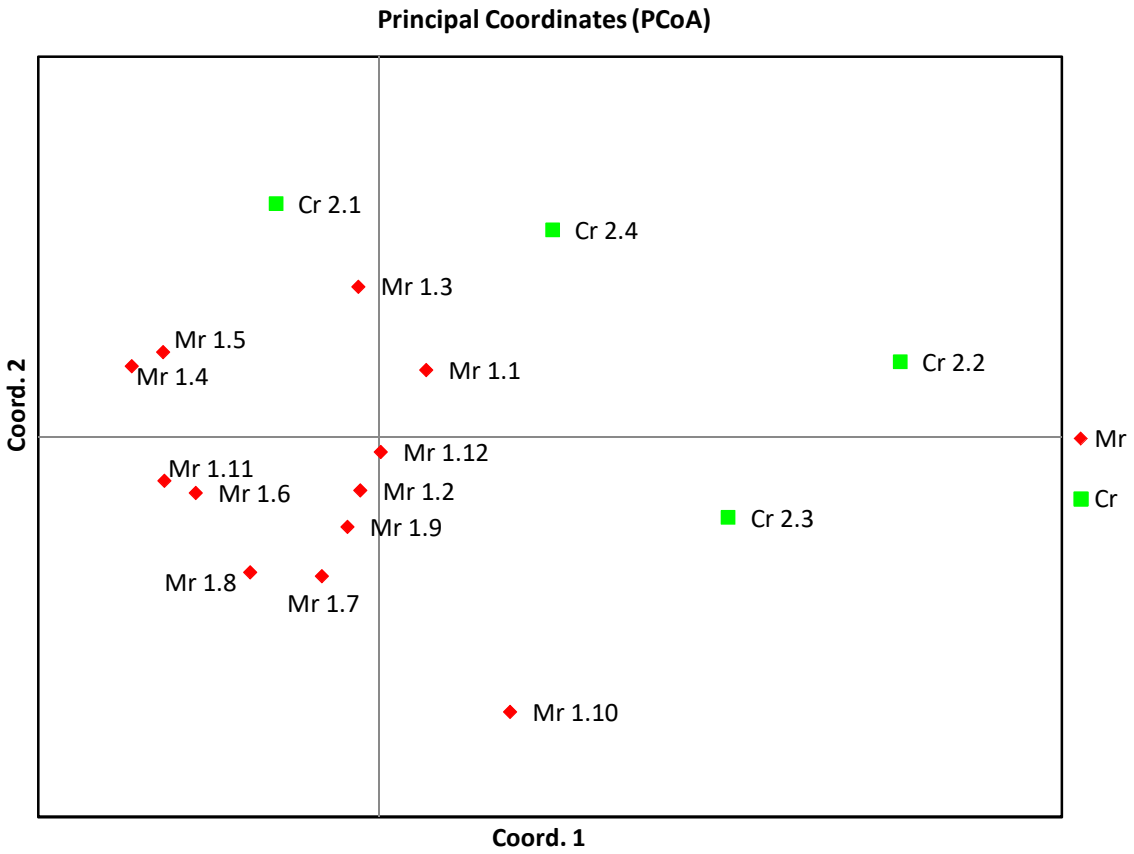


Рис. 3. Распределение исследованных образцов *Herminium monorchis* на первых двух главных координатах (PCoA)

Fig. 3. Distribution of the studied samples *Herminium monorchis* on the first two principal coordinates (PCoA)

рантах, что и большинство образцов популяции Мууроги, кроме нижнего левого квадранта, что указывает на их высокое генетическое сходство. Полученные данные в целом согласуются с относительно близким расположением изученных популяций *Herminium monorchis* в пределах Беларуси.

Обобщая полученные данные, необходимо отметить, что для *Herminium monorchis* несмотря на крайне низкое распространение и критическое состояние популяций, характерны высокие показатели генетического разнообразия. Вышесказанным определяется значительный адаптационный потенциал данного вида, а также благоприятный прогноз его сохранения при проведении соответствующих природоохранных мероприятий, в основу которых должны быть положены результаты выполненных исследований.

Заключение

Результаты исследований показали, что несмотря на критическое состояние *Herminium monorchis* во флоре Беларуси, изученные популяции обладают более высоким уровнем генетического разнообразия, чем ряд других представителей семейства Орхидные, отличающихся более широким распространением и численностью. Полученные данные противоречат распространенной теории о меньшем уровне генетического разнообразия редких видов и позволяют по-новому взглянуть на некоторые аспекты их сохранения.

Оценка генетического разнообразия двух популяций *H. monorchis* показала, что популяция Мууроги обладает более высоким уровнем генетического разнообразия по различным показателям, чем популяция Церковно, что указывает на ее больший адаптационный потенциал и возможность использования в природоохранных мероприятиях в качестве источника генетического материала при репатриации и сохранении в условиях *ex situ.*

Анализ генетической структуры изученных популяций показал их высокое родство, а также то, что большая часть генетического разнообразия находится внутри них. Высокий уровень потока генов между популяциями связан с их относительно близким географическим положением, а также может указывать на наличие других мест произрастания *Herminium monorchis*.

Благодарности

Автор выражает благодарность А. В. Кручонок, к.б.н. А. Н. Мялику и Т. Г. Кулагиной за помощь в проведении экспедиционных и лабораторных исследований.

Литература

1. Disentangling the effects of isolation-by-distance and isolation-by-environment on genetic differentiation among *Rhododendron* ineages in the subgenus *Tsutsusi* / C. L. Huang [et al.] // Tree Genet. Genomes. – 2016. – Vol. 12. – P. 1–22. DOI: 10.1007/s11295-016-1010-2

2. Mondini, L. Plant Genetic Diversity by Molecular Tools / L. Mondini, A. Noorani, M. A. Pagnotta // Diversity. – 2009. – N 1. – P. 19–35. DOI: 10.3390/d1010019

3. iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation / R. Kalendar [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2010. – Vol. 121, N 8. – P. 1419–1430.

4. Low genetic diversity and population differentiation in *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered rediscovered conifer species in southwestern China / A. Qin [et al.] // Global Ecology and Conservation. – 2021. – Vol. 25. – P. e01430. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e01430

5. Eco-evolutionary causes and consequences of rarity in plants: a meta-analysis / J. N. Boyd [et al.] // New Phytol. – 2022. – Vol. 235, N 3. – P. 1272–1286. DOI: 10.1111/nph.18172

6. Luan, S. High genetic diversity vs. low genetic differentiation in *Nouelia insignis* (*Asteraceae*), a narrowly distributed and endemic species in China, revealed by ISSR fingerprinting / S. Luan, T. Y. Chiang, X. Gong // Ann Bot. – 2006. – Vol. 98, N 3. – P. 583–589. DOI: 10.1093/aob/mcl129

7. Genetic diversity and population structure of an extremely endangered species: the world's largest Rhododendron / F. Q. Wu [et al.] // AoB Plants. – 2015. – Vol. 7. – P. 1–9. DOI: 10.1093/aobpla/plu082

8. Feng, L. Genetic diversity and demographic analysis of an endangered tree species *Diplopanax stachyanthus* in subtropical China: implications for conservation and management / L. Feng, Z. Y. Xu, L. Wang // Conserv. Genet. – 2019. – Vol. 20. – P. 315–327. DOI: 10.1007/s10592-018-1133-0

9. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / М-во природ. ресурс. и охран. окруж. среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси ; гл. редкол.: Л. И. Хоружик (предс.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 445 с.

10. 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. e0211985.

11. Самохвалова Н. В. Подбор молекулярных IPBS и SCoT для оценки генетического разнообразия *Herminium monorchis* / Н. В. Самохвалова // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры: материалы междунар. науч. конф., посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси; 28 июня – 1 июля 2022 г., Минск, Беларусь. – В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси [и др.]. редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Минск, 2022. – С. 153–155.

12. Генетическое разнообразие популяций пыльцеголовника длиннолистного (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch) в Беларуси / Н. В. Гудная [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Минск, 2024. – Вып. 53. – С. 114–122.

13. Genetic Diversity and Population Structure of the Rare and Endangered Plant Species *Pulsatilla patens* (L.) Mill in East Central Europe / M. Szczecinska [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, N 3. – P. e0151730.

14. Wright S. Evolution and the genetic of population, variability within and among natural populations / S. Wright // University of Chicago Press. – 1978. – Vol. 4. – P. 213–220.

15. A changing world: challenges for landscape research: Landscape series. / F. Kienast, O. Wildi, S. Ghosh. – Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007. –Vol. 8. – 296 p.

16. Resmi, L. Population genetic structure and diversity analysis of South Indian banana cultivars / L. Resmi, A. R. Nair, A. S. Nair // JPBCS. – 2016. – Vol. 8, N 1. – P. 1–12. DOI: 10.5897/JPBCS2015.0519

Поступила в редакцию 20.11.2024 г.

УДК 581.9 (476)

Г. В. ЕРМОЛЕНКОВА, Е. Я. КУЛИКОВА, М. Л. РОМАНОВА,
К. В. ДОБЫШ, А. В. ПУЧИЛО

АНАЛИЗ ЦЕНОФЛОРЫ ЛУГОВ ПОЙМЫ РЕКИ ПРИПЯТЬ

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: galina-0602@mail.ru

Аннотация. В результате изучения видового состава луговых сообществ поймы р. Припяти выявлено 469 видов высших сосудистых растений, входящих в 251 род, 70 семейств, 6 классов и 5 отделов. Из 70 семейств высших сосудистых растений выделено 10 ведущих, на долю которых приходится 276 видов растений, что составляет 59,4% исследуемой флоры. Флора луговых ценозов р. Припять относится к средиземноморско-центральноазиатскому *Fab*-типу и к арктобореальному *Cyp*-подтипу, при этом аборигенный компонент флоры – к *Cyp*-типу и *Fab*-подтипу, адвентивный – к *Fab*-типу и средиземноморско-туранскому *Chen+Br*-подтипу. Автохтонный (аборигенный) элемент флоры включает 398 (85%) видов растений, из них индигенных – 210 (44,8%) и апофитов – 188 (40,09%). В составе аборигенной фракции исследуемой флоры преобладают следующие биоценотические группы: опушечно-луговая – 94 вида (23,6%), прибрежно-болотная – 38 (9,6%), опушечно-лесная – 26 (6,5%), болотно-луговая – 23 (5,8%), опушечная – 22 (5,5%), степная –18 (4,5%), прибрежно-луговая – 17 видов (4,02%). Адвентивный (аллохтонный) элемент флоры луговых сообществ составляет 70 видов (15%), из них на археофиты приходится 37 видов (7,9%), а на неофиты – 33 вида (7%). Неофиты по степени натурализации подразделяются на агриофиты – 17 (3,6%), эпекофиты – 15 (3,2%), эфемероидофиты – 1 вид (0,2%). При анализе жизненных форм, согласно эколого-морфологической классификации Серебрякова, установлено, что преобладают многолетние травянистые растения – 328 видов (69,9%). Вторую по численности группу составляют травянистые малолетники (однолетники и одно-двулетники) – 84 вида (17,9%). Ранжирование видов растений поймы реки Припять согласно классификации Раункиера показало, что преобладают гемикриптофиты (276 видов, 58,9%)) и терофиты (89 видов, 19%).). В результате анализа жизненных стратегий растений луговых ценозов поймы Припяти выявлено, что у 285 видов (60,8%) превалирует конкурентный тип стратегии (С-тип).

Ключевые слова: тип флоры, структура флоры, семейственно-видовой спектр, классификация, степень натурализации, луговая ценофлора, биоценотическая группа, жизненная форма, тип стратегии, фитоценотип.

G. V. ERMOLENKOVA, E. Y. KULIKOVA, M. L. ROMANOVA, K. V. DOBYSH, A. V. PUCHILO

ANALYSIS OF GRASSLAND CENOFLORA OF THE PRIPYAT RIVER FLOODPLAIN

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: galina-0602@mail.ru

Annotation. The study of the species composition of grassland communities of Pripyat River's floodplain identified 469 species of higher vascular plants, spanning 251 genera, 70 families, 6 classes, and 5 divisions. Among the 70 families of higher vascular plants, 10 dominant families encompass 276 species, comprising 59.4% of the region's flora. Currently, the flora of the Pripyat region aligns with the Mediterranean-Central Asian *Fab*-type and the arctoboreal *Cyp*-subtype; the native component of the flora corresponds to the *Cyp*-type and *Fab*-subtype, while the adventive component aligns with the *Fab*-type and Mediterranean-Turanian *Chen+Br*-subtype of flora. The native (autochthonous) component includes 398 species (85%), with 210 (44.8%) being indigenous and 188 (40.1%) apophytic. Dominant biocenotic groups within this native floodplain flora include edge-grassland (94 species, 23.6%), riparian-swamp (38 species, 9.6%), edge-forest (26 species, 6.5%), swamp-grassland (23 species, 5.8%), edge (22 species, 5.5%), and riparian-grassland (17 species, 4%). In the grassland communities, adventive (allochthonous) species make up 70 species (15%), archaeophytes 37 species (7.9%), and neophytes account for 33 species (7%). Neophytes, according to the degree of naturalization, are divided into agriophytes 17 species (3.6%), epecophytes 15 species (3.2%), and ephemerophytes 1 species (0.2%). Life-form analysis, based on Serebryakov's ecological-morphological classification, reveals a dominance of perennial herbaceous plants (328 species, 69.9%). The second largest group consists of short-lived herbaceous plants (annuals and biennials), totaling 84 species (17.9%). Ranking the floodplain plant species according to Raunkiaer's system shows a predominance of hemicryptophytes (276 species, 58.9%) and therophytes (89 species, 19%). Analysis of the life strategies of floodplain grassland plants in the Pripyat River region revealed that 285 species (60.8%) predominantly exhibit a competitive strategy (C-type).

Keywords: type of flora, structure of the flora, family-species spectrum, classification, degree of naturalization, grassland coenoflora, biocenotic group, life form, type of strategy, phytocoenotype.

Введение

Поймы рек являются своеобразной, наиболее подвижной частью ландшафта в любой климатической зоне. Данный интразональный ландшафт достаточно четко обособлен от окружающих территорий. По определению И. С. Щукина «пойма – это «плоское, затопляемое в половодье дно долины, по которому, образуя излучины, протекает в низких берегах река» [1]. Поймы имеют свой особенный рельеф, согласно В. Р. Вильямсу, выделяют прирусловую, центральную и притеррасную поймы [2]. Поймам характерен особенный климат (отепляющий, смягчающий своё резкое воздействие на почву и растительность, уступая первостепенное значение поемности и аллювиальности), свои особенные пойменные почвы, образованные в результате эрозионно-аккумулятивных процессов, и своеобразную, характерную только для пойм рек, растительность. Растительность пойм является одновременно и интразональной (так на севере в темнохвойной зоне она имеет более южный характер из-за наличия во флоре пойм степных компонентов, в то время как в зоне полупустынь и степей мезогигрофильная, гигрофильная и гидрофильная растительность, характерная для северных областей, встречается только в поймах рек), и в то же время зональной, так как несет отпечаток той зоны, по которой протекает река. Таким образом, пойменная растительность является определенной, своеобразной растительностью, которую В. В. Алехин охарактеризовал как азонально-зональный тип растительности, причем обычно в поймах небольших речек перевес бывает на стороне факторов зональных, в поймах крупных рек аллювиальные факторы выдвигаются на первое место [3].

Изучение флоры и растительности пойм представляет особый интерес, так как пойменные специфические местообитания служат местами локализации первичных открытых лугов, в то время как луга на водоразделах Беларуси являются вторичными образованиями на месте сведенных лесов. Пойменные луговые фитоценозы наиболее продуктивны, это важные кормовые угодья и центры сохранения биоразнообразия.

Материалы (объекты) и методы исследования

Объектом исследования явилась флора луговых ценозов поймы реки Припять.

Полевые геоботанические описания выполнены в вегетационные периоды 2011–2023 гг. Для репрезентативного сбора полевого материала использовали маршрутно-рекогносцировочный и маршрутно-детальный методы геоботанических описаний [4]. Латинские названия видов сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [5]. Нами определена таксономическая [6], биоморфологическая [7, 8], фитоценотипическая [9, 10], биоценотическая структура флоры (принадлежность растений к биоценотическим группам определяли по Н. Н. Цвелеву) [11], установлен ее таксономический спектр [12]. Для каждого вида определена степень натурализации в растительных сообществах согласно системе Я. Корнася [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение флоры является неотъемлемой частью геоботанического изучения пойм. При анализе более 1200 геоботанических описаний пойменных лугов р. Припять выявлено 469 видов высших сосудистых растений, входящих в 251 род, 70 семейств, 6 классов и 5 отделов (табл. 1). Из 70 семейств высших сосудистых растений выделено 10 ведущих, на долю которых приходится 276 видов растений, что составляет 59,35% флоры исследуемой территории. Из них наибольшим видовым богатством характеризуется два семейства Астровые (*Asteraceae*) – 61 вид и Мятликовые (*Poaceae*) – 56 видов. Другие ведущие семейства характеризуются меньшей видовой насыщенностью: Бобовые (*Fabaceae*) – 32 вида; Осоковые (*Cyperaceae*) – 28 видов; Гвоздичные (*Caryophyllaceae*) – 27 видов; Норичниковые (*Scrophulariaceae*) – 19 видов; Розовые (*Rosaceae*) – 18 видов; Гречишные (*Polygonaceae*) – 15 видов; Яснотковые (*Lamiaceae*) – 14 видов; Ивовые (*Salicaceae*) – 13 видов (табл. 2).

По видовому богатству к ведущим семействам приближаются Сельдерейные (*Apiaceae*), Капустные (*Brassicaceae*) и Лютиковые (*Ranunculaceae*), включающие по 12 видов; Кипрейные (*Onagraceae*) и Ситниковые (*Juncaceae*) – по 9; Маревые (*Rubiaceae*) и Бурачниковые (*Boraginaceae*) – по 7 видов. Вклад представителей других семейств существенно ниже и не превышает 24,3%: два семейства включают по 6 видов, 8 семейств – по 4 вида, 8 – по 3 вида, 11 – по 2 вида и 23 семейства содержат только по 1 виду растений.

По богатству родов 10-ю ведущими являются следующие семейства: Астровые включают 33 рода; Мятликовые – 32; Гвоздичные – 17; Бобовые – 13; Сельдерейные – 12; Капустные – 11; Яснотковые – 11; Розовые – 10; Осоковые и Норичниковые содержат по 7 родов. Остальные се-

Таблица 1. Таксономическая структура флоры сосудистых растений поймы р. Припять

Table 1. Taxonomic structure of the vascular plants flora of the Pripyat river floodplain

Классы	Количество		
	Семейств	Родов	Видов
Плауновидные – *Lycopodiopsida*	1	1	1
Хвощевидные – *Equisetopsida*	1	1	7
Папоротниковидные – *Polypodiopsida*	2	2	2
Хвойные – *Pinopsida* (= *Coniferae*)	2	2	2
Двудольные – *Magnoliopsida* (= *Dicotyledones*)	49	187	335
Однодольные – *Liliopsida* (= *Monocotyledones*)	15	58	119
ВСЕГО	70	251	469

Таблица 2. Семейственно-видовой спектр флоры поймы р. Припять

Table 2. Family and species spectrum of the flora of the Pripyat river floodplain

Семейства	Количество видов	Процент от общего количества видов	Количество родов
Астровые – *Asteraceae* Dumort.	61	13,0	33
Мятликовые – *Poaceae* Barnhart	56	12,0	32
Бобовые – *Fabaceae* Lindl.	32	6,7	14
Осоковые – *Cyperaceae* Juss.	28	5,8	7
Гвоздичные – *Caryophyllaceae* Juss.	27	5,8	17
Норичниковые – *Scrophulariaceae* Juss.	19	3,7	7
Розовые – *Rosaceae* Juss.	18	3,9	10
Гречишные – *Polygonaceae* Juss.	15	3,2	5
Яснотковые – *Lamiaceae* Lindl.	14	3,0	11
Ивовые – *Salicaceae* Mirb.	13	2,8	2
Лютиковые – *Ranunculaceae* Juss.	12	2,6	5
Капустные – *Brassicaceae* Burnett	12	2,6	11
Сельдерейные – *Apiaceae* Lindl.	12	2,6	12
Кипрейные – *Onagraceae* Juss.	9	1,9	3
Ситниковые – *Juncaceae* Juss.	9	1,9	2
Мареновые – *Rubiaceae* Juss.	7	1,5	1
Бурачниковые – *Boraginaceae* Juss.	7	1,5	4

мейства по насыщенности родами менее обильны – 2 семейства содержат по 5 родов, 3 – по 4 рода, 3 – по 3 рода, 12 – по 2 рода и 40 семейств растений включают по 1 роду.

Среди родов по видовой насыщенности с большим отрывом лидирует род Осока (*Carex*), в него входит 20 видов, затем идут рода Ива (*Salix*) и Клевер (*Trifolium*), включающие по 10 видов, в рода Вероника (*Veronica*) и Овсяница (*Festuca*) входят по 8 видов. Рода Лютик (*Ranunculus*), Щавель (*Rumex*), Подмаренник (*Galium*) и Ситник (*Juncus*) содержат по 7 видов, а рода Хвощ (*Equisetum*), Кипрей (*Epilobium*) и Василек (*Centaurea*) – по 6 видов. Остальные рода характеризуются меньшей видовой насыщенностью: 6 родов содержат по 5 видов, 7 родов – по 4 вида, 17 родов – по 3 вида, 51 род – по 2 вида и 157 родов содержат по 1 виду.

Флора Припяти характеризуется невысоким систематическим разнообразием, о чем свидетельствуют ее пропорции, выраженные средним числом видов в семействе (в/с), видов в роде (в/р), родов в семействе (р/с), они не отличаются высокими значениями и составляют: в/с = 6,7; в/р = 1,9; р/с = 3,6.

Луговая ценофлора поймы р. Припять, составляет 21,72% от современной флоры Припятского Полесья, которая с учетом культивируемых интродуцентов насчитывает 2159 видов (по А. Н. Мялику) [14].

В первую триаду семейственно-видового спектра (по А. П. Хохрякову) [12] флоры пойменных лугов Припяти входят семейства *Asteraceae-Poaceae-Fabaceae,* вторую триаду составляют *Cyperaceae-Caryophyllaceae-Scrophulariaceae.* В семейственно-видовом спектре произошел сдвиг в сторону аридизации и в настоящее время он представлен южным, аридным или средиземноморско-центральноазиатским *Ast-Poa-Fab*-типом, и арктобореальным *Cyp*-подтипом, в то время как по материалам предыдущих исследований [15] семейственно-видовой спектр нижнего течения Припяти относился к арктобореальному *Poa-Cyp-Ast*-типу и средиземноморско-центрально-

европейскому *Fab+Scroph+Ros*-подтипу. Сдвигу в семейственно-видовом спектре флоры способствовали как проведенная в 1970-е гг. крупномасштабная осушительная гидромелиорация, так и участившиеся засухи, отсутствие разливов Припяти в отдельные годы конца XX и начала XXI-го вв. Исследователи водного режима реки Припять констатируют, что в прошлом, в естественном состоянии незащищенная пойма затапливалась на ширину до 30 км, в среднем затопление составляло 5–15 км. Средняя продолжительность весеннего затопления равнялась 47–90 суткам, а в многоводные годы достигала 86–165 суток. Длительность затоплений поймы р. Припять одинаковой обеспеченности в период за 1945–1970 гг. была более продолжительной по сравнению с периодом 1980–2009 гг. Уменьшение длительности затопления составляет 20–30 суток при многоводных половодьях (до 20% обеспеченности) и на 50 суток и более – при маловодных (45–60% обеспеченности). При половодьях большей обеспеченности затопление отсутствует. Максимальные уровни весенних половодий одной и той же обеспеченности в пределах 5–80% в периоды 1980–2009 гг. ниже на 0,25–0,5 м на водном посту Любанский мост и на 0,25–0,7 м на водном посту Мозырь по сравнению с периодами до 1970 г. [16].

Еще одним из факторов, повлиявших на изменение спектра ведущих семейств, является высокая хозяйственная освоенность луговых земель поймы Припяти. Были попытки перезалужения лугов как низкого, так и высокого уровней, с засевом мезофильных кормовых злаков (овсяницы луговой, тимофеевки луговой, ежи сборной и др.), однако эти попытки не увенчались успехом. В результате разливов и долгого стояния полых вод на лугах низкого уровня и в межгривных понижениях мезофильные злаки, не приспособленные к долгому стоянию половодья, вымокали, а на гривах, где в летнее время травостои, напротив, испытывают дефицит влаги, данные злаки выпадали из фитоценозов из-за высыхания. В той, или иной мере, практически все луговые угодья Припяти трансформированы в результате сельскохозяйственного использования земель. Многие луговые сообщества, такие как пырейные, тонкополевицевые, спонтанные сборноежовые и безостокострецовые, белополевицевые формируются на залежах, поэтому во флористических списках присутствуют останцы сорно-полевых флор: сокирки полевые (*Consolida regalis*), мак самосейка (*Papaver rhoeas*), росичка обыкновенная (*Digitaria ischaemum*), метлица обыкновенная (*Apera spicta–venti*), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum*) и др. Кроме того, во флоры многих регионов, в том числе и во флору Беларуси, вошли адвентивные виды. Анализ первичных описаний наших предшественников (Н. А. Буртыс, Н. И. Петручук, С. Р. Бусько), изучавших луга в 1970-е гг., показал, что было зарегистрировано только два адвентивных вида – аир обыкновенный (*Acorus calamus*) и овсяница длиннолистная или шершаволистная (*Festuca trachyphylla*). Во флоре луговых ценозов Припятского Полесья в 2014 г. из 348 видов растений, зарегистрированных на тот момент, выявлен 51 адвентивный вид [17]. За последующие годы исследований общий список растений луговых ценозов пополнился и по данным на 2023 г. насчитывает 469 видов растений, причем на автохтонный (аборигенный, местный) элемент приходится 398 видов (85%) растений, а на аллохтонный (чужеродный или адвентивный) – 70 видов (15%) (табл. 3, 4).

Таблица 3. Структура флоры луговых ценозов поймы р. Припять

Table 3. The structure of the grassland flora of the Pripyat river floodplain

Автохтонный (аборигенный) элемент флоры				Аллохтонный (адвентивный) элемент флоры			
Кол-во видов		%		Количество видов		%	
398		85,0		70		15,0	
Индигенные		Апофиты		Археофиты		Неофиты	
Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%
210	44,8	188	40,1	37	7,9	33	7,0

Таблица 4. Распределение растений-неофитов по степени натурализации в луговых сообществах

Table 4. Distribution of neophyte plants by degree of naturalization of the grassland communities

Неофиты					
Агриофиты		Эпекофиты		Эфемерофиты (эфемероидофиты)	
Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%
17	3,6	15	3,2	1	0,2

В автохтонном элементе флоры на индигенные (местные, природные) приходится 210 видов растений (44,8%), а на апофиты (синантропные растения местного происхождения) – 188 (40,1%). Многие из индигенных видов растений являются важными ценозообразующими растениями. Это преимущественно злаки: булавоносец седой (*Corynephorus canescens*), тимофеевка степная (*Phleum phleoides*), полевица виноградниковая (*Agrostis vinealis*), тонконог Делявиня (*Koeleria delavignei*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), бекмания обыкновенная (*Beckmannia eruciformis*), вейник седеющий (*Calamagrostis epigeios*), двукисточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea*), молиния голубая (*Molinia caerulea*) и осоки: осока острая (*Carex acuta*), о. заостренная (*C. acutiformis*), о. дернистая (*C. cespitosa*), о. высокая (C. *elata*), о. просяная (*C. panicea*), о. желтая (C. *flava*), о. береговая (C. *riparia*), о. пузырчатая (C. *vesicaria*), о. лисья (C. *vulpina*) и др. Виды растений из группы разнотравья в основном присутствуют в виде примеси в осоковых и злаковых сообществах, реже являются ценозообразователями. Так, ксеромезофитные луговые сообщества формирует тавогла шестилепестная (*Filipendula vulgaris*), влажноразнотравные – таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*) и горец змеиный или змеевик большой (*Bistorta officinalis*), болотно-луговые сообщества – ежеголовник прямой (*Sparganium erectum*), е. маленький (*S. minimum*), хвощ приречный (*Equisetum fluviatile*) и др. Из индигенных бобовых трав опушечные сообщества формируют клевер средний (*Trifolium medium*) и луговые ксеромезофитные – клевер горный (*Trifolium montanum*).

Как уже упоминалось ранее, на апофиты приходится 188 видов растений. Луговые ценозообразующие злаки–апофиты являются самыми ценными в хозяйственном отношении кормовыми травами, это такие виды как кострец безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), полевица гигантская или белая (*Agrostis gigantea*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), о. красная (*F. rubra*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), мятлик болотный (*Poa palustris*), м. луговой (*P. pratensis*) и др. Осоковые среди апофитов представлены меньшим количеством видов, это осока соседняя (*Carex contigua*), о. овальная (*C. ovalis*) и только о. ранняя (*C. praecox*), о. черная (*C. nigra*), о. коротковолосистая (*C. hirta*), а также камыш лесной (*Scirpus sylvaticus*) являются ценозообразующими видами.

Аллохтонный (адвентивный) элемент флоры представлен 70 видами (15%) растений. В свою очередь адвентивные растения делятся на археофиты (чужеродные виды, проникшие до XVI в.) и неофиты (пришельцы более поздних веков). В адвентивной фракции флоры преобладают древние сорняки – археофиты, их насчитывается 37 видов (7,9%), в основном это останцы сорно-полевых флор на молодых лугах, возникших на месте залежей, а также растения засоренных, деградированных лугов, это такие виды как полынь горькая (*Artemisia absinthium*), икотник серо-зеленый (*Artemisia absinthium*), костер мягкий (*Bromus mollis*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), лапчатка норвежская (*Potentilla norvegica*) и др. Неофитами являются 33 вида (7%), это: овсяница Дюваля (*Festuca duvalii*), донники белый (*Melilotus albus*) и лекарственный (*M. officinalis*), райграс пастбищный (*Lolium perenne*), крестовник клейкий (*Senecio viscosus*), молокан дикий, или компасный (*Lactuca serriola*) и др. Неофиты, в свою очередь, разделяются по степени натурализации в растительных сообществах. Нами выявлены следующие группы неофитов: агриофиты, эпекофиты и эфемероидофиты. Агриофиты (иноземные растения, полностью натурализовавшиеся и вошедшие в природные сообщества), их насчитывается 17 видов (3,6%): ослинник двулетний (*Oenothera biennis*), свербига восточная (*Bunias orientalis*), ситник тонкий (*Juncus tenuis*), овсяница шершаволистная (*Festuca trachyphylla*), мелколепестничек канадский (*Conyza canadensis*), тонколучник однолетний (*Phalacroloma annuum*) и др. Ряд агриофитов являются злостными инвазионными растениями, образующими рудеральные сообщества, которые в отсутствие хозяйственного использования лугов вытесняют луговые виды растений из природных экотопов. В пойме Припяти наибольшее распространение получила череда олиственная (*Bidens frondosa*), ее сообщества зачастую занимают большие площади и формируются на месте вымочек растительности. В ряде мезогигрофитных сообществ, присутствует эхиноцистис лопастной (*Echynocystis lobata*), «ковры» данной травянистой лианы распространяются поверх травостоев осоки острой и двукисточника тростникового, ивняковой растительности, ухудшая световое довольствие данных сообществ [17]. Эпекофиты (иноземные виды растений, характерные для нарушенных местообитаний) также получили распространение по деградированным лугам, в особенности со сбоем напочвенного покрова в результате несбалансированного выпаса скота, по пустырям и обочинам дорог, по окраинам сельхозполей, всего зарегистрировано 15 видов (3,2%). Наибольшее распространение по пастбищам и деградированным лугам получил щавель конский (*Rumex confertus*), а по аллювиальным наносам прирусловых валов, а также на

местах вымокшей растительности в межгривных понижениях – дурнишник беловатый (*Xanthium albinum*). Сообщества бескильницы расставленной (*Puccinellia distans*) формируются по влажным лугам низкого уровня, по обочинам полевых дорог, иногда с наличием небольшого засоления. Другие растения-эпекофиты присутствуют в травостоях в виде примеси: ослинник красностебельный (*Oenothera rubricaulis*), прутняк шерстистоцветковый (*Kochia laniflora*), клевер гибридный (*Trifolium hybridum*), василек раскидистый (*Centaurea diffusa*) и др. Самой малочисленной группой являются эфемерофиты – адвентивные растения, существующие непродолжительное время в нарушенных экотопах, в частности, эфемероидофиты (травянистые растения не натурализовавшиеся, но, тем не менее, встречающиеся в местах заноса длительное время благодаря вегетативному возобновлению [18]), всего зарегистрирован один вид-эфемероидофит (0,2%) – лук виноградничный (*Allium vineale*) в местах с аллювиальными наносами. Таким образом, во флористическом составе исследуемых сообществ, преобладают аборигенные виды растений, составляющие 85%, в то время как на адвентивную фракцию приходится 15% (см. табл. 3).

Автохтонный элемент исследуемых пойменных ценозов включает в себя 398 видов растений, входящих в 217 родов и 65 семейств. Ведущими семействами являются: Астровые – 47 видов; Мятликовые – 45 видов; Осоковые – 28 видов; Гвоздичные – 25 видов; Бобовые – 24 вида; Норичниковые – 18 видов; Розовые – 17 видов; Гречишные и Яснотковые по 14 видов; Ивовые, Сельдерейные и Лютиковые по 12 видов. На ведущие семейства приходится 268 видов, или 67,3% видового состава исследуемых сообществ. По видовому богатству вслед за ведущими семействами располагаются: Ситниковые – 8 видов, Кипрейные и Мареновые – по 7 видов, Хвощевые (*Equisetaceae*) и Капустные – по 6 видов. Другие семейства характеризуются меньшей видовой насыщенностью.

Таким образом, аборигенная фракция флоры луговых ценозов поймы Припяти относится к арктобореальному *Cyp*-типу и к средиземноморско-азиатскому *Caryoph+Fab*-подтипу.

К адвентивному элементу исследуемой флоры принадлежит 24 семейства, 59 родов и 71 вид растений. Лидирующее положение занимает семейство Астровые, насчитывающее 15 видов растений; Мятликовые – 11 видов; Бобовые – 8 видов; Маревые и Капустные, включающие по 6 видов, Бурачниковые – 3 вида, Гвоздичные и Кипрейные – по 2 вида. Остальные семейства включают в себя по 1 виду растений. По семейственно-видовому спектру адвентивный элемент флоры относится к средиземноморско-центральноазиатскому *Fab*–типу и средиземноморско-туранскому *Chen+Br*–подтипу.

Биоценотическая структура флоры

При анализе автохтонного элемента исследуемой флоры по принадлежности растений к биоценотическим группам выявлено, что наибольшее количество видов – 161 (40,5%), являются луговыми (рис. 1). На собственно **луговые** приходится 12 видов (3%): (*Ranunculus acris, Bistorta officinalis, Euphrasia brevipila, Rumex acetosa, Lotus corniculatus, Trifolium pratense, T. repens*, *Linum catharticum, Festuca pratensis, Poa pratensis, Polygala vulgaris*); на **опушечно-луговые** – 94 (23,6%), из них **опушечно-луговых** – 80 (20,1%): *Achillea millefolium, Allium angulosum, Alopecurus pratensis, Dianthus deltoides*, *Galium boreale*, *G. physocarpum, G. verum, Gladiolus imbricatus, Lathyrus pratensis, Lysimachia nummularia, Rumex thyrsiflorus, Vicia cracca, Plantago lanceolata, Medicago falcata, Trifolium montanum, Cynosurus cristatus, Calamagrostis epigeios, Festuca rubra, Briza media, Kadenia dubia* и др.; **опушечно-луговых псаммофильных** – 8 (2%): *Dianthus arenarius, D. borbasii, D. superbus, Rumex acetosella, Sedum acre, Festuca polesica, Omalotheca sylvestris*, *Trifolium dubium*; **опушечно-луговых кальцефильных** – 6 видов (1,5%): *Anthyllis vulneraria, Polygala comosa, Thymus pulegioides, Fragaria viridis, Daucus carota, Inula salicina*. К **прибрежно-опушечно-луговым** относится 5 видов (1,3%): *Succisella inflexa, Gnaphalium rossicum, G. uliginosum, Potentilla norvegica, Tanacetum vulgare;*к **прибрежно-луговым** – 16 (4%): *Agrostis stolonifera, Alisma plantago–aquatica, Eleocharis uniglumis, Equisetum arvense, Festuca arundinacea, Potentilla anserine, Potentilla reptans, Ptarmica cartilaginea, Trifolium fragiferum, Saponaria officinalis* и др.; к **прибрежно-болотно-луговым** – 6 (1,5%): *Alopecurus aequalis, A. geniculatus, Blysmus compressus, Myosotis scorpioides, Scutellaria hastifolia, Thalictrum flavum;* **болотно-опушечно-луговым –** 5 (1,3%): *Ranunculus auricomus, R. repens, Veronica longifolia, Symphytum officinale, Deschampsia cespitosa;* **болотно-луговым** – 23 вида (5,8%): *Agrostis canina, Beckmannia eruciformis, Carex cespitosa, C. hartmanii C. hirta, C. nigra, C. panicea, C. vulpina, Coronaria flos–cuculi, Galium uliginosum, Gratiola officinalis, Poa palustris, P. trivialis, Ranunculus flammula, Valeriana officinalis* и др (рис. 2).

Болотная биоценотическая группа насчитывает 56 видов (14,1%), из них собственно **болотных** – 4 вида (1%): *Comarum palustre, Cicuta vi-*

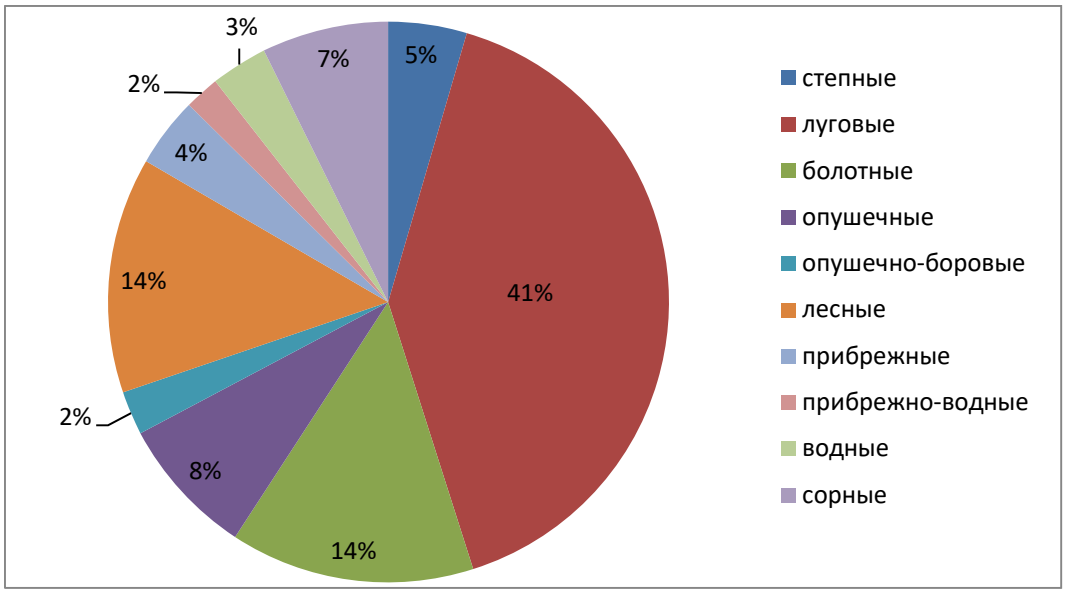


Рис. 1. Распределение аборигенных видов растений луговых ценозов поймы р. Припять по основным биоценотическим группам (%)

Fig. 1. Distribution of native plant species of grassland cenoses of the Pripyat river floodplain by main biocenotic group (%)

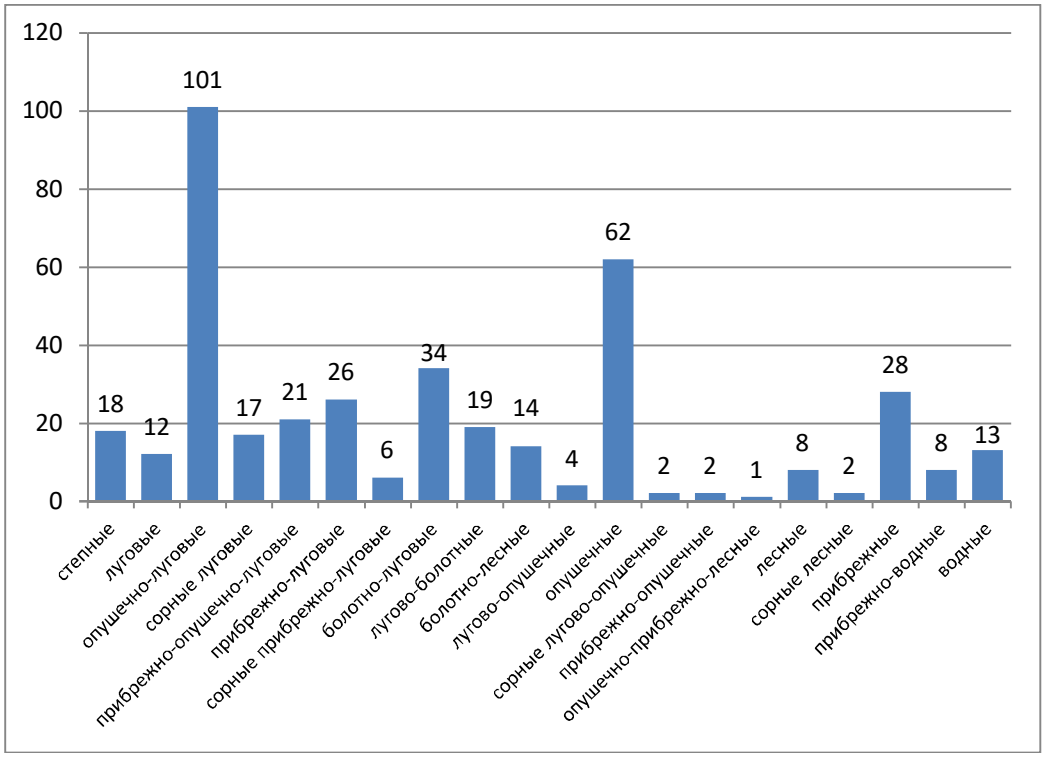


Рис. 2. Количество аборигенных видов растений луговых ценозов поймы р. Припять в биоценотических группах

Fig. 2. The number of native plant species in grassland cenoses of the Pripyat river floodplain in biocenotic group

rosa, Carex rostrata, Sparganium minimum; **лугово-болотных** – 10 (2,5%): *Equisetum palustre, Caltha palustris, Stellaria palustris, Lathyrus palustris, Lotus uliginosus, Veronica scutellata, Juncus atratus, Juncus effusus, Calamagrostis canescens* и др.; **лугово-прибрежно-болотных** – 2 (0,5%): *Epilobium hirsutum, Senecio tataricus;* **прибрежно-болотных** – 38 (9,6%): *Equisetum fluviatile, Rumex hydrolapathum, Euphorbia lucida, Lythrum salicaria, L. virgatum, Galium palustre, Sium*

latifolium, Mentha arvensis, Iris pseudacorus, Scutellaria galericulata, Carex acuta, C. acutiformis, C. riparia, C. vesicaria, Eleocharis palustris, Glyceria fluitans, G. maxima, Leersia oryzoides, Phragmites australis, Sparganium emersum, S. erectum и др.; **прибрежно-сорно-болотных** – 1 (0,3%): *Stachys palustris*; **опушечно-лугово-болотных** –1 вид (0,3%) – *Molinia caerulea.*

Опушечная биоценотическая группа насчитывает 32 вида (8%), из них **опушечных** – 22 вида (5,5%): *Agrimonia eupatoria, Chamerion angustifolium, Chamaecytisus ruthenicus, Turritis glabra, Verbascum lychnitis, V. nigrum, Astragalus arenarius, Veronica spicata, Senecio jacobaea* и др.; **прибрежно-опушечных** – 4 (1%): *Artemisia marschalliana, Silene tatarica, Verbascum densiflorum, V. thapsus;* **болотно-лугово-опушечных** – 1 (0,3%)*: Symphytum officinale;* **лугово-опушечных** – 4 вида: *Anthericum ramosum, Euphorbia cyparissias, Filago minima, Leymus arenarius*.

Опушечно-боровая биоценотическая группа растений насчитывает 10 видов (2,5%): *Calluna vulgaris, Pilosella officinarum, Peucedanum oreoselinum, Jasione montana, Helichrysum arenarium, Koeleria glauca*, *Hypochaeris radicata, Thymus serpyllum* и др.

Степных видов зарегистрировано 18 (4,5%): *Eryngium planum, Pilosella echioides, Asparagus officinalis, Phleum phleoides, Tragopogon buelorussicus, Plantago arenaria, Gypsophila paniculata, Agrostis vinealis, Kochia laniflora, Veronica spicata*, *Filipendula vulgaris, Scabiosa ochroleuca, Koeleria delavignei, K. glauca, Poa angustifolia, Trifolium montanum*, *Jurinea cyanoides*, *Sedum sexangulare*.

К лесной биоценотической группе принадлежит 52 вида (13,1%), из них собственно **лесных** – 8 видов: *Betula pendula, Equisetum sylvaticum, Pinus sylvestris, Populus tremula, Quercus robur, Salix caprea, Tilia cordata, Festuca gigantea;* **опушечно-лесных** – 26 (6,5%): *Anthriscus sylvestris, Betonica officinalis, Corynephorus canescens, Fragaria vesca, Galium mollugo, Juniperus communis, Selinum carvifolia, Solidago virgaurea, Armeria vulgaris, Carex ericetorum, Festuca ovina, Scleranthus perennis, Silene borysthenica* и др.; **болотно-лугово-лесных** – 2 (0,5%): *Cirsium oleraceum, Scirpus sylvaticus;* **болотно-опушечно-лесных –** 2 (0,50%): *Salix aurita, Lysimachia vulgaris;* **болотно-лесных –** 12 (3%): *Alnus glutinosa, Betula pubescens, Filipendula denudata, Naumburgia thyrsiflora, Frangula alnus, Salix cinerea, S. myrsinifolia, S. pentandra; Thelypteris palustris, Urtica galeopsifolia;* **опушечно-прибрежно-лесных** – 3 вида (0,8%): *Hylotelephium ruprechtii, Rubus caesius, Fallopia dumetorum.*

На прибрежную биоценотическую группу приходится 16 видов (4%), из них собственно **прибрежных** – 13 видов (3,3%): *Butomus umbellatus, Oenanthe aquatica, Cyperus fuscus, Rumex maritimus, Sagittaria sagittifolia, Salix acutifolia, S. alba*, *S. triandra, S.* x *fragilis* и др.; **лугово-болотно-прибрежных** – 2 (0,5%): *Juncus articulates, Juncus bufonius;* **болотно-опушечно-прибрежных** – 1 вид (0,3%) – *Cuscuta europaea.*

Прибрежно-водных растений – 8 видов (2%): *Alisma gramineum, Elatine alsinastrum, Eleocharis acicularis, Hippuris vulgaris, Hottonia palustris, Persicaria amphibia, Rorippa amphibia* и др.

Водных растений насчитывается 13 видов (3,3%): *Hydrocharis morsus–ranae, Lemna minor, L. trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar lutea, Nymphaea alba, Potamogeton natans, Salvinia natans, Spirodela polyrhiza, Stratiotes aloides* и др.

На сорную биоценотическую группу приходится 29 видов (7,3%), из них **сорных лугово-опушечных** – 2 вида (0,5%): *Cuscuta epithymum, Artemisia vulgaris;* **сорных лесных** – 2 (0,5%): *Urtica dioica, Carduus crispus;* **сорных прибрежно-болотных** – 1 вид (0,3%) – *Bidens tripartita*; **сорных прибрежно-луговых –** 4 вида (1%): *Arenaria serpyllifolia, Inula britannica, Plantago major, Psammophiliella muralis;* **сорных луговых** –13 (3,3%): *Barbarea vulgaris, Cirsium arvense, Convolvulus arvensis, Galeopsis bifida, Polygonum arenastrum, Elytrigia repens, Euphorbia virgata, Myosurus minimus, Rumex crispus, Taraxacum officinale, Trifolium aureum* и др.; **сорных опушечно–луговых** – 1 вид (0,3%) – *Trifolium arvense*; **прибрежно–сорных** – 7 видов (1,8%): *Setaria viridis, Atriplex patula, A. prostrata, Chenopodium rubrum, Persicaria maculosa, Rorippa palustris, Sonchus arvensis.*

Биоморфологическая структура флоры

Флора лугов поймы Припяти проанализирована по жизненным формам, за основу взяты классификации И. Г. Серебрякова и К. Раункиера. При анализе жизненных форм, согласно эколого-морфологической классификации Серебрякова, по которой главными признаками являются формы роста и длительность жизни вегетативных органов, установлено, что во флоре преобладают многолетние травянистые растения – 328 видов, что составляет 69,9% от видового состава исследуемых сообществ. Причем на вегетативно-подвижные (длиннокорневищные, коротокорневищные, кистекорневые и др.) многолетние травы приходится 259 видов (55,2%), к ним относятся: *Equisetum arvense, Ranunculus repens, Urtica dioica, Stellaria graminea, Rumex acetosa, Euphorbia virgata, Fragaria viridis, Epilobium hirsutum, Veronica scutellata, Scutellaria hastifolia,*

Pilosella officinarum, Allium angulosum, Carex vesicaria, Phalaroides arundinacea и др. Данные виды растений максимально приспособлены к пойменному режиму и пойменным местообитаниям, способны быстро восстанавливаться на местах вымочек и «захватывать» аллювиальные наносы. На вегетативно неподвижные (стержнекорневые) поликарпические травы, которые цветут и плодоносят многократно, приходится 69 видов (14,7%). Это такие растения как: *Coronaria flos–cuculi, Dianthus borbasii, Rumex thyrsiflorus, Armeria vulgaris, Viola persicifolia, Lotus corniculatus, Trifolium pratense, Knautia arvensis, Symphytum officinale, Artemisia campestris* и др. К вегетативно неподвижным монокарпическим травам, которые цветут и плодоносят один раз за жизнь и, в последствии отмирают, относится 23 вида растений (4,9%). Это, как правило, двулетние (реже многолетние) растения, принадлежащие преимущественно к семействам Сельдерейные – *Calestania palustris, Oenanthe aquatica, Kadenia dubia* и др.; Бурачниковые – *Anchusa officinalis, Echium vulgare*, *Myosotis cespitosa* и др.; Норичниковые – *Verbascum lychnitis, Verbascum thapsus* и др.; Астровые – *Carduus crispus, Centaurea pseudomaculosa, Cirsium palustre, Tragopogon pratensis* и др., реже – к другим семействам (табл. 5, 6).

Деревянистые и полудеревянистые растения представлены не широко. На деревья приходится 13 видов (2,8%) – *Pinus sylvestris, Quercus robur, Betula pendula*, *Populus nigra, P. simonii, P. tremula, Alnus glutinosa, Salix alba, Salix* x *fragilis, Tilia cordata*, *Pyrus communis, Robinia pseudacacia, Acer negundo,* а на виды, которые могут в определенных условиях быть как деревом, так и кустарником – 6 видов (1,3%). К ним относятся *Betula pubescens, Salix acutifolia, S. caprea, S. pentandra, Crataegus curvisepala*, *Juniperus communis*. К кустарникам относятся 8 видов (1,7%) – *Salix cinerea, S. myrsinifolia, S. rosmarinifolia, S. triandra, S. aurita, Frangula alnus, Rhamnus cathartica, Viburnum opulus*. К полукустарникам принадлежат 3 вида (0,6%): *Rubus caesius, R. idaeus* и *Genista tinctoria,* 2 вида (0,4%) к кустарничкам – *Calluna vulgaris* и *Chamaecytisus ruthenicus,* и 2 вида (0,4%) к полукустарничкам – *Thymus pulegioides* и *Th. serpyllum.*

Достаточно большую группу образуют травянистые малолетники – одно-двулетние и однолетние растения, не имеющие органов вегетативного возобновления и целиком отмирающие после цветения и плодоношения, они возобновляются исключительно семенами. Данных растений насчитывается 84 вида (17,9%), причем на одно-двулетники приходится всего 6 видов (1,3%), это такие растения как *Trifolium aureum, T. campestre, T. dubium, Vicia angustifolia, Lactuca serriola, Bromus mollis*, а на однолетники – 78 видов (16,6%): *Myosurus minimus, Arenaria serpyllifolia, Scleranthus annuus, Psammophiliella muralis, Persicaria lapathifolia, P. hydropiper, Chenopodium rubrum, Fallopia dumetorum, Polygonum arenastrum, Erophila verna, Linum catharticum, Medicago lupulina, Trifolium arvense, Rhinanthus aestivalis, Crepis tectorum, Bidens tripartita, Echinochloa crusgalli* и др. Лисохвост равный (*Alopecurus aequalis*) может выступать и как однолетник, и как вегетативно-подвижный многолетник. Довольно широкое распространение малолетников сопряжено с пойменным режимом, при котором всегда есть освободившиеся ниши в результате эрозионной деятельности реки (на свежих аллювиальных наносах и на местах вымокания прежней пойменной растительности).

Жизненными формами называют также «биологические типы» К. Раункиера [8]. В основе классификации лежит такой признак как положение почек возобновления или верхушек побегов

Таблица 5. Соотношение жизненных форм растений луговых ценозов поймы р. Припять (по классификации И. Г. Серебрякова)

Table 5. The structure of plant life forms of grassland cenoses of the Pripyat river floodplain (according to the classification of I. G. Serebryakov)

Жизненная форма	Количество видов	%
Вегетативно подвижные многолетние травы	259	55,2
Вегетативно неподвижные поликарпические травы	69	14,7
Вегетативно неподвижные монокарпические травы	23	4,9
Дерево	13	2,8
Дерево-кустарник	6	1,3
Кустарник	8	1,7
Полукустарник	3	0,6
Кустарничек	2	0,4
Полукустарничек	2	0,4
Одно-двулетник	6	1,3
Однолетник	78	16,6

Таблица 6. Соотношение жизненных форм растений луговых ценозов поймы р. Припять (по классификации К. Раункиера)

Table 6. The structure of plant life forms of grassland cenoses of the Pripyat river floodplain (according to the classification of C. Raunkier)

Фанерофиты		Хамефиты		Гемикриптофиты		Криптофиты				Терофиты	
						Кол-во видов		%			
						64		13,7			
						Геофиты		Гидрофиты			
Кол-во видов	%	Кол-во видов	%	Кол-во видов	%	Кол-во видов	%	Кол-во видов	%	Кол-во видов	%
31	6,6	9	1,9	276	58,9	43	9,2	21	4,5	89	19,0

в течение неблагоприятного времени года по отношению к поверхности почвы. При анализе жизненных форм растений луговых ценозов поймы Припяти согласно классификации Раункиера выявлено, что подавляющее количество видов растений относится к гемикриптофитам – 276 видов (58,9%) (см. табл. 6), из них на собственно гемикриптофиты приходится 234 (49,9%): *Caltha palustris, Thalictrum lucidum, Viscaria vulgaris, Barbarea vulgaris, Epilobium hirsutum, Cirsium palustre, Carex vulpina, Festuca arundinacea* и др., на гемикриптофиты-геофиты – 27 (5,8%): *Euphorbia cyparissias, Lycopus europaeus, Hypochaeris radicata, Iris sibirica, Carex acuta, Carex nigra* и др., на гемикриптофиты-гидрофиты – 3 (0,6%): *Eleocharis acicularis, Glyceria fluitans, G. maxima*; на гемикриптофиты-хамефиты – 8 (1,7%): *Dianthus borbasii, Gypsophila paniculata, Trifolium repens, Veronica chamaedrys* и др.; на гемикриптофиты-терофиты – 4 вида (0,9%): *Viola tricolor, Medicago lupulina, Daucus carota, Jasione montana.*

Фанерофитов насчитывается 31 вид (6,6%), из них макрофанерофитов – 13 (2,8%), это такие растения как *Pinus sylvestris, Salix alba, Populus nigra, Betula pendula* и др.; к макрофанерофитам-нанофанерофитам относится 1 вид (0,2%) – *Betula pubescens*; к нанофанерофитам-макрофанерофитам – 4 вида (0,9%): *Salix acutifolia, S. caprea, S. pentandra, Crataegus curvisepala*; к нанофанерофитам – 9 видов (1,9%): J*uniperus communis, Salix cinerea, S. rosmarinifolia, Frangula alnus* и др.; к нанофанерофитам-хамефитам – 3 вида (0,6%): *Rubus caesius, R. idaeus, Genista tinctoria*; к нанофанерофитам-гемикриптофитам – 1 вид (0,2%) – *Solanum dulcamara*.

Хамефиты – самая малочисленная группа, к ней относится 9 видов (1,92%): *Lycopodiella inundata, Cerastium arvense, Gypsophila fastigiata, Calluna vulgaris, Chamaecytisus ruthenicus, Thymus pulegioides, Thymus serpyllum, Sedum acre, S. sexangulare.*

Криптофитами являются 64 вида растений (13,7%), из них 42 (9%) – геофиты и 22 вида (4,7%) – гидрофиты. На собственно геофиты приходится 24 вида (5,1%): *Equisetum pratense, Bistorta officinalis, Anthericum ramosum, Asparagus officinalis, Allium oleraceum, Iris pseudacorus* и др.; геофиты-гидрофиты – 4 вида (0,9%): *Typha angustifolia, T. latifolia, Phragmites australis, P. altissimus;* геофиты-гемикриптофиты – 15 (3,2%): *Persicaria amphibia, Calystegia sepium, Mentha arvensis, Cirsium arvense, Scirpus sylvaticus, Lolium perenne* и др.; гидрофиты-геофиты – 1 вид (0,2%) – *Alisma gramineum*; гидрофиты – 20 видов (4,3%): *Equisetum fluviatile, Nuphar lutea, Hottonia palustris, Stratiotes aloides, Lemna minor, Sparganium emersum* и др.

К терофитам принадлежит довольно большая группа растений – 89 видов (19%), на собственно терофиты приходится 72 вида (15,4%): *Ranunculus sceleratus, Spergula morisonii, Chenopodium album, Capsella bursa-pastoris, Plantago arenaria, Pycreus flavescens, Digitaria sanguinalis* и др.; а на терофиты-гемикриптофиты – 17 видов (3,6%): *Herniaria glabra, Berteroa incana, Trifolium aureum, Acinos arvensis, Oenanthe aquatica* и др.

Фитоценотипическая структура флоры

Растения луговых ценозов поймы р. Припять распределены нами на фитоценотипы (фитоценотические типы) – группы видов растений, обладающих различной экологической стратегией в создании фитоценоза.

Выделение типов адаптивной стратегии у растений предложено Л. Г. Раменским, согласно учению которого, в процессе формирования современных биоценозов шел отбор растений, способных существовать в периодически изменяющихся условиях среды [9]. У каждого вида образовалась совокупность приспособлений, благодаря которым он имеет возможность обитать совместно с другими организмами и занимать определенное положение в соответствующих биоценозах. Л. Г. Раменский в 1935 г. описал три типа адаптивной стратегии у растений: виоленты, патиенты и эксплеренты. В 1970-е гг. эта тео-

рия переоткрыта и расширена американским исследователем Дж. Граймом, который выделил аналогичные типы жизненных стратегий и назвал их конкуренты (C), стресс–толеранты (S) и рудералы (R) [10]. В настоящее время наибольшее распространение получила классификация Раменского-Граймa (или C–S–R классификация). Кроме первичных типов выделяют вторичные типы: CS, CR, RS, CRS и т.д. [19].

В результате анализа жизненных стратегий растений луговых ценозов поймы Припяти выявлено, что у 285 видов (60,8%) преобладает конкурентный тип стратегии (C), из них 110 видов (23,5%) принадлежат к первичному C-типу. Это ряд ценозообразующих видов злаков – *Poa pratensis, Phleum pratense, Phalaroides arundinacea, Lolium perenne, Leersia oryzoides, Holcus lanatus, Festuca pratensis, Agrostis gigantea, Elytrigia repens*, *Alopecurus pratensis, Bromopsis inermis, Calamagrostis epigeios, Deschampsia cespitosa* и др.; один вид осоки – *Carex hirta*, из бобовых трав – *Trifolium hybridum, T. medium, T. pratense, Lupinus polyphyllus, Lathyrus pratensis, Vicia cracca, V. sepium* и др., ряд видов разнотравья – *Thalictrum flavum, Urtica dioica, Rumex acetosa*, *R. confertus, R. crispus, R. thyrsiflorus, Filipendula ulmaria, Galium mollugo, Symphytum officinale, Calystegia sepium, Cirsium arvense, Leucanthemum vulgare, Tanacetum vulgare, Taraxacum officinale, Juncus effusus* и др., практически все виды деревьев и кустарников – *Alnus glutinosa, Betula pendula, Populus tremula, Salix acutifolia, S. alba, S. cinerea* и др. Остальные виды принадлежат к вторичным типам C–стратегии. У двух видов (0,4%) *Dactylis glomerata* и *Festuca rubra – C/CS*, у *Persicaria lapathifolia* и *Agrostis stolonifera* (0,4%) – *C/CSR,* а у *Plantago major* (0,2%) – *C/CR*– тип стратегии.

Вторичный CSR-тип весьма представителен, на него приходится 124 вида (26,4%) растений. Это виды с менее выраженной конкурентной мощностью, однако, и среди данных растений есть ряд ценозообразующих видов, которые в меняющихся условиях среды могут выступать не только как конкуренты, но как патиенты и эксплеренты: *Equisetum palustre, Ranunculus repens, Dianthus borbasii, D. deltoids*, *Stellaria palustris, Fragaria viridis, Potentilla anserina, Lotus corniculatus, Trifolium montanum, T. repens, Galium boreale, Rhinanthus aestivalis, Veronica longifolia, Glechoma hederacea, Thymus pulegioides, Jasione montana, Gnaphalium uliginosum, Inula britannica, Pilosella officinarum, Alisma plantago–aquatica, Allium angulosum, Juncus tenuis, Eleocharis acicularis, E. uniglumis, Carex praecox, C. panicea, C. vulpina, Agrostis tenuis, A. vinealis, Alopecurus geniculatus, Anthoxanthum odoratum, Beckmannia eruciformis, Briza media, Cynosurus cristatus, Festuca ovina, Phleum phleoides* и др. CS/CSR-тип стратегии характерен для 1 вида (0,2%) – *Pimpinella saxifraga,* а CR/CRS – для 3 видов (0,6%): *Phalacroloma annuum, P. septentrionale* и *Potamogeton natans.*

К вторичному CR-типу принадлежит 41 вид (8,7%) – *Equisetum arvense, Atriplex patula, Barbarea vulgaris, Melilotus albus, M. officinalis, Oenothera biennis, Daucus carota, Oenanthe aquatica, Bidens cernua, B. frondosa, B. tripartita*, *Carduus acanthoides, C. crispus, Centaurea cyanus, Conyza canadensis, Tripleurospermum inodorum, Xanthium albinum, Stratiotes aloides, Apera spicta-venti, Bromus mollis, Echinochloa crusgalli* и др. Многие из этих растений являются «строителями» рудеральных и сегетальных сообществ, которые получили распространение по деградированным, либо по молодым лугам, возникшим на месте залежей, на участках вымокшей пойменной растительности, а также в прибрежных зонах водоемов, где имеет место эрозионная деятельность реки.

S-тип стратегии менее присущ растениям исследуемой территории. Выявлен 31 вид растений (6,6%) с преобладанием данного типа, из них к первичному S-типу относится 10 видов (2,1%) – *Juniperus communis, Ranunculus auricomus, Gypsophila fastigiata, Scleranthus perennis, Silene borysthenica, Sedum acre, S. sexangulare, Odontites vulgaris, Tragopogon buelorussicus, Puccinellia distans,* остальные виды относятся к вторичным *S*-типам, к SR/CSR – 1 вид (0,2%) – *Viola canina*; к SR-типу – 20 видов (4,3%) растений: *Ranunculus sceleratus, Spergula morisonii, Rumex maritimus, Berteroa incana, Trifolium arvense, Myriophyllum spicatum, M. verticillatum, Centaurium erythraea, Myosotis stricta, Filago minima, Cyperus fuscus, Alopecurus aequalis* и др.

Рудеральная стратегия (R-тип) характерна для 40 видов (8,5%) растений. К первичному R-типу относится 36 видов (7,7%): *Arenaria serpyllifolia, Cerastium holosteoides, Herniaria glabra, Scleranthus annuus, Polygonum arenastrum, Viola arvensis, V. tricolor, Echynocystis lobata, Hottonia palustris, Salvinia natans, Trifolium dubium, Hippuris vulgaris, Myosotis arvensis, Plantago arenaria, Setaria viridis, Digitaria ischaemum, Lemna minor, L. trisulca, Spirodela polyrhiza* и др.; 4 вида относятся к вторичным R-типам: к R/CR–типу принадлежит 1 вид (0,2%) – *Potamogeton perfoliatus*, а к R/SR–типу – 3 вида (0,6%): *Gratiola officinalis, Hydrocharis morsus-ranae, Potamogeton pectinatus.* Данные растения не обладают конкурентной мощью, благодаря интенсивному росту они быстро «захватывают» освободившиеся ниши и существуют в них, как пра-

вило, непродолжительное время. Эксплеренты имеют большой «банк» семян, позволяющий им давать «вспышки» численности при режиме нарушений.

Два вида (0,4%) – *Cuscuta epithymum* и *Cuscuta europaea* – относятся к растениям-паразитам, они лишены хлорофилла и существуют за счет потребления соков растений-хозяев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения пойменных лугов Припяти выявлено 469 видов высших сосудистых растений, входящих в 251 род, 70 семейств, 6 классов и 5 отделов. Из 70 семейств высших сосудистых растений выделено 10 ведущих, на долю которых приходится 276 видов растений, что составляет 59,4% флоры исследуемой территории. Флора луговых ценозов р. Припять относится к средиземноморско-центральноазиатскому *Fab*-типу и к арктобореальному *Cyp*-подтипу, при этом аборигенный компонент флоры – к *Cyp*-типу и *Fab*-подтипу, а адвентивный – к *Fab*-типу и средиземноморско-туранскому *Chen+Br*-подтипу. Сдвигу в семейственно-видовом спектре флоры в сторону аридизации способствовали как произведенная в 1970-е гг. крупномасштабная осушительная гидромелиорация, так и участившиеся засухи и отсутствие разливов Припяти в отдельные годы конца XX – начала XXI вв., а также высокая сельскохозяйственная освоенность этих земель в прошлом.

Автохтонный (аборигенный) элемент флоры включает 398 (85%) видов растений, из них индигенных – 210 (44,8%) и апофитов – 188 (40,1%). В составе аборигенной фракции исследуемой флоры преобладают следующие биоценотические группы: опушечно-луговая – 94 вида (23,6%), прибрежно-болотная – 38 (9,6%), опушечно-лесная – 26 (6,5%), болотно-луговая – 23 (5,8%), опушечная – 22 (5,5%), степная – 18 видов (4,5%), прибрежно-луговая – 17 видов (4%). Другие биоценотические группы содержат меньшее количество видов. По наличию географических элементов флора Припяти, в целом, носит черты зональности (зоны широколиственно-сосновых лесов), однако смещает зональную флору как к югу – из-за наличия ксеротермных степных видов растений, которые приурочены к повышенным формам рельефа (вершинам и верхним частям склонов грив), так и к северу – из-за бореальных видов (в основном, это важные ценообразующие виды злаков и осок, локализующихся по прирусловью, староречьям, межгривным понижениям и в притеррасной пойме).

На адвентивные растения (аллохтонный элемент) луговых сообществ поймы приходится 70 видов (15%). По времени заноса адвентивные виды делятся на археофиты, их 37 видов (7,9%) и на неофиты – 33 вида (7%). Неофиты по степени натурализации подразделяются на агриофиты – 17 (3,6%), эпекофиты – 15 (3,2%), эфемероидофиты – 1 вид (0,2%).

При анализе жизненных форм, согласно эколого-морфологической классификации Серебрякова, установлено, что преобладают многолетние травянистые растения – 328 видов, что составляет 69,9% от общего количества видов исследуемых ценозов. Вторую по численности группу составляют травянистые малолетники (однолетники и одно-двулетники – 84 вида (17,9%), на деревья приходится всего 13 видов (2,8%), деревья–кустарники – 6 (1,3%), кустарники – 8 (1,7%), полукустарники – 3 (0,6%), кустарничков – 2 вида (0,4%). Ранжирование видов растений поймы согласно классификации Раункиера показало, что преобладают гемикриптофиты (276 видов (58,9%)) и терофиты (89 (19%)). Криптофиты составляют 64 вида (13,7%), фанерофиты – 31 вид (6,6%), хамефиты – 9 видов (1,9%).

В результате анализа жизненных стратегий растений луговых ценозов поймы Припяти выявлено, что у 285 видов (60,8%) преобладает конкурентный тип стратегии (C), из них 110 видов (23,5%) принадлежат к первичному C-типу и 175 видов – к вторичным C-типам. Стресс-толерантный тип стратегии (S) менее присущ растениям лугов поймы. Всего с преобладанием данного типа выявлен 31 вид растений (6,6%), из них к первичному S-типу относится 10 видов (2,1%) и 5 (1,1%) – к вторичным S-типам. Рудеральная стратегия (R) характерна для 40 видов (8,5%) растений. К первичному R-типу относится 36 видов (7,7%) и 4 (0,9%) – к вторичным R-типам.

Поскольку пойменные луговые сообщества являются ценными кормовыми угодьями и резерватами биоразнообразия, и в то же время очень динамичными природными образованиями, то изучение их флористического состава, структуры, устойчивости, созологической значимости, продуктивности и кормовой ценности всегда должны находиться в поле зрения ученых-исследователей.

Литература

1. Щукин, И. С. Общая геоморфология : в 2 т. / И. С. Щукин. – М. : Изд. Московского университета, 1960. – Т. 1. – 615 с.

2. Вильямс, В. Р. Общее земледелие : в 2 ч. / В. Р. Вильямс. – Ч. 2 : Естественно-научные основы луговодства или луговедени: (приложение основ почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади). – М. : Новая деревня, 1922. – – 298 с.

3. Алёхин, В. В. Растительность СССР в основных зонах / В. В. Алехин. – Изд. 2-е – М. : Гос. изд. Советская наука, 1951. – 512 с.

4. Полевая геоботаника : в 5 т. / под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагин. – Москва ; Ленинград : Наука, 1964. – Т. 3. – 530 с.

5. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья–95, 1995. – 990 с.

6. Определитель высших растений Беларуси: учебное пособие для биологических специальностей высших учебных заведений / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

7. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М. : Высшая школа, 1962. – 378 с.

8. Raunkiaer, C. The life forms of plants and statistical plant geography / C. Raunkiaer. – Oxford : Clarendon press, 1934. – 632 p.

9. Л. Г. Раменский. Избранные работы: проблемы и методы изучения растительного покрова / Академия наук СССР, Всеросийское ботаническое общество ; редкол. (отв. редактор): В. И. Василевич [и др.]. – Л. : Наука, 1971. – С. 231–232.

10. Grime, J. P. Plant Strategies and Vegetation Processes / J. P. Grime. – Chichester; New York, Brisbane, Toronto : John Wiley & Sons, 1979. – 222 p.

11. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н. Н. Цвелев. – СПб. : Изд. СПХФА, 2000. – 782 с.

12. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботанический журнал – 2000. – № 85 (5). – С. 1–11.

13. Kornas, J. Geograficzno-historyczna klasyfikacja roslin synantropijnych / J. Kornas // Materiały Zakładu Fitosocjologii Stosowanej Uniwersytetu Warszawskiego. – 1968. – № 25. – С. 33–41.

14. Мялик, А. Н. Видовое разнообразие и особенности таксономического состава флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Веснік Палескага Дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2022. – № 2. – С. 29–39.

15. Петручук, Н. И. Геоботаническое изучение лугов поймы нижнего течения р. Припяти (в пределах БССР) : автореф. дис. канд. биол. наук : 03.00.05 / Н. И. Петручук ; АН БССР Ин-т экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 1974. – 22 с.

16. Русецкий, А. П. Состояние и гидрологический режим поймы реки Припять после мелиорации на Полесье / А. П. Русецкий, Е. А. Лукьянова, Л. А. Трухан // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2010. – № 2. – С. 42–49.

17. Ермоленкова, Г. В. Оценка степени синантропизации растительных сообществ лугов Припятского Полесья / Г. В. Ермоленкова, М. Л. Романова // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 43. – С. 91–109.

18. Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флор / О. Г. Баранова [и др.] // Фиторазнообразие Восточной Европы / Phytodiversity of Eastern Europe, 2018. Т. XII. № 4. – С. 4–2.

19. Шамсутдинов, З. Ш. Учение Л. Г. Раменского о типах жизненных стратегий и его значение для развития аридного кормопроизводства / З. Ш. Шаматсудинов, Э. З. Шаматсудинова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 2. – С. 32–40.

Поступила в редакцию 11.11.2024 г.

УДК 581.93:625.1(476)

К. Л. САВИЦКАЯ

СОВРЕМЕННОЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В ПОЛОСЕ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. Ввиду большой протяженности железных дорог и их особого значения в заносе и распространении адвентивных видов растений возникла необходимость определить особенности и положение парциальной флоры железнодорожных экотопов во флоре страны. Составлен актуальный видовой список и оценено современное таксономическое разнообразие парциальной флоры полосы отвода железных дорог Беларуси, представленное 830 видами (в т. ч. 30 гибридами) сосудистых растений из 377 родов, 85 семейств, 38 порядков, 4 классов, 4 отделов, что составляет более 45% видов флоры республики. В 10 ведущих семействах (*Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Cyperaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Ranunculaceae*) заключено 58,6% ее видового богатства. Отмечено ее сходство с флорой Беларуси на 90% по составу лидирующих семейств и на 20% по их рангам. Особенности аборигенной фракции флоры железнодорожных экотопов соответствуют ее положению в бореальной зоне, причем она включает в 1,6 раз больше видов, чем адвентивная. Различие в начале родовых спектров аборигенной (*Carex, Salix, Galium, Potentilla, Trifolium*) и адвентивной (*Bromus, Lepidium, Oenothera, Vicia, Papaver*) фракций объясняется постоянным пополнением последней видами более южных территорий. «Железнодорожные» растения (59 видов) – достаточно нестабильный компонент адвентивной фракции флоры, состоящий из кенофитов на 79,6%. Установлена высокая созологическая ценность флоры полосы отвода железных дорог по наличию в ее составе 67 видов Красной книги Беларуси, а также 40 аборигенных регионально редких видов растений.

Ключевые слова: видовой состав, таксономическая и созологическая структура, адвентивный компонент флоры, «железнодорожные» растения, редкие и охраняемые виды.

K. L. SAVITSKAYA

MODERN SPECIES DIVERSITY OF THE FLORA IN THE BELARUSIAN RAILROAD RIGHT-OF-WAY

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

Annotation. Railways have a long length and a special role in the introduction and spread of adventive plant species. It is very important to determine the features and position of the partial flora of railway ecotopes in the flora of the country. An up-to-date species list has been compiled and the current taxonomic diversity of the partial flora of the Belarusian railway right-of-way has been assessed. The list consists of 830 species (including 30 hybrids) of vascular plants from 377 genera, 85 families, 38 orders, 4 classes, 4 divisions, which accounts for more than 45% of the species of the flora of the republic. The 10 leading families (*Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Cyperaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Ranunculaceae*) contain 58.6% of its species richness. Its similarity with the flora of Belarus is noted to be 90% in the composition of the leading families and 20% in their ranks. The features of the indigenous fraction of the flora of railway ecotopes correspond to its position in the boreal zone. It includes 1.6 times more species than the adventive one. The difference in the initial part of the generic spectra of the native (*Carex, Salix, Galium, Potentilla, Trifolium*) and adventive (*Bromus, Lepidium, Oenothera, Vicia, Papaver*) fractions is explained by the constant replenishment of the latter by species from more southern territories. Railway plants (59 species) are a rather unstable component of the adventive fraction of the flora, consisting of 79.6% coenophytes. The high sozological value of the flora of the railway right-of-way has been established by the presence in its composition of 67 species of the Red Book of Belarus, as well as 40 indigenous regionally rare plant species.

Keywords: species composition, taxonomic and sozological structure, adventive component of the flora, «railroad» plants, rare and protected species.

Введение

Железные дороги Беларуси – транспортные коммуникации стратегического значения, повсеместной представленности и большой протяженности (около 5,5 тыс. км, в т. ч. свыше 1 тыс. км электрифицированных линий), соединяющие республику с сетью магистралей Российской Федерации, стран Европы, Черноморского, Балтийского, Азиатского регионов. С начала становления Белорусской железной дороги (29 ноября 1871 г. – дата ввода в эксплуатацию «стержневой» линии Смоленск-Орша-Минск-Брест) прошло более 150 лет. В годы Великой Отечественной войны разрушено свыше 70% железных дорог страны, которые к 1950 г. были восстановлены [1].

Строительство таких сложных объектов, как железная дорога, сопровождалось практически полным уничтожением растительности и трансформацией занимаемых ею экотопов в полосе отвода дороги, как при устройстве земляного полотна, так и создании вспомогательных сооружений (служебных зданий, воздушных и кабельных линий связи и т. д.). Последующие многократные реконструкции, плановое обслуживание и ремонт путей, постоянное совершенствование технического оснащения линий делали сроки относительно устойчивого развития растительных сообществ в полосе отвода разных железных дорог неодинаковыми, но постоянно сокращающимися. В этой связи стоит подчеркнуть, что растительность вдоль железных дорог всегда носит вторичный, восстановительно-сукцессионный характер. Ее флористический состав очень динамичен и формируется как из растений прилегающих экосистем, так и из адвентивных видов, различными способами попавших в железнодорожные коридоры, в т. ч. нередко с сопредельных и более удаленных от Беларуси территорий [2–4]. Последняя составляющая флоры линейных железнодорожных экотопов[1] особенно привлекала внимание ботаников, что выразилось в огромном числе документированных гербарием находок новых и редких видов, упоминаемых в соответствующих публикациях [6–29], а также используемых при определении роли адвентивного компонента в динамике флоры Беларуси или ее регионов [30–31]. Многие из этих видов уже исчезли, поэтому говорить о современном этапе формирования видового состава флоры данных транспортных коммуникаций следует с начала 2000-х гг., когда после образования Республики Беларусь и стабилизации экономической ситуации интенсифицировалась реконструкция дорог (доля электрифицированных железнодорожных участков, не изменявшаяся с начала 1980-х гг., с 2011 по 2021 гг. возросла с 16 до 25%; удлинялись пути и устанавливались ограждения (на станциях Орша-Центральная, Барбаров и других), модернизировались остановочные пункты, вокзалы и переезды (на участках Минского, Гомельского и Могилевского отделений) и т. д. [32–33]). Последнее являлось прямым уничтожением заносных видов в пунктах их сосредоточения (т. н. «горячих точках» расселения видов, или «hot spots» [34–35]). Благодаря приобретению и применению новой техники, а также ввиду появления скоростных поездов ежегодно стали выполняться большие объемы работ по ремонту путей и их усилению (до 120 км в год на одном отделении дороги) [36]. Кроме того, кардинально изменился режим ухода за полосой отвода – частым и регулярным стало кошение травостоев, и, особенно, их обработка гербицидами (после введения Закона Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» в 1999 г., разработки иных новых нормативно-правовых актов, регламентирующих работу Белорусской железной дороги, государственной регистрации и закупок общеистребительных гербицидов, заменивших селективные [37–38]). При этом находки редких видов растений в конце XX в. во многом были результатом «зеленого пожара» на путях в 1980-х – начале 1990-х гг. из-за прекращения поступления и использования в эти годы на железных дорогах гербицидов [38].

Учет и рассмотрение всего видового разнообразия растений железных дорог республики, включая тривиальные, широко распространенные здесь аборигенные виды и археофиты, ранее не проводился. В немногочисленных специальных публикациях по данной теме рассматриваются лишь результаты анализа парциальной флоры некоторых непротяженных участков железных дорог страны, например, вблизи городов Гомель и Жлобин [39–42]. Подобные исследования позволят определить роль и положение флоры полос отвода железных дорог в составе флоры Беларуси, в будущем станут основой для изучения ее временной динамики.

Данная работа посвящена оценке современного флористического разнообразия полосы отвода железных дорог Беларуси. На первом этапе проводилась инвентаризация видового состава сосудистых растений вдоль железных дорог, на последующих ставились задачи по установлению таксономической структуры флоры и соотношений ее адвентивного и аборигенного компонен-

[1] Определение термина содержится в работе [5].

тов, выделению и характеристике группы «железнодорожных» растений, определению уровня синантропизации, созологической оценке парциальной флоры полосы отвода железных дорог.

Материалы (объекты) и методы исследований

Исследования флоры проводились в границах полос отвода железных дорог Беларуси (исключались входящие в них защитные насаждения – осматривались только опушки со стороны путей, не учитывались клумбы около остановочных пунктов, обочины дорог вблизи переездов, акватории водотоков под железнодорожными мостами и т. п.) с мая по октябрь 2021–2024 гг. стандартным маршрутным методом. Изучался видовой состав сосудистых растений на участках железнодорожных линий в городе Минске, Минском, Пуховичском районах Минской области, Сморгонском, Ошмянском, Островецком, Лидском, Вороновском районах Гродненской, Шумилинском, Витебском, Лиозненском, Сенненском, Оршанском, Толочинском районах Витебской, Кричевском, Климовичском, Костюковичском, Белынковичском, Осиповичском районах Могилевской, Житковичском районе Гомельской, в Ивацевичском, Барановичском, Ганцевичском, Пинском, Лунинецком районах Брестской областей (всего пройдено около 500 км путей). Выбирались различные по характеристикам участки дорог: одно- и двухпутные, не- и электрифицированные, с различной интенсивностью движения транспорта, высотой насыпей (от 0,5 до 10 м), проходящие в положениях «выемка», «насыпь» или «нулевое место», проложенные на территориях в разной степени антропогенно трансформированных (от крупных лесоболотных массивов до городов). Особое внимание уделялось обследованию отрезков путей вблизи железнодорожных узлов и границ республики.

Классификация цветковых растений соответствует системе Angiosperm Phylogeny Group, 2016 (APG IV) [43], споровых – Pteridophyte Phylogeny Group, 2016 (PPG I) [44], голосеменных – [45]. Названия таксонов даны согласно электронной базе данных «World Flora Online» [46] (за исключением 8 таксонов, которые приведены по [27, 47–49]). Диагностика неизвестных растений осуществлялась с помощью [47]. Собрано более 200 гербарных образцов редких и сложных для определения в полевых условиях видов растений, которые переданы в Национальный Гербарий (MSK). Анализ флоры выполнен в соответствии с общепринятыми подходами [50] на материале видового списка автора статьи (697 видов), дополненного достоверными (подтвержденными гербарием) литературными данными о находках новых для республики, адвентивных и редких растений (133 вида) в полосе отвода железных дорог в 2000–2023 гг. [6–29, 48, 51–55]. Таким способом достигнута репрезентативность, но не абсолютная полнота списка, добиться которой не представляется возможным уже по причине многочисленности среди адвентивных видов железных дорог эфемерофитов и иных уязвимых к различным воздействиям видов, которые часто исчезают на следующий год после заноса, а также из-за своеобразия видового состава многих участков путей, которую сложно спрогнозировать при планировании маршрутов и можно учесть только при обследовании всей железнодорожной сети, что потребовало бы очень длительного времени, по истечении которого состав и структура флоры железнодорожных экотопов вновь изменится.

Термин «железнодорожные растения» («bahnhofspflanzen» [56]) будет применяться к видам, толерантным к быстро меняющимся условиям среды, повышенной температуре, механическим и химическим воздействиям, приуроченным, в основном, к железнодорожным насыпям [57].

При определении таксономического разнообразия флоры республики использовался «Определитель высших растений Беларуси» [47]. При подсчете видов не учитывались: таксоны, требующие дополнительного изучения, в т. ч. варианты и подвиды, иногда рассматриваемые в ранге видов; «мелкие» виды, указанные в некоторых примечаниях; культивируемые виды без указаний на их дичание; виды, приведенные только по литературным данным или считающиеся исчезнувшими.

Результаты исследований и их обсуждение

В полосе отвода железных дорог Беларуси отмечено 830 видов (в т. ч. 30 гибридов) сосудистых растений, принадлежащих к 377 родам, 85 семействам, 38 порядкам, 4 классам, 4 отделам (перечень видов приводится далее), что составляет более 45% видового разнообразия флоры Беларуси [47]. Распределение этих видов между отделами закономерно отражает численное превосходство покрытосеменных растений над голосеменными и споровыми: Magnoliophyta (класс Magnoliopsida) – 779 (и 29 гибридов), Pinophyta (класс Pinopsida) – 4, Polypodiophyta

(класс Polypodiopsida) – 16 (1), Lycopodiophyta (класс Lycopodiopsida) – 1. В классе Magnoliopsida по числу видов выделяются порядки Poales – 132 (и 2 гибрида), Asterales – 113 (6), Lamiales – 75 (2), Caryophyllales – 68 (2), Rosales – 51 (6), Fabales – 53 (1). Среднее число видов в семействе – 9,8; среднее число родов в семействе – 4,4; среднее количество видов в роде – 2,2. Те же пропорции флоры Беларуси ожидаемо выше (14,0; 5,1; 2,8) [47], при этом величина различия в значениях родового коэффициента – показатель незначительного преобладания аллохтонных процессов над автохтонными во флорогенезе [58] на территориях, отведенных под железные дороги. Только один вид включает 221 род (58,6%), одновидовых семейств – 25 (29,4%). Ведущие 10 семейств объединяют 486 (58,6%) видов (рис. 1). Самые крупные роды суммарно включают 144 вида (17,4%) (табл.). Подобное распределение видового состава растений по таксономическим единицам более высокого ранга (особенно концентрация более половины видов в 10 ведущих семействах) соответствует общей закономерности формирования структуры флор Голарктики [59]. Начало семейственно-видовых спектров с семейств *Asteraceae* и *Poaceae* также характерно для флор многих территорий этого биогеографического региона [60].

Видовое богатство парциальной флоры железнодорожных экотопов Беларуси выше, чем железных дорог юго-востока Украины, обследованных в 1989–1992 гг. (555 видов) [61], северо-запада европейской части России (1965–1970 гг., 581 вид) [34], но ниже, например, по сравнению с флорой железных дорог Британии (1977–1981 гг., 1021 вид), или изучавшейся в течение более 160 лет флорой железных дорог г. Москвы (1087 видов) [35]. На формирование видового состава флоры железных дорог оказывает влияние множество взаимодействующих между собой факторов (географическое положение, интенсивность использования дороги, направление, дальность и иные особенности перевозок, растительный покров прилегающих территорий и т. д.) [4]. В результате, в пределах транспортных коммуникаций данного типа встречается очень различное количество видов региональных флор (от 33% (северо-запад европейской части России) до 72% (Удмуртия) [34, цит. по 2]).

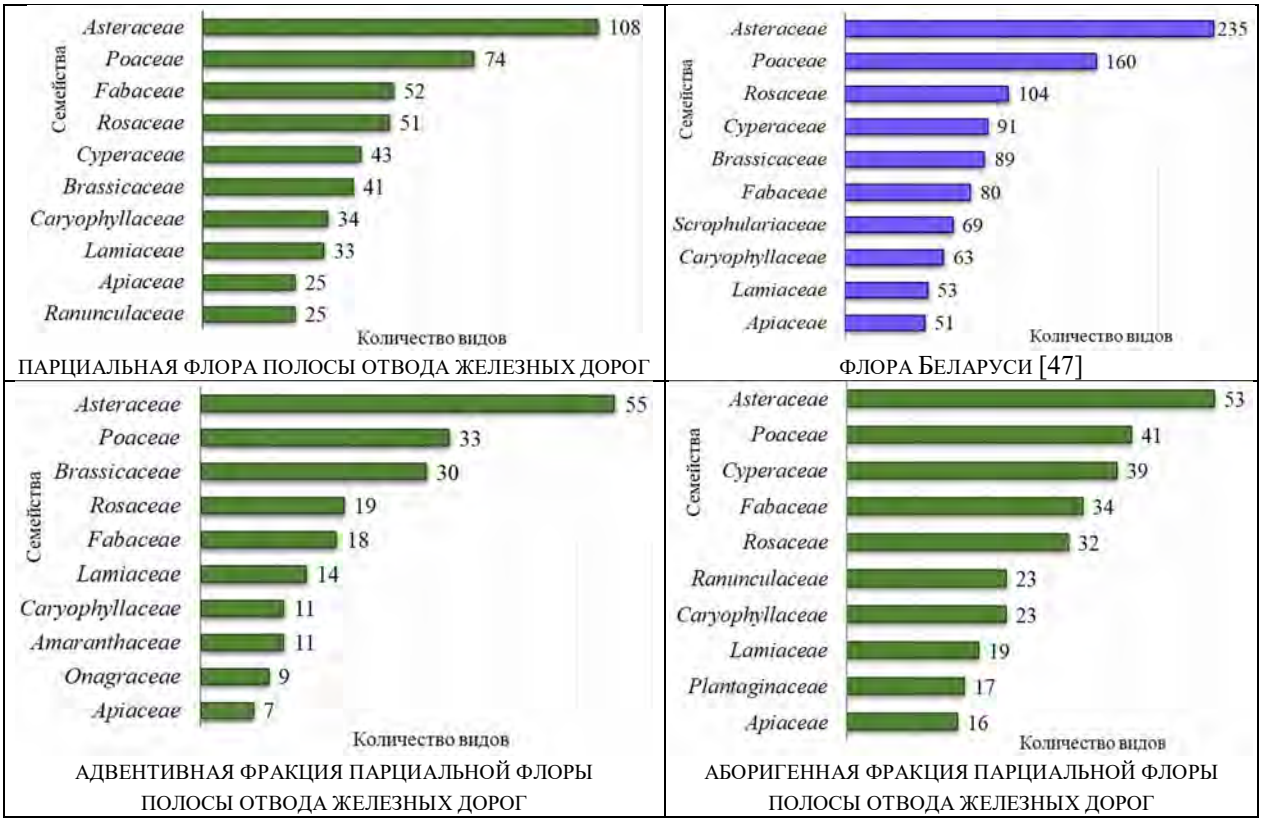


Рис. 1. Спектры ведущих семейств флоры Беларуси и парциальной флоры (а также ее компонентов) полосы отвода железных дорог республики

Fig. 1. Spectra of the leading families of the flora of Belarus and partial flora (as well as its components) of the railway right-of-way of the republic

Перечень видов сосудистых растений полосы отвода железных дорог Беларуси
List of vascular plant species of flora of railway rights-of-way in Belarus

Acer negundo L.
Acer platanoides L.
Acer tataricum L. (вкл. *A. tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.)
Achillea millefolium L.
Achillea ptarmica L.
Achillea salicifolia Besser ex DC.
Achillea seidlii J. Presl et C. Presl (A. *pannonica* Scheele)
Aconitum lasiostomum Rchb.
Aegopodium podagraria L.
Agrimonia eupatoria L.
Agrostis canina L.
Agrostis capillaris L.
Agrostis stolonifera L.
Ajuga genevensis L.
Ajuga reptans L.
Alcea rosea L.
Alchemilla baltica Juz.
Alchemilla glaucescens Wallr.
Alchemilla hirsuticaulis H. Lindb.
Alchemilla vulgaris L.
Alisma plantago-aquatica L.
Alkekengi officinarum Moench
Allium angulosum L.
Allium oleraceum L.
Allium ramosum L.
Allium schoenoprasum L.
Allium vineale L.
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.
Alnus incana (L.) Moench
Alopecurus aequalis Sobol.
Alopecurus geniculatus L.
Alopecurus pratensis L.
Alyssum alyssoides L.
Alyssum desertorum Stapf
Amaranthus albus L.
Amaranthus blitum L.
Amaranthus retroflexus L.
Ambrosia artemisifolia L.
Ambrosia psilostachya DC.
Amelanchier spicata (Lam.) K. Koch
Amorpha fruticosa L.
Anacamptis morio (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M. W. Chase
Anchusa officinalis L.
Androsace elongata L.
Androsace septentrionalis L.
Anemonoides nemorosa (L.) Holub
Angelica archangelica L.
Angelica sylvestris L.
Anthemis arvensis L.
Anthemis ruthenica M. Bieb.
Anthericum ramosum L.
Anthoxanthum australe (Schrad.) Veldkamp
Anthoxanthum nitens (Weber) Y. Schouten et Veldkamp (*Hierochloë hirta* (Schrank) Borbás, *Hierochloë praetermissa* (G. Weim.) Prob. et Tzvelev)
Anthoxanthum odoratum L.
Anthoxanthum repens (Host) Veldkamp
Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.
Anthyllis vulneraria L.
Aquilegia vulgaris L.
Arabidopsis arenosa (L.) Lawalrée
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.
Arabis sagittata (Bertol.) DC.
Arctium tomentosum Mill.
Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng.
Arenaria serpyllifolia L.
Argentina anserina (L.) Rydb.
Aristolochia clematitis L.
Armeria maritima (Mill.) Willd. subsp. *maritima* (*Armeria vulgaris* Willd.)
Armoracia rusticana G. Gaertn., B. Mey. et Scherb.
Arnica montana L.
Arrhenatherum elatius (L.) P. Beauv. ex J. Presl et C. Presl
Artemisia absinthium L.
Artemisia argyi H. Lév. et Vaniot
Artemisia austriaca Jacq.
Artemisia campestris L.
Artemisia dracunculus L. (*A. glauca* Pall. ex Willd.)
Artemisia umbrosa (Turcz. ex Bess.) Pamp.
Artemisia vulgaris L.
Asarum europaeum L.
Asclepias syriaca L.
Asparagus officinalis L.
Astragalus arenarius L.
Astragalus danicus Retz.
Astragalus glycyphyllos L.
Astrantia major L.
Athyrium filix-femina (L.) Roth
Atriplex patula L.
Atriplex tatarica L.
Avena sativa L.
Avenula pubescens (Huds.) Dumort.
Ballota nigra L.
Barbarea vulgaris W. T. Aiton (*B. vulgaris* subsp. *arcuata* (Opiz ex J. Presl et C. Presl) Čelak.)
Bellis perennis L.
Berberis aquifolium Pursh
Berteroa incana (L.) DC.
Betonica officinalis L.
Betula pendula Roth
Betula pubescens Ehrh.
Bidens cernua L.
Bidens connata Muhl. ex Willd.
Bidens frondosa L.
Bidens tripartita L.
Blysmus compressus (L.) Panz. ex Link
Bolboschoenus planiculmis (F. Schmidt) T. V. Egorova
Botrychium lunaria (L.) Sw.
Botrychium multifidum (S. G. Gmel.) Rupr.
Brassica napus L.
Briza media L.
Bromus commutatus Schrad.
Bromus erectus Huds.
Bromus hordeaceus L. subsp. *hordeaceus* (*Bromus mollis* L.)
Bromus inermis Leyss.
Bromus riparius Rehmann
Bromus squarrosus L.
Bromus sterilis L.
Bromus tectorum L.
Buglossoides arvensis (L.) I. M. Johnst.
Bunias orientalis L.
Calamagrostis canescens (Weber) Roth
Calamagrostis epigeios (L.) Roth
Calendula officinalis L.
Calla palustris L.
Callitriche palustris L.
Calluna vulgaris (L.) Hill
Caltha palustris L.
Camelina microcarpa Andrz. ex DC.
Camelina sativa Crantz
Campanula cervicaria L.
Campanula glomerata L.
Campanula patula L.
Campanula persicifolia L.
Campanula rapunculoides L.
Campanula rotundifolia L.
Campanula trachelium L.
Capsella bursa-pastoris Medik.
Caragana arborescens Lam.
Cardamine amara L.
Cardamine pratensis L. (вкл. *C. pratensis* subsp. *paludosa (Knaf) Celak.,* или *C. dentata* Schult.)
Carduus acanthoides L.
Carduus crispus L.
Carduus nutans L.
Carex acuta L.
Carex acutiformis Ehrh.
Carex appropinquata Schumach.
Carex canescens L.
Carex capillaris L.
Carex caryophyllea Latourr.
Carex cespitosa L.
Carex davalliana Sm.
Carex demissa Hornem.
Carex diandra Schrank
Carex distans L.
Carex disticha Huds.
Carex elongata L.
Carex ericetorum Pollich
Carex flacca Schreb.
Carex flava L.
Carex hartmanii A. Cajander
Carex hirta L.
Carex leporina L.
Carex melanostachya M. Bieb. ex Willd.
Carex montana L.
Carex nigra (L.) Reichard

Carex pallescens L.
Carex panicea L.
Carex paniculata L.
Carex polyphylla Kar. et Kir.
Carex praecox Schreb.
Carex riparia Curtis
Carex rostrata Stokes
Carex spicata Huds.
Carex supina Willd. ex Wahlenb.
Carex sylvatica Huds.
Carex tomentosa L.
Carex vesicaria L.
Carex vulpina L.
Carlina biebersteinii Bernh. ex Hornem. subsp. *brevibracteata* (Andrae) K. Werner (*C. intermedia* Schur)
Carum carvi L.
Centaurea jacea L.
Centaurea montana L.
Centaurea scabiosa L.
Centaurea stoebe L.
Centaurium erythraea Rafn
Cerastium arvense L.
Cerastium fontanum Baumg. subsp. *vulgare* (Hartm.) Greuter et Burdet (*C. holosteoides* Fr.)
Cerastium semidecandrum L.
Chaenorhinum minus (L.) Lange
Chaerophyllum aromaticum L.
Chaerophyllum aureum L.
Chaerophyllum hirsutum L.
Chamaecytisus ruthenicus (Fisch. ex Woł.) Klásk.
Chelidonium majus L.
Chenopodium acuminatum Willd. (*Ch. virgatum* Thunb.)
Chenopodium album L.
Chenopodium glaucum L.
Chenopodium polyspermum L.
Chenopodium strictum Roth
Chondrilla juncea L.
Cichorium intybus L.
Cicuta virosa L.
Cirsium arvense (L.) Scop.
Cirsium oleraceum Scop.
Cirsium palustre Scop.
Cirsium rivulare (Jacq.) All.
Cirsium vulgare (Savi) Ten.
Clinopodium acinos (L.) Kuntze
Clinopodium vulgare L.
Colchicum autumnale L.
Comarum palustre L.
Convallaria majalis L.
Convolvulus arvensis L.
Corispermum nitidum Kit. ex Schult.
Corispermum pallasii Steven
Cornus alba L.
Cornus sanguinea L. (вкл. *C. sanguinea* subsp. *australis* (C. A. Mey.) Jáv.)
Coronilla varia L.
Corylus avellana L.
Corynephorus canescens (L.) P. Beauv.
Cota tinctoria (L.) J. Gay
Crataegus sp.
Crepis biennis L.
Crepis paludosa Moench
Crepis tectorum L.
Cruciata glabra (L.) Opiz
Cruciata laevipes Opiz
Cuscuta campestris Yunck.
Cuscuta epithymum L.
Cynoglossum officinale L.
Dactylis glomerata L.
Dactylorhiza baltica (Klinge) N. I. Orlova (*D. majalis* subsp. *baltica* (Klinge) H. Sund.)
Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soó
Dactylorhiza incarnata (L.) Soó
Dactylorhiza maculata (L.) Soó
Dactylorhiza majalis (Rchb.) P. F. Hunt et Summerh.
Dactylorhiza × *braunii* (Halácsy) Borsos et Soó (*D. majalis* (Rchb.) P. F. Hunt et Summerh. × *D. fuchsii* (Druce) Soó)
Daucus carota L.
Delphinium consolida L.
Delphinium elatum L.
Deschampsia cespitosa (L.) P. Beauv.
Descurainia sophia (L.) Webb ex Prantl
Dianthus arenarius L. s. l.
Dianthus barbatus L.
Dianthus borbasii Vandas
Dianthus deltoides L.
Digitalis grandiflora Mill.
Digitaria ischaemum (Schreb.) Muhl.
Diplotaxis muralis DC.
Draba nemorosa L.
Draba sibirica (Pall.) Thell.
Dracocephalum thymiflorum L.
Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P. Fuchs
Dryopteris cristata (L.) A. Gray
Dryopteris filix-mas (L.) Schott
Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.
Echinocystis lobata Torr. et A. Gray
Echium vulgare L.
Eleocharis palustris (L.) Roem. et Schult.
Elymus caninus (L.) L.
Elymus repens (L.) Gould
Epilobium adenocaulon Hausskn.
Epilobium angustifolium L.
Epilobium hirsutum L.
Epilobium palustre L.
Epilobium pseudorubescens A. K. Skvortsov
Epilobium roseum (Schreb.) Schreb.
Epilobium tetragonum L.
Epipactis helleborine (L.) Crantz
Epipactis palustris (L.) Crantz
Equisetum arvense L.
Equisetum fluviatile L.
Equisetum hyemale L.
Equisetum palustre L.
Equisetum sylvaticum L.
Equisetum variegatum Schleich. ex F. Weber et D. Mohr
Equisetum × *rothmaleri* C. N. Page
Eragrostis minor Host
Eragrostis pilosa (L.) P. Beauv.
Erigeron acris L.
Erigeron annuus (L.) Desf.
Erigeron canadensis L.
Eriophorum angustifolium Honck.
Eriophorum vaginatum L.
Erodium cicutarium (L.) L'Hér.
Erysimum cheiranthoides L.
Erysimum diffusum Ehrh.
Erysimum marschallianum Andrz. ex M. Bieb.
Euonymus europaeus L.
Eupatorium cannabinum L.
Euphorbia cyparissias L.
Euphorbia lucida Waldst. et Kit.
Euphorbia saratoi Ardoino
Euphorbia uralensis Fisch. ex Link
Euphorbia virgata Waldst. et Kit.
Euphrasia micrantha Rchb.
Euphrasia stricta J. P. Wolff ex J. F. Lehm.
Fagopyrum esculentum Moench
Falcaria vulgaris Bernh.
Fallopia convolvulus (L.) Á. Löve
Festuca beckeri (Hack.) Trautv. (*F. polesica* Zapał.)
Festuca duvalii (St. Yves) Stohr
Festuca duvalii (St. Yves) Stohr × *Festuca trachyphylla* (Hack.) Hack.
Festuca ovina L.
Festuca rubra L.
Festuca trachyphylla (Hack.) Hack.
Festuca valesiaca Schleich. ex Gaudin
Filago arvensis L.
Filipendula ulmaria (L.) Maxim. (вкл. *F. ulmaria* subsp. *ulmaria,* или *F. denudata* (J. Presl et C. Presl) Fritsch)
Filipendula vulgaris Moench
Fragaria × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier
Fragaria moschata Duchesne ex Weston
Fragaria vesca L.
Fragaria viridis Weston
Frangula alnus Mill.
Fraxinus excelsior L.
Fraxinus pennsylvanica Marshall
Fumaria vaillantii Loisel.
Gaillardia × *grandiflora* Hort. ex Van Houtte
Galeopsis angustifolia Ehrh. ex Hoffm.
Galeopsis bifida Boenn.
Galeopsis ladanum L.
Galeopsis tetrahit L.
Galinsoga parviflora Cav.
Galinsoga quadriradiata Ruiz et Pav.
Galium × *pomeranicum* Retz. (*G. ochroleucum* Wolf ex Schweigg.)
Galium album Mill.
Galium aparine L.
Galium boreale L.
Galium intermedium Schult.
Galium mollugo L.

Galium odoratum (L.) Scop.
Galium palustre L.
Galium rivale (Sm.) Griseb.
Galium rubioides L. (вкл. *Galium physocarpum* Ledeb.)
Galium spurium L.
Galium uliginosum L.
Galium verum L.
Genista germanica L.
Genista tinctoria L.
Gentiana cruciata L.
Gentianella amarella (L.) Harry Sm.
Geranium palustre L.
Geranium phaeum L.
Geranium pratense L.
Geranium pusillum L.
Geranium pyrenaicum Burm.f.
Geranium robertianum L.
Geranium sanguineum L.
Geranium sibiricum L.
Geranium sylvaticum L.
Geum rivale L.
Geum urbanum L.
Gladiolus imbricatus L.
Glechoma hederacea L.
Glyceria fluitans (L.) R. Br.
Glycine max (L.) Merr.
Gnaphalium sylvaticum L.
Gnaphalium uliginosum L.
Gratiola officinalis L.
Grindelia squarrosa (Pursh) Dunal
Gypsophila fastigiata L.
Gypsophila muralis L.
Gypsophila paniculata L.
Helianthus annuus L.
Helianthus tuberosus L.
Helichrysum arenarium (L.) Moench
Hemerocallis fulva (L.) L.
Hepatica nobilis Schreb.
Heracleum sosnowskyi Manden.
Heracleum sphondylium L. (вкл. *H. sphondylium* subsp. *sibiricum* (L.) Simonk., или *H. sibiricum* L.)
Herniaria glabra L.
Hesperis matronalis L.
Hieracium lachenalii Suter subsp. *cruentifolium* (Dahlst. et Lübeck) Zahn (*H. vulgatum* Fr.)
Hieracium murorum L. subsp. *sylvularum* (Boreau) Zahn (*H. sylvularum* Boreau)
Hieracium umbellatum L.
Holcus lanatus L.
Holcus mollis L.
Holosteum umbellatum L.
Hordeum vulgare L.
Hottonia palustris L.
Humulus lupulus L.
Hylotelephium telephium (L.) H. Ohba (*H. decumbens* (Lucé) V. Byalt, *H. triphyllum* (Haworth) Holub)
Hyoscyamus niger L.
Hypericum maculatum Crantz
Hypericum perforatum L.
Hypochoeris radicata L.
Hyssopus officinalis L.
Impatiens glandulifera Royle
Impatiens parviflora DC.
Inula helenium L.
Inula salicina L.
Iris pseudacorus L.
Iris sibirica L.
Iva xanthiifolia Nutt. (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.)
Jacobaea vulgaris Gaertn.
Jasione montana L.
Juncus articulatus L.
Juncus bufonius L.
Juncus compressus Jacq.
Juncus conglomeratus L.
Juncus effusus L.
Juncus filiformis L.
Juncus gerardi Loisel.
Juncus inflexus L.
Juncus tenuis Willd.
Juniperus communis L.
Jurinea cyanoides (L.) Rchb.
Kadenia dubia (Schkuhr) Lavrova et V. N. Tikhom.
Klasea radiata (Waldst. et Kit.) Á. Löve et D. Löve
Knautia arvensis (L.) Coult.
Koeleria glauca (Spreng.) DC.
Lactuca muralis (L.) Gaertn.
Lactuca serriola L.
Lactuca tatarica C. A. Mey.
Lamium album L.
Lamium amplexicaule L.
Lamium galeobdolon subsp. *galeobdolon* (*G. luteum* Huds.)
Lamium purpureum L.
Lappula squarrosa Dumort.
Lapsana communis L.
Larix sp.
Lathyrus linifolius (Reichard) Bässler
Lathyrus niger (L.) Bernh.
Lathyrus pratensis L.
Lathyrus sylvestris L.
Lathyrus tuberosus L.
Lathyrus vernus (L.) Bernh.
Lemna minor L.
Leontodon hispidus L.
Leonurus quinquelobatus Gilib.
Lepidium campestre (L.) W. T. Aiton
Lepidium densiflorum Schrad.
Lepidium draba L. (*Cardaria draba* Desv.)
Lepidium latifolium L.
Lepidium perfoliatum L.
Lepidium ruderale L.
Lepidium virginicum L.
Leucanthemum ircutianum DC.
Leucanthemum vulgare Lam.
Leymus arenarius (L.) Hochst.
Limosella aquatica L.
Linaria genistifolia (L.) Mill.
Linaria vulgaris Mill.
Linum catharticum L.
Linum perenne L.
Linum usitatissimum L.
Lolium arundinaceum (Schreb.) Darbysh.
Lolium giganteum (L.) Darbysh.
Lolium perenne L.
Lolium pratense (Huds.) Darbysh.
Lonicera tatarica L.
Lotus corniculatus L.
Lotus pedunculatus Cav.
Lunaria annua L.
Lupinus polyphyllus Lindl.
Luzula campestris (L.) DC.
Luzula luzuloides (Lam.) Dandy et Wilmott
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.
Luzula pallescens Sw.
Luzula pilosa (L.) Willd.
Lycopodiella inundata (L.) Holub
Lycopus europaeus L.
Lysimachia nummularia L.
Lysimachia thyrsiflora L.
Lysimachia vulgaris L.
Lythrum portula (L.) D. A. Webb
Lythrum salicaria L.
Maianthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt
Malus domestica (Suckow) Borkh.
Malva excisa Rchb.
Matricaria discoidea DC.
Medicago × *varia* Martyn
Medicago falcata L.
Medicago lupulina L.
Medicago sativa L.
Melampyrum arvense L.
Melampyrum nemorosum L.
Melampyrum pratense L.
Melica nutans L.
Melilotus albus Medik.
Melilotus officinalis (L.) Lam.
Mentha aquatica L.
Mentha arvensis L.
Mercurialis perennis L.
Moehringia trinervia [Clairv.]
Molinia caerulea (L.) Moench
Myosotis arvensis Hill
Myosotis laxa Lehm.
Myosotis micrantha Pall. ex Lehm.
Myosotis scorpioides L.
Myosotis sparsiflora J. C. Mikan ex Pohl
Narcissus poeticus L.
Narcissus × *incomparabilis* Mill.
Nardus stricta L.
Neottia ovata (L.) Hartm. (*Listera ovata* (L.) R. Br.)
Odontites vulgaris Moench
Oenanthe aquatica (L.) Poir.
Oenothera × *casimiri* Rostański (*O. rubricaulis* Kleb. × *O. biennis* L.)
Oenothera biennis L.
Oenothera oakesiana (A. Gray) J. W. Robbins ex S. Watson (*O. ammophilla* Focke)
Oenothera parviflora L. × *Oenothera villosa* Thunb. (*O. parviflora* L. × *O. depressa* Greene)

Oenothera rubricaulis Kleb.
Oenothera villosa Thunb. × *Oenothera oakesiana* (A. Gray) J. W. Robbins ex S. Watson (*O.* × *acerviphila* Rostanski, *O. depressa* Greene × *O. ammophila* Focke)
Onobrychis viciifolia Scop.
Onoclea struthiopteris Roth
Onopordum acanthium L.
Ophioglossum vulgatum L.
Orchis mascula (L.) L.
Orchis militaris L.
Ornithogalum umbellatum L.
Orobanche coerulescens Stephan
Orobanche lutea Baumg.
Oxalis stricta L.
Oxybaphus nyctagineus (Michx.) Sweet
Oxytropis pilosa (L.) DC.
Panicum miliaceum L.
Papaver albiflorum (Elkan) Pacz.
Papaver dubium L.
Papaver rhoeas L.
Papaver somniferum L.
Papaver stevenianum Mikheev
Paris quadrifolia L.
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.
Pastinaca sativa L.
Pedicularis kaufmannii Pinzger
Pedicularis sylvatica L.
Persicaria × *intercedens* (Beck) Soják
Persicaria amphibia (L.) Delarbre
Persicaria bistorta Samp.
Persicaria hydropiper (L.) Delarbre
Persicaria lapathifolia (L.) Delarbre
Persicaria maculosa Gray
Persicaria minor Opiz
Persicaria vivipara (L.) Ronse Decr.
Petrorhagia prolifera (L.) P. W. Ball et Heywood
Peucedanum oreoselinum Moench
Peucedanum palustre (L.) Moench
Phalaris arundinacea L.
Phedimus aizoon (L.) 't Hart
Phedimus spurius (M. Bieb.) et Hart
Phleum pratense L.
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.
Physocarpus opulifolius (L.) Maxim.
Phyteuma nigrum F. W. Schmidt
Phyteuma orbiculare L.
Phyteuma spicatum L.
Picea abies (L.) H. Karst.
Picris hieracioides L.
Pilosella × *polymastix* (Peter) Holub
Pilosella caespitosa (Dumort.) P. D. Sell et C. West
Pilosella echioides F. W. Schultz et Sch. Bip.
Pilosella officinarum Vaill.
Pilosella onegensis Norrl.
Pilosella praealta (Gochnat) F. W. Schultz et Sch. Bip.
Pilosella × *flagellaris* (Willd.) Arv.-Touv.
Pilosella × *floribunda* (Wimm. et Grab.) Fr. (*P. caespitosa* (Dumort.) P. D. Sell et C. West × *P. lactucella* (Wallr.) P. D. Sell et C. West, *Pilosella* × *lobarzewskii* (Rehmann) Soják)
Pimpinella major Huds.
Pimpinella saxifraga L.
Pinus sylvestris L.
Plantago indica L.
Plantago lanceolata L.
Plantago major L.
Plantago media L.
Platanthera bifolia (L.) Rich.
Poa angustifolia L.
Poa annua L.
Poa compressa L.
Poa nemoralis L.
Poa palustris L.
Poa pratensis L.
Poa trivialis L.
Polemonium caeruleum L.
Polygala comosa Schkuhr
Polygala vulgaris L.
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce
Polygonum arenastrum Boreau
Polygonum aviculare L.
Populus alba L.
Populus balsamifera L.
Populus tremula L.
Portulaca oleracea L.
Potentilla × *angarensis* Popov (*P. argentea* L. × *P. tergemina* Sojak)
Potentilla × *belorussica* D. Dubovik et S. Savczuk (*P. thuringiaca* Bernh. ex Link × *P. erecta* (L.) Raeusch.)
Potentilla × *omissa* Sojak (*P. argentea* L. × *P. multifida* L.)
Potentilla alba L.
Potentilla argentea L.
Potentilla erecta (L.) Raeusch.
Potentilla incana P. Gaertn., B. Mey. et Scherb. (*P. arenaria* Borkh.)
Potentilla intermedia L.
Potentilla norvegica L.
Potentilla recta L.
Potentilla reptans L.
Potentilla thuringiaca Bernh. ex Link
Primula elatior Hill
Primula juliae Kusnez.
Primula veris L.
Prunella vulgaris L.
Prunus cerasifera Ehrh.
Prunus domestica L.
Prunus mahaleb L.
Prunus padus L.
Prunus pumila L.
Pteridium latiusculum Hieron. subsp. *pinetorum* (C. N. Page) Fraser-Jenk. (*P. pinetorum* C. N. Page et R. R. Mill)
Puccinellia distans (Jacq.) Parl.
Pulmonaria obscura Dumort.
Pulsatilla patens (L.) Mill.
Pulsatilla pratensis Mill.
Pyrola rotundifolia L.
Pyrus communis L.
Quercus robur L.
Quercus rubra L.
Ranunculus acris L.
Ranunculus auricomus L.
Ranunculus cassubicus L.
Ranunculus ficaria L. (*Ficaria verna* Huds.)
Ranunculus flammula L.
Ranunculus lingua L.
Ranunculus minimus E. H. L. Krause (*Myosurus minimus* L.)
Ranunculus montanus Willd.
Ranunculus polyanthemos L.
Ranunculus repens L.
Ranunculus sceleratus L.
Raphanus raphanistrum L.
Reseda lutea L.
Reynoutria × *bohemica* Chrtek et Chrtková
Reynoutria sachalinensis Nakai
Rhaponticum repens (L.) Hidalgo
Rhinanthus major L. *var. apterus* Fr. (*Rh. aestivalis* (N. Zinger) Schischk. et Serg.)
Rhinanthus minor L.
Ribes nigrum L.
Ribes rubrum L.
Ribes uva-crispa L. subsp. *uva-crispa* (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.)
Robinia pseudoacacia L.
Rorippa amphibia Besser
Rorippa austriaca (Crantz) Besser
Rorippa palustris Besser
Rorippa sylvestris (L.) Besser
Rosa × *dumalis* Bechst. (*Rosa* × *subcanina* (Christ) Dalla Torre et Sarnth.)
Rosa caesia Sm.
Rosa canina L.
Rosa glauca Pourr.
Rosa rugosa Thunb.
Rosa villosa L.
Rubus caesius L.
Rubus idaeus L.
Rubus polonicus Weston
Rudbeckia hirta L.
Rudbeckia laciniata L.
Rumex acetosa L.
Rumex acetosella L.
Rumex confertus Willd.
Rumex crispus L.
Rumex hydrolapathum Huds.
Rumex obtusifolius L.
Rumex thyrsiflorus Fingerh.
Sagina procumbens L.
Salix alba L.
Salix aurita L.
Salix caprea L.
Salix cinerea L.
Salix lapponum L.
Salix myrsinifolia Salisb.
Salix myrtilloides L.

Salix pentandra L.
Salix rosmarinifolia L.
Salix starkeana Willd.
Salix triandra L.
Salix viminalis L.
Salix × *fragilis* L.
Salvia hispanica L.
Salvia nemorosa L. (вкл. *S. nemorosa* subsp. *pseudosylvestris* (Stapf) Bornm., или *S. tesquicola* Klokov et Pobed.)
Salvia pratensis L.
Salvia verticillata L.
Sambucus racemosa L.
Sanguisorba minor Scop.
Sanguisorba officinalis L.
Saponaria officinalis L.
Saxifraga tridactylites L.
Scabiosa columbaria L.
Scabiosa ochroleuca L.
Scilla siberica Andrews
Scirpoides holoschoenus (L.) Soják
Scirpus radicans Schkuhr.
Scirpus sylvaticus L.
Scleranthus annuus L.
Scleranthus perennis L.
Scorzoneroides autumnalis (L.) Moench.
Scrophularia nodosa L.
Scrophularia oblongifolia Loisel. (*S. umbrosa* Dumort.)
Scutellaria galericulata L.
Scutellaria hastifolia L.
Secale cereale L.
Sedum acre L.
Sedum sexangulare L.
Senecio dubitabilis C. Jeffrey et Y. L. Chen
Senecio leucanthemifolius Poir. subsp. *vernalis* (Waldst. et Kit.) Greuter (*S. vernalis* Wadst. et Kit.)
Senecio viscosus L.
Senecio vulgaris L.
Seseli libanotis W. D. J. Koch
Sesleria uliginosa Opiz
Setaria pumila (Poir.) Roem. et Schult.
Setaria viridis (L.) P. Beauv.
Silene armeria L.
Silene chalcedonica E. H. L. Krause
Silene coronaria (L.) Clairv.
Silene flos-cuculi (L.) Greuter et Burdet
Silene latifolia Poir.
Silene nutans L.
Silene viscaria Jess.
Silene vulgaris (Moench) Garcke
Silphiodaucus prutenicus (L.) Spalik, Wojew., Banasiak, Piwczyński et Reduron
Sisymbrium loeselii L.
Sisymbrium orientale L.
Sisymbrium volgense M. Bieb. ex E. Fourn.
Sium latifolium L.
Solanum dulcamara L.
Solanum lycopersicum L.
Solanum nigrum L.
Solanum tuberosum L.
Solidago canadensis L.
Solidago gigantea Aiton
Solidago virgaurea L.
Sonchus arvensis L.
Sonchus asper (L.) Hill
Sonchus oleraceus L.
Sorbus aucuparia L.
Sparganium erectum L.
Spergula arvensis L.
Spergula morisonii Boreau
Spiraea × *rosalba* Dippel
Spiraea alba Du Roi
Stachys palustris L.
Stellaria aquatica Scop.
Stellaria graminea L.
Stellaria holostea L.
Stellaria media (L.) Vill.
Stellaria palustris Retz.
Stipa borysthenica Klokov ex Prokudin
Symphyotrichum × *salignum* (Willd.) G. L. Nesom
Symphytum caucasicum M. Bieb.
Symphytum officinale L.
Tanacetum vulgare L.
Taraxacum officinale F. H. Wigg.
Tephroseris crispa (Jacq.) Rchb.
Thalictrum aquilegiifolium L.
Thalictrum flavum L.
Thalictrum lucidum L.
Thalictrum minus L.
Thelypteris palustris Schott
Thesium ebracteatum Hayne
Thesium linophyllon L. (*Th. arvense* Horv.)
Thinopyrum intermedium (Host) Barkworth et D. R. Dewey (*Elytrigia intermedia* (Host) Nevski)
Thlaspi arvense L.
Thymus glabrescens Willd. (*Th.* × *loevyanus* Opiz, *Th. marschallianus* Willd. × *Th. ovatus* Mill.)
Thymus pannonicus All.
Thymus pulegioides L. subsp. *pulegioides* (*Th. ovatus* Mill.)
Thymus serpyllum L.
Tilia cordata Mill.
Tragopogon × *crantzii* Dichtl (*T. dubius* Scop. × *T. orientalis* L.)
Tragopogon dubius Scop.
Tragopogon orientalis L.
Tragopogon pratensis L.
Tribulus terrestris L.
Trifolium alpestre L.
Trifolium arvense L.
Trifolium aureum Pollich
Trifolium fragiferum L.
Trifolium hybridum L.
Trifolium medium L.
Trifolium montanum L.
Trifolium pratense L.
Trifolium repens L.
Trifolium rubens L.
Trifolium spadiceum L.
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.
Trisetum flavescens (L.) P. Beauv.
Triticum aestivum L.
Trollius europaeus L.
Turgenia latifolia Hoffm.
Turritis glabra L.
Tussilago farfara L.
Typha × *glauca* Godr.
Typha latifolia L.
Ulmus glabra Huds.
Ulmus laevis Pall.
Ulmus pumila L.
Urtica dioica L. (вкл. *U. dioica* subsp. *pubescens* (Ledeb.) Domin)
Utricularia × *australis* R. Br.
Vaccinium myrtillus L.
Valeriana dioica L.
Valeriana officinalis L.
Verbascum densiflorum Bertol.
Verbascum lychnitis L.
Verbascum nigrum L.
Verbascum phoeniceum L.
Verbascum thapsus L.
Veronica arvensis L.
Veronica beccabunga L.
Veronica chamaedrys L.
Veronica longifolia L.
Veronica officinalis L.
Veronica persica Poir.
Veronica scutellata L.
Veronica serpyllifolia L.
Veronica spicata L.
Veronica teucrium L.
Veronica verna L.
Viburnum opulus L.
Vicia cassubica L.
Vicia cracca L.
Vicia grandiflora Scop.
Vicia hirsuta (L.) Gray
Vicia lathyroides L.
Vicia pannonica Crantz (*V. striata* M. Bieb.)
Vicia sativa L. subsp. *nigra* Ehrh. (*V. angustifolia* Reichard, *V. segetalis* Thuill.)
Vicia sepium L.
Vicia sylvatica L.
Vicia tenuifolia Roth
Vicia tetrasperma (L.) Schreb.
Vicia villosa Roth
Vincetoxicum hirundinaria Medik.
Viola × *contempta* Jord.
Viola arvensis Murray
Viola canina L.
Viola nemoralis Kuetz.
Viola palustris L.
Viola tricolor L.
Viola uliginosa Besser
Viola × *wittrockiana* Gams
Viscum album L.
Vitis vinifera L.
Zea mays L.

Таблица. Ведущие роды в парциальной флоре полосы отвода железных дорог Беларуси
Table. Leading genera in the partial flora of railway right-of-way in Belarus

Парциальная флора полосы отвода железных дорог Partial flora of railroad right-of-way								Флора Беларуси [47] Flora of Belarus		
Всего / Total			Аборигенная фракция Aboriginal fraction			Адвентивная фракция Adventive fraction				
Род Genera	Число видов Number of species	% всех видов % of all species	Род Genera	Число видов Number of species	% всех видов % of all species	Род Genera	Число видов Number of species	% всех видов % of all species	Род Genera	Число видов Number of species	% всех видов % of all species
Carex	35	4,22	*Carex*	32	6,21	*Bromus*	7	2,22	*Carex*	66	3,82
Salix	13	1,57	*Salix*	12	2,33	*Lepidium*	7	2,22	*Veronica*	26	1,5
Galium	13	1,57	*Galium*	11	2,14	*Oenothera*	6	1,9	*Rosa*	24	1,39
Potentilla	12	1,45	*Potentilla*	11	2,14	*Vicia*	6	1,9	*Hieracium*	22	1,27
Vicia	12	1,45	*Trifolium*	11	2,14	*Papaver*	5	1,59	*Trifolium*	19	1,1
Ranunculus	11	1,33	*Ranunculus*	10	1,94	*Artemisia*	4	1,27	*Potentilla*	18	1,04
Veronica	11	1,33	*Veronica*	10	1,94	*Chenopodium*	4	1,27	*Pilosella*	18	1,04
Trifolium	11	1,33	*Pilosella*	8	1,55	*Festuca*	4	1,27	*Viola*	18	1,04
Geranium	9	1,08	*Campanula*	7	1,36	*Geranium*	4	1,27	*Galium*	17	0,98
Juncus	9	1,08	*Juncus*	7	1,36	*Viola*	4	1,27	*Potamogeton*	17	0,98
Pilosella	8	0,96	*Poa*	7	1,36	*Senecio*	4	1,27	*Ranunculus*	16	0,93

Аборигенная фракция исследуемой флоры состоит из 515 видов (в т. ч. 12 гибридов), относящихся к 250 родам, 71 семействам, 33 порядкам, 4 классам, 4 отделам. К апофитам принадлежит 237 видов (46,0%). Среднее количество видов в семействе – 7,3; родов в семействе – 3,5; видов в роде – 2,1. Одновидовых родов – 159 (63,6%), семейств – 25 (35,2%). В ведущих 10 семействах насчитывается 297 видов (57,7%) (см. рис. 1). Лидирующие по числу видов роды включают 126 видов (24,5%) (см. табл.).

Адвентивный компонент изучаемой флоры представлен 315 видами (в т. ч. 18 гибридами) из 197 родов, 55 семейств, 30 порядков, 2 классов, 2 отделов, что составляет 38,0% ее полного видового состава. Археофитов – 86 (27,3%). Среднее количество видов в семействе – 5,7; родов в семействе – 3,6; видов в роде – 1,6. Родов, содержащих один вид – 129 (65,5%), семейств, включающих один вид – 19 (34,5%). В составе ведущих 10 семейств – 207 (65,7%) видов (см. рис. 1). Наиболее крупные роды содержат 55 видов (17,5%) (см. табл.).

Таким образом, аборигенная фракция имеет больший удельный вес в исследуемой флоре (62% всех видов), чем адвентивная, также как и во флоре железных дорог, расположенных на северо-западе европейской части [34] и юго-западе России (56%) [62], на юго-востоке Украины (62%) [61], в Британии (68%), северо-восточной Швейцарии (80%), восточной Польше (72%), и многих других регионах мира [цит. по 35].

Кроме того, в 10 ведущих семействах в адвентивной фракции флоры полосы отвода железных дорог Беларуси процент видов выше, чем в аборигенной, что является общей тенденцией для подобных флор, которая объясняется произрастанием адвентивных видов в новых и достаточно экологически неблагоприятных условиях железнодорожных экотопов [63].

Примечательно, что головная часть семейственного спектра аборигенной фракции изучаемой флоры построена точно в соответствии с зональным положением территории в границах Бореальной зоны – на 3-ем месте находится семейство *Cyperaceae* [64]. Высокую позицию также занимают и другие бореальные семейства – *Ranunculaceae, Plantaginaceae* [64]. Это является признаком высокой степени восстановления флоры значительной части территорий, нарушенных при строительстве железных дорог, а также ее достаточной целостности и устойчивости. Высокий ранг семейства *Cyperaceae* – отличительная черта флоры железнодорожных экотопов Беларуси, так как часто оно даже не входит в десятку лидирующих семейств флор железных дорог, например, во многих областях России [34] и в Польше [35]. В то же время, на синхронизацию и единое направление изменения флор под влиянием техногенеза указывает близость семейственных спектров всей флоры полосы отвода железных дорог и флоры Беларуси, совпадающих на 90% по составу семейств и на 20% по их рангам. Здесь 3-е место принадлежит семейству

Fabaceae, что приближает исследуемую территорию по видовому составу к южным фитохорионам [65]. Более глубокая антропогенная трансформация флоры железнодорожных экотопов отражена в повышении рангов термофильных семейств (*Fabaceae*, для адвентивной фракции также *Brassicaceae*, для аборигенной – *Caryophyllaceae*), тяготеющих к аридным местообитаниям [66], каковыми и являются обочины путей и откосы железнодорожных насыпей, а также в большей роли семейств с ярко выраженным синантропным характером в спектре адвентивного компонента (*Brassicaceae*, содержащее немало однолетних растений-эксплерентов и антропофильных видов [67], *Amaranthaceae*), что многие авторы связывают с экстремальностью условий железнодорожных экотопов [2]. Однако в спектре парциальной флоры полосы отвода железных дорог Беларуси не наблюдается такого повышения ранга (до 3–4 места) и увеличения процентного содержания видов семейства *Brassicaceae*, как во флорах железных дорог некоторых более восточных территорий – северо-запада европейской части России [34], Московской [67], Ярославской, Самарской, Саратовской областей [2]. При этом высокое положение семейства *Rosaceae* в спектрах адвентивной фракции флор железных дорог отмечается достаточно часто [63].

Еще более точное представление о структуре флоры полос отвода железных дорог и динамических процессах в ней можно получить, анализируя головную часть спектров родов (см. табл.). Полная идентичность первой тройки родов (*Carex, Salix, Galium*) исследуемой флоры и ее аборигенной фракции, а также их 80% сходство по составу родов, отражает большой вклад именно аборигенных представителей флоры в формирование ее видового разнообразия. Здесь важно отметить и экологическую пригодность местообитаний вдоль железных дорог для произрастания видов рода *Carex,* входящих в одно из уязвимых к антропогенному прессу семейств однодольных растений [66], а также видов рода *Salix*, индицирующих широкое распространение переувлажненных местообитаний по кюветам, водоотводным канавам и бермам. Один из ведущих родов изучаемой флоры – *Trifolium*, включает немало как обычных, так и редко встречающихся (*Trifolium spadiceum*, *Trifolium montanum* и других) видов агроботанической группы бобовых, другие роды спектра – *Ranunculus, Veronica*, содержат виды лугового разнотравья (*Veronica scutellata*, *R. lingua*), которые также все чаще исчезают из травостоев лугов республики согласно результатам многолетних мониторинговых исследований [68]. Поэтому полоса отвода многих железных дорог Беларуси становится рефугиумом для этой категории видов и вносит вклад в длительное существование и сохранение естественного состава луговых сообществ страны. Также примечательно, что среди лидирующих родов флоры полосы отвода железных дорог и ее компонентов отсутствуют только три из ведущих родов флоры Беларуси (*Potamogeton* – большинство видов рдестов страны не встречаются во временных водоемах, *Rosa* и *Hieracium*), что еще раз доказывает высокую акцепторную способность железнодорожных экотопов по отношению к очень различным видам флоры республики. В то же время совершенно обособленно формировалась часть адвентивного компонента флоры железнодорожных экотопов (см. табл.), особенно представленная первой пятеркой родов (*Bromus, Lepidium, Oenothera, Vicia, Papaver*), имеющих небольшой вес во флоре Беларуси. Активное пополнение перечисленных родов новыми видами происходит в последние десятилетия (*Vicia striata*, *Oenothera parviflora* × *O. depressa* [14, 25], *P. stevenianum*[2]), и даже годы (*Papaver albiflorum* [69]). Причем чаще заносятся новые виды, характерные для более южных регионов (*Stipa borysthenica* [16]), поскольку междупутья, обочины путей и склоны насыпей (особенно высоких, более 2,5 м) железных дорог по условиям среды приближены к степным. Здесь растения проходят жизненный цикл в условиях локально увеличенной температуры и пониженной влажности воздуха, действия сильных воздушных потоков и беглого огня, на бедных питательными веществами, сухих, рыхлых субстратах, пропитанных гербицидами и покрытых нагаром и мазутом [70]. Перечисленные факторы действуют как селективные в отношении псаммофитов, ксерофитов и видов с широкой экологической амплитудой, в т. ч. южных ксерофильных чужеродных растений [71]. Ранее было показано, что обнаружение новых для республики видов наиболее вероятно вблизи (не далее 2,5 км) крупных железнодорожных узлов, особенно электрифицированных железнодорожных линий с повышенной транспортной нагрузкой [72]. Поэтому целесообразно проводить плановые обследования окрестностей перегрузочных станций с целью выявления новых видов растений в каче-

[2] Сведения о локалитетах содержатся в iNaturalist (https://www.inaturalist.org/observations/197396223, https://www.inaturalist.org/observations/79654012, https://www.inaturalist.org/observations/215908140)

стве предупредительной меры по борьбе с потенциально инвазионными и сорными карантинными видами.

Среди зарегистрированных адвентивных видов ценозообразователями (доминантами и субдоминантами сообществ) могут являться 43 (13,7%). Встречаются редко 119 видов (37,8%). При этом наибольшей частотой встречаемости и высоким обилием в местах произрастания отличаются *Arrhenatherum elatius*, *Solidago canadensis*, *Oenothera rubricaulis*, *Lupinus polyphyllus*, *Bunias orientalis*. При нарушении норм кошения насыпей и берм формируются заросли с преобладанием заносных видов кустарников: *Physocarpus opulifolius*, *Spiraea alba*. Ненадлежащий уход за полосами отвода железных дорог может стать причиной более широкого распространения в железнодорожных коридорах редких в настоящее время адвентов, например, *Cyanus montanus* или *Lepidium draba* (рис. 2).



Южная окрестность д. Рудня Толочинского района Витебской области



г.п. Руденск Пуховичского района Минской области (железнодорожный переезд)

Рис. 2. Массовое развитие редких адвентивных видов (*Cyanus montanus*, *Lepidium draba*) в полосе отвода железных дорог

Fig. 2. Highly abundant adventive species (*Cyanus montanus*, *Lepidium draba*) in the railway right-of-way

В пределах полосы отвода отмечено 59 видов «железнодорожных» растений, причем 40 из них – редкие в республике. Это достаточно разнородная в систематическом отношении группа видов, неравномерно объединенных в 23 семейства (рис. 3). По происхождению только 6 видов (10,2%) относится к апофитам (*Avenula pubescens*, *Cardaminopsis arenosa*, *Seseli libanotis*, *Verbascum phoeniceum*), остальные имеют статус адвентивных: 6 видов (10,2%) – археофиты (*Anisantha tectorum*, *Camelina sativa*, *Carduus nutans*, *Lappula squarrosa*) и 47 (79,6%) – кенофиты (*Sisymbrium orientale*, *S. volgense*, *Reseda lutea*, *Anisantha sterilis*). Таким образом, основная часть «железнодорожных» видов – новый и довольно нестабильный элемент адвентивной фракции флоры полос отвода железных дорог Беларуси.

Доминируют в фитоценозах только *Anisantha tectorum*, *Arrhenatherum elatius*, *Cruciata laevipes*, *Salvia verticillata* (реже *Artemisia austriaca*, *Eragrostis minor*, *Portulaca oleracea*), остальные «железнодорожные» растения в сообществах очень малообильны, несмотря на высокую частоту встречаемости некоторых из них.

По значению индекса синантропизации (66,5%) флора железнодорожных экотопов Беларуси находится в первой фазе предпоследней (4-ой) стадии сильной антропогенной трансформации [73]. Уровень адвентизации ее синантропного компонента – 57,1%, апофитизации – 42,9%. В целом же в изучаемой флоре численно преобладают аборигенные виды растений (рис. 4) – 62,0%.

В этой связи стоит упомянуть об очень резких различиях в текущем состоянии разных отрезков железнодорожных путей – от редко и слабо нарушаемых склонов насыпей и берм до только что отремонтированных и засыпанных свежим грунтом и щебнем (рис. 5).

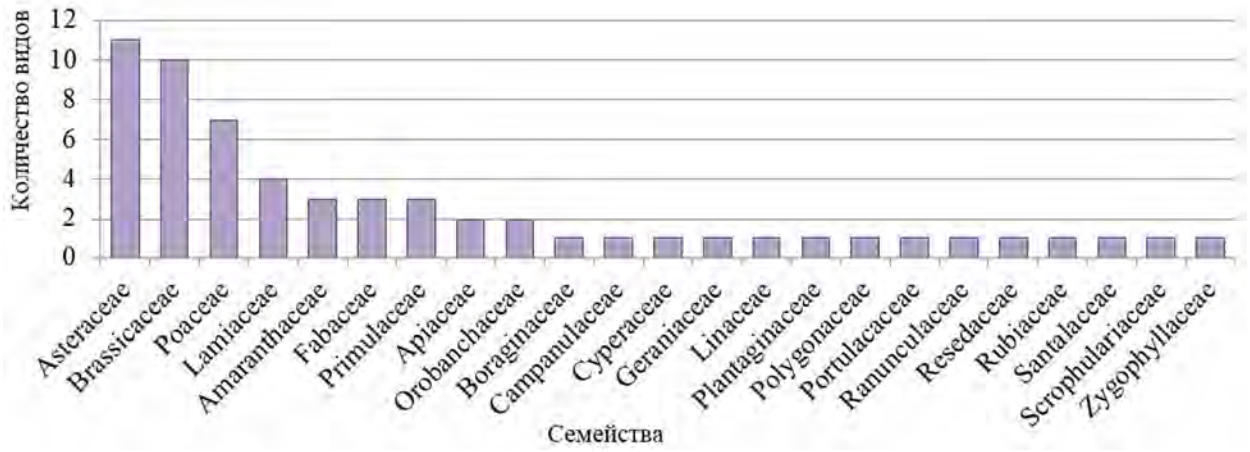


Рис. 3. Распределение видов «железнодорожных» растений по семействам

Fig. 3. Distribution of «railway» plant species by family

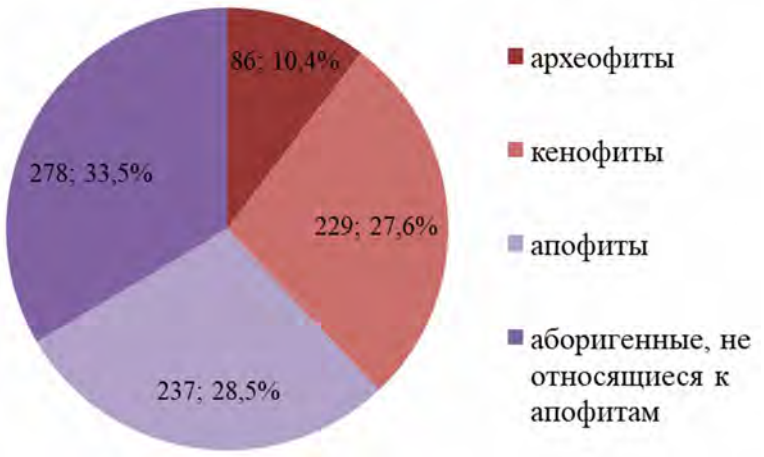


Рис. 4. Количественный вклад синантропного компонента во флору полосы отвода железных дорог Беларуси

Fig. 4. The contribution of the synanthropic component to the flora of the Belarusian railway right-of-way



Витебская область, Шумилинский район, 2,1 км северо-западнее д. Язвино

Минская область, Минский район, 0,8 км северо-восточнее д. Анусино

Рис. 5. Различные по степени антропогенного изменения железнодорожные экотопы

Fig. 5. Railway ecotopes varying in degree of anthropogenic change

Таким образом, вдоль железных дорог очень часто встречаются и пионерные маловидовые фрагменты растительности, и сорно-рудеральные сообщества, и многокомпонентные, сложные по структуре луговые и прибрежно-водные фитоценозы. Вероятно, в связи с новыми способами ухода за полосой отвода и продолжающейся реконструкцией дорог первые вскоре будут преобладать. Поэтому приобретает особую актуальность разработка рекомендаций по сохранению флористических (а также растительных) комплексов вблизи железных дорог и предотвращению потери фитогенетического разнообразия этих территорий.

На долю растений, занесенных в Красную книгу Беларуси [74], приходится 8,1% видов флоры полос отвода железных дорог. Их перечень приводится ниже.

I категория природоохранной значимости (CR): *Anacamptis morio*, *Astrantia major*, *Carex davalliana*, *C. supina, C. tomentosa, Orchis militaris, Pedicularis kaufmannii, Phyteuma nigrum, Scabiosa columbaria, Tephroseris crispa, Valeriana dioica*.

II категория (EN): *Aconitum lasiostomum, Allium schoenoprasum, Gentianella amarella, Orchis mascula, Pedicularis sylvatica, Trifolium rubens*.

III категория (VU): *Botrychium multifidum, Dactylorhiza majalis, Delphinium elatum, Gentiana cruciata, Potentilla alba, Salix myrtilloides*.

IV категория (NT): *Arnica montana, Genista germanica*, *Gladiolus imbricatus, Iris sibirica, Lycopodiella inundata, Neottia ovata, Pulsatilla patens, P. pratensis*, *Salix lapponum, Salvia pratensis, Trollius europaeus, Thesium ebracteatum*, *Viola uliginosa*.

Виды списка профилактической охраны: *Anthericum ramosum, Campanula cervicaria, C. persicifolia, Carex flacca*, *Colchicum autumnale*, *Botrychium lunaria, Dactylorhiza baltica, D. incarnata, D. fuchsii, D. maculata, Digitalis grandiflora, Epipactis helleborine, E. palustris, Equisetum variegatum, Geranium phaeum, Jurinea cyanoides, Ophioglossum vulgatum, Persicaria bistorta, Petasites hybridus, Pimpinella major, Platanthera bifolia, Polemonium caeruleum, Primula elatior, P. veris, Sanguisorba officinalis, Silene armeria, Thalictrum aquilegiifolium, T. minus, Veronica teucrium, Vicia lathyroides, V. tenuifolia.*

Кроме того, по обочинам, откосам и бермам железных дорог встречаются хорологически определенные и иные регионально редкие виды растений (40 аборигенных видов, или 4,8% всего видового богатства изучаемой флоры), не имеющие статуса охраняемых: *Ajuga genevensis, Carex paniculata, Cruciata glabra, Euphorbia lucida, E. uralensis, Linaria genistifolia, Scabiosa ochroleuca, Scrophularia oblongifolia, Scutellaria hastifolia, Coronilla varia, Verbascum lychnitis* и другие.

Редкие, охраняемые, находящиеся под угрозой исчезновения виды и их комплексы часто обнаруживаются в полосе отвода железных дорог и в других странах мира (в Швеции, Словакии, Германии, России, Украине) [35, 63]. Так, в Финляндии вдоль железных дорог зарегистрировано 4% видов, признанных исчезающими на национальном уровне [35].

В Беларуси в последние годы выявляются все новые места произрастания некоторых охраняемых видов в полосе отвода железных дорог. Они не равноценны экологически – по значимости для сохранения тех или иных редких растений. Например, в местообитании вблизи д. Бони Костюковичского района Могилевской области совместно произрастают 4 охраняемых вида, при этом численность растений *Neottia ovata* превышает 50. Существует угроза для популяции со стороны распространяющихся кустарников (их обилие – Cop_2 по шкале О. Друде), а также из-за конкуренции с доминантом фитоценоза – *Calamagrostis epigeios*. Насыщены редкими видами и полосы отвода железной дороги около д. Шуховцы

Дубровенского района Витебской области (*Neottia ovata, Dactylorhiza baltica*). Факторы негативного влияния на охраняемые растения – распространение поросли ив (Сор$_3$) и *Arrhenatherum elatius*. Подобные места произрастания подлежат охране, должны быть разработаны планы действий по сохранению исчезающих видов растений желательно после более полной инвентаризации, сравнения и оценки их локалитетов вдоль соответствующих железнодорожных линий.

Особенно актуальным представляется принятие таких мер в связи с повсеместным и ежегодным сокращением площадей природных лугов в республике и потерей их ресурсного и природоохранного значения вследствие отсутствия хозяйственного использования (сенокошения) и сукцессионных преобразований луговых фитоценозов в другие категории растительности (рудеральную, лесную) [68]. Ежегодно обкашиваемые влажные луговины берм в ряде случаев являются антропогенными аналогами естественных лугов, длительное время сохраняющими экологический потенциал для воспроизводства редких представителей флоры Беларуси.

Заключение

В обобщенном виде результаты исследования можно представить следующим образом:

1. Флора полосы отвода железных дорог Беларуси включает 830 видов (в т. ч. 30 гибридов) сосудистых растений, относящихся к 377 родам, 85 семействам, 38 порядкам, 4 классам, 4 отделам, что составляет свыше 45% видового разнообразия флоры республики (по состоянию на конец 1990-х гг.). Ведущие 10 семейств объединяют 486 (58,6%) видов.

2. Аборигенная фракция флоры антропогенно преобразованных железнодорожных экотопов, несмотря на ее недавнее формирование, приобрела зональные черты бореальных флор, что подтверждается началом семейственного спектра (*Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae*). За счет адвентивной фракции таксономическое разнообразие флоры полос отвода железных дорог увеличивается на уровне видов на 61,2%, причем преимущественно за счет заносных видов более термофильных таксонов (*Fabaceae, Brassicaceae*). Этот процесс по скорости и масштабам несколько выходит за рамки общей тенденции антропогенного изменения флоры Беларуси, особенно заметно затронувшей отдельные (южные) регионы страны. Более глубокая трансформация флоры железнодорожных экотопов выражается в порядке расположения ведущих семейств в спектре, по составу почти совпадающих с головными семействами флоры республики (на 90%) – *Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Cyperaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Ranunculaceae*, а также в составе первых пяти ведущих родов адвентивной фракции – *Bromus, Lepidium, Oenothera, Vicia, Papaver*.

2. Особенностью адвентивного компонента изучаемой флоры является наличие в нем динамичного, вариабельного блока видов «железнодорожных» растений (59 видов, 18,7% адвентивных видов), придающих специфику флоре полос отвода железных дорог. На основании рассмотрения ведущих (*Asteraceae, Brassicaceae, Poaceae, Lamiaceae, Amaranthaceae, Fabaceae*) и маловидовых семейств данного элемента флоры можно делать выводы о способности представителей различных таксонов закрепляться и длительно существовать в пределах насыпей дорог.

3. Созологическая ценность флоры полосы отвода железных дорог Беларуси определяется наличием в ее составе 36 видов основного списка Красной книги Беларуси и 31 вида перечня профилактической охраны, на которые приходится 8,1% от ее полного видового списка, а также пятая часть всех охраняемых в республике сосудистых растений. Это единственный тип значительно антропогенно преобразованных экотопов в Беларуси, содержащих такое большое число редких и охраняемых видов растений.

Низкотравные влажные луговины берм неэлектрифицированных одно- и двухпутных железных дорог с низкой транспортной нагрузкой при условии регулярного умеренного кошения могут являться антропогенными аналогами естественных лугов, длительное время сохраняющими экологический потенциал для воспроизводства охраняемых и редких, не относящихся к апофитам, аборигенных видов луговых и прибрежно-водных растений Беларуси всех агроботанических групп.

Благодарности

Работа выполнена в рамках НИР «Состояние, устойчивость и особенности формирования фитоценозов под влиянием содержания и эксплуатации железнодорожных коммуникаций» (№ГР 20210260 от 18.03.2021 г.) ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

Автор выражает благодарность к.б.н. М. А. Джусу за определение части гербарных сборов, ценные советы и консультации при подготовке рукописи, а также сотрудникам лаборатории флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси – к.б.н. Д. В. Дубовику и А. Н. Скуратовичу за помощь в определении растений в полевых условиях и идентификацию гербарных образцов.

Литература

1. Рахманько, В. Г. Этапы становления и развития Белорусской железной дороги / В. Г. Рахманько // Вестник Белорусского государственного университета транспорта. Наука и транспорт. – 2001. – С. 4–13.

2. Хусаинова, С. А. Флора и растительность железнодорожных насыпей Куйбышевской и Южно-Уральской железных дорог (в пределах Республики Башкортостан): дисс. … канд. биол. наук: 03.02.01 / С. А. Хусаинова; Ботанический сад-институт УФИЦ РАН. – Уфа, 2016. – 166 с.

3. Дубовик, Д. В. Перспективы изучения чужеродной флоры Беларуси / Д. В. Дубовик, С. С. Савчук // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2024. – № 18 (3). – С. 41–47.

4. Факторы, определяющие формирование флоры железных дорог / С. А. Сенатор [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 261–266.

5. Антипов, Б. В. Системный подход к изучению растительных сообществ в условиях железнодорожного транспорта / Б. В. Антипов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 9. – С. 46–52.

6. Джус, М. А. Новые местонахождения редких и охраняемых видов растений в Беларуси / М. А. Джус, В. Н. Тихомиров // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2003. – № 2. – С. 26–31.

7. Джус, М. А. Новые местонахождения редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси, выявленные в 2004 г. в Минской и Витебской областях / М. А. Джус // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2005. – № 3. – С. 65–69.

8. Семеренко, Л. В. Род пальчатокоренник (*Dactylorhiza, Orchidaceae*) во флоре Беларуси: история изучения, видовой состав, хорология, экология, числа хромосом / Л. В. Семеренко, И. В. Швец // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2005. – Вып. 33. – С. 123–134.

9. Дубовик, Д. В. О новых для флоры Беларуси местонахождениях редких видов сосудистых растений / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 38. – С. 391–404.

10. Савчук, С. С. О новых и редких видах сосудистых растений для Малоритского района Брестской области / С. С. Савчук, Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 38. – С. 417–428.

11. Третьяков, Д. И. Род кипрей (*Epilobium* L. s. str., *Onagraceae* Juss.) в Беларуси / Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 38. – С. 55–84.

12. Дубовик, Д. В. Новые местонахождения некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений для флоры Беларуси / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 41. – С. 3–19.

13. Новые и редкие виды сосудистых растений для Брестской области / А. А. Вахний [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 41. – С. 99–115.

14. Савчук, С. С. Флора Брестского Полесья как модель инвазии чужеродных видов / С. С. Савчук // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 41. – С. 44–62.

15. Дубовик, Д. В. Новые таксоны сосудистых растений для флоры Беларуси и ее отдельных регионов / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 43. – С. 3–18.

16. Мялик, А. Н. Дополнения к флоре юго-западной части Беларуси / А. Н. Мялик // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2015. – Вып. 44. – С. 53–65.

17. Новые местонахождения редких и охраняемых видов сосудистых растений флоры Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2015. – Вып. 44. – С. 14–28.

18. Ивановский, В. В. Биологическое разнообразие редких растений в полосе отчуждения железных дорог Северной Беларуси / В. В. Ивановский // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета, Тверь, 8–11 ноября 2017 г. / Тверской гос. ун-т. – Тверь, 2017. – С. 124–127.

19. Новые данные о распространении некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений флоры Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 47. – С. 32–51.

20. Мялік, А. М. Новыя месцазнаходжанні некаторых рэдкіх абарыгенных і адвентыўных відаў раслін на тэрыторыі заходняй часткі Беларускага Палесся / А. М. Мялік // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 47. – С. 263–278.

21. Дубовик, Д. В. О некоторых гибридах хвощей (*Equisetum* L.) во флоре Беларуси / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 339–341.

22. К вопросу о распространении некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 325–338.

23. О новых местонахождениях редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 369–380.

24. Скуратович, А. Н. Представители рода мак (*Papaver* L.) во флоре Беларуси / А. Н. Скуратович // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 28–36.

25. Материалы о новых для флоры Беларуси редких и охраняемых видах сосудистых растений / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 82–94.

26. Мялик, А. Н. Новые флористические находки редких и охраняемых аборигенных видов на территории Беларуси / А. Н. Мялик, А. В. Кручонок, А. Л. Гулис // Изв. Гомельск. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естеств. науки. – 2021. – № 3 (126). – С. 48–54.

27. Новые материалы к распространению некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 249–257.

28. Новые материалы к распространению некоторых редких видов и гибридов сосудистых растений Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 306–312.

29. Дубовик, Д. В. Два новых вида марей (*Chenopodium* L., *Chenopodiaceae*) для флоры Беларуси / Д. В. Дубовик, А. П. Сухоруков // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Минск, 2024. – Вып. 53. – С. 292–296.

30. Третьяков, Д. И. Роль синантропного компонента в формировании флоры Белоруссии: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Д. И. Третьяков; Академия наук Белорусской ССР, Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 1990. – 20 с.

31. Мялик, А. Н. Современная структура и тенденции антропогенной трансформации флоры Припятского Полесья: автореф. дисс. … канд. биол. наук: 03.02.01 / А. Н. Мялик; Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2022. – 31 с.

32. К концу 2021 года электрификация Белорусской железной дороги достигнет 25% / Транспортно-логистический портал «Infotrans» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://infotrans.by/2020/06/22/k-koncu-2021-goda-ehlektrifikaciya-belorusskoj-zheleznoj-dorogi-dostignet-25/. – Дата доступа: 17.11.24.

33. Белорусская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rw.by. – Дата доступа: 17.11.24.

34. Гусев, Ю. Д. Расселение растений по железным дорогам северо-запада Европейской России / Ю. Д. Гусев // Ботан. журн. – 1971. – Т. 56, № 3. – С. 347–359.

35. Историческая флора железнодорожного узла Московского мегаполиса (в границах до 2012 года) / Ю. К. Виноградова [и др.] // Hortus botanicus. – 2017. – Т. 12. – DOI: 10.15393/j4.art.2017.3402. – Режим доступа: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3402.

36. Удовлетворить спрос – максимально [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.rw.by/corporate/press_center/reportings_interview_article/2013/08/udovletvorit_spros_maksimal_no/. – Дата доступа: 17.11.24.

37. О железнодорожном транспорте: Закон Республики Беларусь от 6 января 1999 г. №237-З. Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 4. – 2/12.

38. Антипов, Б. В. Краткая история применения гербицидов на железных дорогах России / Б. В. Антипов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 9. – С. 42–46.

39. Жадько, С. В. Некоторые спектры флоры участка железной дороги южного направления г. Гомеля (Республика Беларусь) / С. В. Жадько, М. М. Ткачев, В. А. Корольков // Фундаментальні та прикладні дослідження в біології: матер. І Міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, м. Донецьк, 23–26 лютого 2009 г. / Донецький нац. ун-т. – Донецк, 2009. – Т. 1. – С. 47–48.

40. Сазанович, Т. С. Изучение особенностей флоры железнодорожной насыпи пригорода Жлобина с помощью анализа систематического состава и спектра жизненных форм / Т. С. Сазанович // Структура и динамика биоразнообразия: материалы I Респ. заоч. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 23 дек. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: С. В. Буга [и др.]. – Минск, 2019. – С. 232–234.

41. Сазанович, Т. С. Анализ флористического состава откосов железнодорожного пути окрестностей города Жлобина / Т. С. Сазанович, А. М. Дворник // Первые шаги в ботаническую науку: сб. науч. работ студентов / редкол.: Н. М. Дайнеко [и др.]; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель, 2021. – Вып. 14. – С. 194–198.

42. Дайнеко, Н. М. Характеристика флоры участка железнодорожной насыпи пригорода Жлобина / Н. М. Дайнеко, Т. С. Сазанович // Эпоха науки. – 2019. – № 20. – С. 588–593.

43. 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.

44. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns / E. Schuettpelz [et al.] // Journal of Systematics and Evolution. – 2016. – Vol. 54, iss. 6. – P. 563–603.

45. Recent advances on phylogenomics of gymnosperms and a new classification / Y. Yang [et al.] // Plant Diversity. – 2022. – Vol. 44. – P. 340–350.

46. WFO (2024): World Flora Online [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.worldfloraonline.org. – Date of access: 17.11.24.

47. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

48. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. – Т. 3. / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 573 с.

49. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. – Т. 4. / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д. В. Дубовика; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 743 с.

50. Шмидт, В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 176 с.

51. Тихомиров, В. Н. Род *Hierochloe* (*Poaceae*) во флоре Беларуси / В. Н. Тихомиров // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти Л. В. Бардунова (1932–2008 гг.), Иркутск, 15–19 сентября 2010 г. – Иркутск, 2010. – С. 270–271.

52. Шимко, И. И. Новые местонахождения охраняемых видов растений в Витебской области / И. И. Шимко // Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 21–22 ноября 2013 г. – Витебск, 2013. – С. 241–242.

53. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. – Т. 2. / Д. И. Третьяков [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 447 с.

54. Шимко, И. И. Кольник округлый (*Phyteuma orbiculare* L.) и заразиха люцерновая (*Orobanche lutea* Baumg.) – новые виды для флоры Беларуси / И. И. Шимко // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2000. – № 3 (17). – С. 102–105.

55. Шимко, И. И. Новые виды цветковых для флоры Беларуси / И. И. Шимко // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2001. – № 1 (19). – С. 88–91.

56. Brandes, D. Flora und Vegetation der Bahnhöfe Mitteleuropas / D. Brandes // Phytocoenologia. – 1983. – V. 11. – S. 31–115.

57. Бочкин, В. Д. Характеристика флоры железных дорог г. Москвы / В. Д. Бочкин, Ю. К. Виноградова // Вестник Пермского ун-та. – 2016. – Вып. 2. – С. 89–95.

58. Иванова, Н. В. Флора в условиях урбанизированной среды г. Самары: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.01 / Н. В. Иванова; Оренбургский гос. пед. ун-т. – Оренбург, 2010. – 22 с.

59. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда. – Киев: Наук. думка, 1991. – 168 с.

60. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Бот. журн. – 2000. – Т. 85, № 5. – С. 1–11.

61. Тохтарь, В. К. Флора железных дорог юго-востока Украины: автореф. дисс. … канд. биол. наук: 03.00.05 / В. К. Тохтарь; Донецкий ботанический сад АН Украины. – Киев, 1993. – 17 с.

62. Тохтарь, В. К. Анализ структуры флоры железных дорог, формирующейся в пределах городских территорий Белгорода / В. К. Тохтарь, О. В. Фомина, И. А. Ковальчук // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія. – 2013. – Вип. 17, № 1056. – С. 54–61.

63. Скворцова, И. В. Флора железнодорожных насыпей: краткая история изучения и характерные особенности / И. В. Скворцова, М. А. Березуцкий // Бюл. Бот. сада СГУ. – 2005. – № 4. – С. 40–46.

64. Сазанакова, Е. В. Семейство *Rosaceae* Juss. флоры Хакасии: автореф. дисс. … канд. биол. наук: 03.02.01 / Е. В. Сазанакова; Национ. исследоват. Томский гос. ун-т. – Томск, 2019. – 23 с.

65. Мялик, А. Н. Видовое разнообразие и особенности таксономического состава флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2022. – № 2. – С. 29–39.

66. Девятова, Е. А. Синантропная флора и растительность г. Петропавловска-Камчатского: дисс. канд. … биол. наук: 03.02.01 / Е. А. Девятова; Камчатский гос. ун-т им. В. Беринга. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – 237 с.

67. Чичев, А. В. Адвентивная флора железных дорог Московской области: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.00.05 / А. В. Чичев; МГУ им. М. В. Ломоносова. – М., 1985. – 24 с.

68. Сцепановіч, І. М. Гаспадарчая тыпалогія і мерапрыемствы па аптымізацыі, ахове і рацыянальным выкарыстанні прыроднай травяністай расліннасці Беларусі / І. М. Сцепановіч. – Мінск: Беларуская навука, 2020. – 197 с.

69. Савицкая, К. Л. Мак белоцветковый (*Papaver albiflorum* (Elkan) Pacz., *Papaveraceae*) – новый адвентивный вид флоры Беларуси / К. Л. Савицкая, М. А. Джус // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 18–27.

70. Арепьева, Л. А. О сообществах поздних сукцессионных стадий рудеральной растительности на урбанизированных территориях Курской области / Л. А. Арепьева // Растительность России. – 2012. – № 21. – С. 13–24.

71. Адвентивная флора Воронежской области: исторический, биогеографический, экологический аспекты / А. Я. Григорьевская [и др.]. – Воронеж: изд-во Воронежского гос. ун-та, 2004. – 320 с.

72. Савицкая, К. Л. Находки редких видов растений на участке железной дороги «Минск – Блужа» / К. Л. Савицкая, М. А. Джус // Экологическая безопасность и сохранение генетических ресурсов растений и животных России и сопредельных территорий: материалы XIV Всероссийской науч. конф. с междунар. участием, г. Владикавказ, 13–18 мая 2023 г. – Т. 1. – С. 220–226. – Электрон. текстовые дан. – Владикавказ: ИПЦ Сев. Осет. гос. ун-т им. К. Л. Хетагурова, 2023. – 7,87 Мб.: 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

73. Рыбина, Т. А. Флора сосудистых растений особо охраняемых природных территорий г. Томска: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Т. А. Рыбина; Томский гос. ун-т. – Томск, 2009. – 23 с.

74. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол.: И. М. Качановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.

Поступила в редакцию 23.10.2024 г.

УДК 582;57.061;58.002

Е. С. ШАВАЛДА, А. Ю. КОМАР, А. В. СУДНИК

ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СИНАНТРОПИЗАЦИИ ФЛОРЫ ПРИДОРОЖНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ Г. МИНСКА И МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Аннотация. В статье приведены результаты анализа видового состава и таксономической структуры придорожных фитоценозов в пределах полосы отвода вдоль автомобильных дорог г. Минска и Минской области с оценкой степени синантропизации. Всего отмечено 267 видов растений, относящихся к 188 родам и 59 семействам. Разделение исследуемых участков по экспозициям показало следующее: наибольшее количество видов отмечено в «насыпи» (247), меньшее – в «выемке» (230) и «нулевом положении» (193). Для полосы отвода характерна тенденция увеличения количества видов по мере удаления от дорожного полотна. Ведущими семействами по числу видов являются: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* и *Rosaceae*. По семейственному спектру придорожная флора относится к *Fabaceae*-типу. Индекс синантропизации (I_{syn} = 0,88), апофитизации (I_{ap} = 0,51) и адвентизации (с учетом инвазивных видов) (I_{adv} = 0,37) с высокой долей поликарпиков и монокарпиков (однолетники и двулетники) показали высокую V стадию нарушенности среды (очень сильная трансформация) в условиях постоянного кошения и эрозии почв, а также ксерофитизации флоры. Преобладание апофитизации над адвентизацией и высокое флористическое разнообразие подтверждают влияние примыкающих к автодороге экосистем на придорожные фитоценозы – формирование своеобразного экотона в пределах полосы отвода.

Ключевые слова: автомобильная дорога, полоса отвода, придорожная растительность, таксономический состав, аборигенный, сорно-рудеральный, инвазивный, индекс синантропизации (I_{syn}), апофитизации (I_{ap}) и адвентизации (I_{adv}).

Ya. S. SHAVALDA, A. Yu. KOMAR, A. V. SUDNIK

TAXONOMIC COMPOSITION FEATURES AND SYNANTHROPIZATION OF ROADSIDE PHYTOCENOSIS' FLORA OF MINSK AND MINSK REGION

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

Annotation. The article presents the results of an analysis of the species composition and taxonomic structure of roadside phytocenoses within the right-of-way of highways in Minsk and the Minsk region with an assessment of synanthropization. A total of 267 plant species belonging to 188 genera and 59 families have been recorded. The division of the study areas by exposures showed the following: the largest number of species was noted in the «embankment» (247), fewer species in the «notch» (230) and in the «zero position» (193). The right-of-way is characterized by a tendency for the number of species to increase with distance from the roadway. The leading families in terms of number of species are *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* and *Rosaceae*. According to the family spectrum, roadside flora belongs to the *Fabaceae* type. The index of synanthropization (I_{syn} = 0,88), apophytization (I_{ap} = 0,51) and adventitization (taking into account invasive species) (I_{adv} = 0,37) with a high proportion of polycarpics and monocarpics (annual and biennial plants) showed a high V stage of disturbance environment (very strong transformation) under conditions of constant mowing and soil erosion, as well as xerophytization of the flora. The predominance of apophytization over adventitization and high floristic diversity confirm the effect of ecosystems adjacent to the road on roadside phytocenoses – the formation of a unique ecotone within the right-of-way.

Key words: highway, right-of-way, roadside vegetation, taxonomic composition, aborigen, weed-ruderal, invasive, index of synanthropization (I_{syn}), apophytization (I_{ap}) and adventitization (I_{adv}).

Введение

Видовой состав придорожной флоры определяется конструкцией полосы отвода, интенсивностью движения автотранспорта, мероприятиями по уходу и прилегающей к полосе отвода экосистемой [1]. Для растительных сообществ вдоль автодорог характерна нестабильность флористического состава с преобладанием синантропных видов вследствие регрессионных изме-

нений природной растительности под воздействием антропогенных факторов [2, 3]. В состав сообществ входят виды, характерные как для естественных местообитаний (лесные, луговые, болотные и др.), так и для урбанизированных районов и территорий хозяйственной деятельности (рудерально-сегетальные, используемые для создания газонов и другие виды) [4].

Особенностями формирования придорожных сообществ, как антропогенно созданной интразональной растительности, является прямое разрушение почвенного покрова, преобразование эдафических и орографических условий, изменение питания грунтовыми водами и стока атмосферных осадков, подсев газонных трав, частота и качество проводимых уходов. Особое воздействие оказывает использование придорожных травосмесей из многолетних злаков различных жизненных форм (дерновинных, длиннокорневищных, столонообразующих), обладающих антропотолерантностью, а некоторые виды – антропофильностью [5]. К широко используемым видам относятся: кострец безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), овсяница красная (*Festuca rubra*), плевел многолетний (*Lolium perenne*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) и другие [6].

Важным фактором остается периодическое сезонное кошение, которое с одной стороны приводит к снижению фиторазнообразия в результате сужения экологического спектра видов растений [12], а с другой – специфика антропогенного воздействия проявляется в максимальном флористическом разнообразии напочвенного покрова с обилием луговых и сорно-рудеральных видов [13, 14]. Доминируют устойчивые к кошению, светолюбивые виды (дерновинные злаки). Возрастание периодичности сезонного кошения приводит к снижению корневищных форм и росту дерновинных (периодическое кошение), а при регулярном кошении – увеличивается вклад однолетних видов.

В полосе отвода флористический состав ценозов зависит также от строения откосов, где происходит постоянный сток атмосферных осадков, что вызывает развитие эрозионных процессов и деградацию почвогрунтов и придорожного газона. Такие склоны являются местом произрастания сегетальной и сорно-рудерально растительности, местом внедрения чужеродных и несвойственных местности видов, формирования нетипичных и антропогенно обусловленных растительных сообществ [7, 8]. Для придорожных фитоценозов типичны инвазивные и склонные к инвазивности виды: *Solidago canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Conyza canadensis* и *Lupinus polyphyllus* и др. [9].

К структурообразующим наиболее часто встречающимся видам вдоль автодорог относятся представители семейств *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae* [10]. Доминирование данных семейств определяется широкой экологической валентностью и высокой семенной продуктивностью с частым сдвигом к ксерофитизации сообществ, что также соответствует экстремальным условиям произрастания вдоль автодорог [11].

Материалы (объекты) и методы исследований

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 02.12.1994 № 3434-XII «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» «полоса отвода – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги … Размеры полосы отвода определяются на основании проектной документации автомобильной дороги с учетом ее категории, а также необходимости размещения на ней конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений, объектов дорожного сервиса, иных объектов, предусмотренных законодательством, но не должны составлять менее двух метров с каждой стороны автомобильной дороги от подошвы насыпи или внешней бровки выемки (кювета)».

Выбор региона исследования определяли интенсивностью и постоянством фактора воздействия автотранспорта на прилегающие фитоценозы и пересечением двух трансъевропейских транспортных коридоров. Объектом исследования является растительность в пределах полосы отвода вдоль автодорог г. Минска, Воложинского, Дзержинского, Логойского, Минского, Пуховичского, Смолевичского и Узденского районов Минской области, охватывая магистральные и республиканские автодороги: М-1 (Е-30), М-2, М-3, М-4, М-5 (Е-271), М-6 (Е-28), Р-1, Р-23, Р-53, Р-65, МКАД-1 (М-9) и МКАД-2 (М-14) (рис. 1). За период 2021–2023 гг. заложено 112 эколого-фитоценотических профилей, из которых 32 – в экспозиции «выемка», 50 – в экспозиции «насыпь» и 30 – в экспозиции «нулевое положение».

Участки исследования закладывали в трех экспозициях пролегания автодороги по обе стороны от дорожного полотна с разделением на сектора в зависимости от конструкции полосы отвода и расстояния до дорожного покрытия (рис. 2).

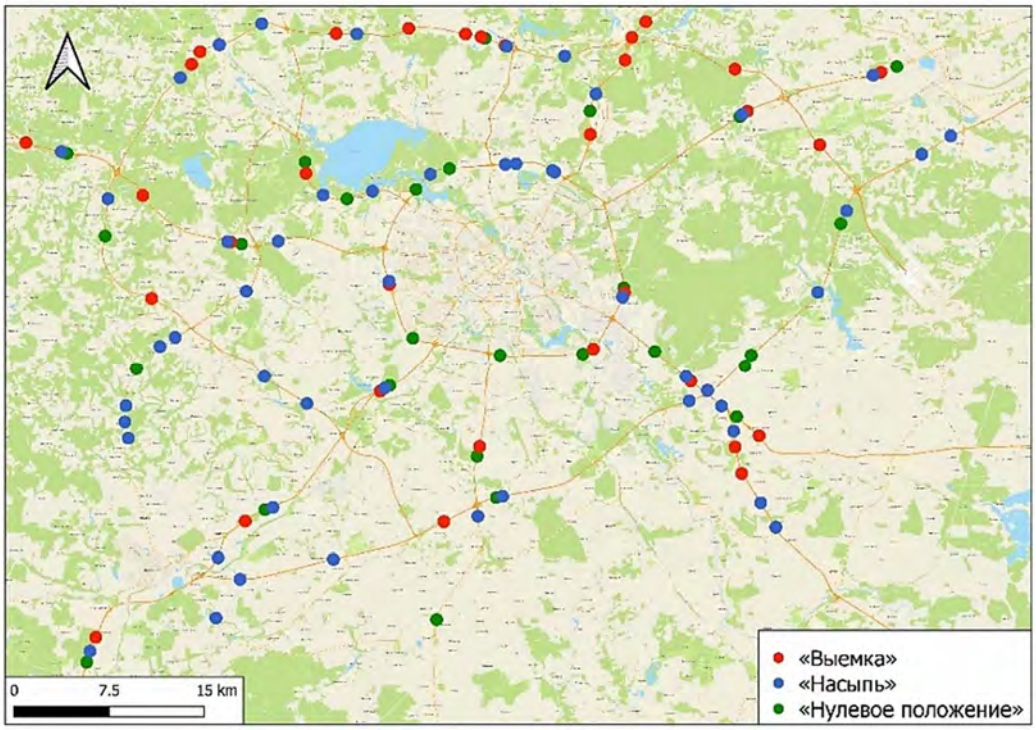
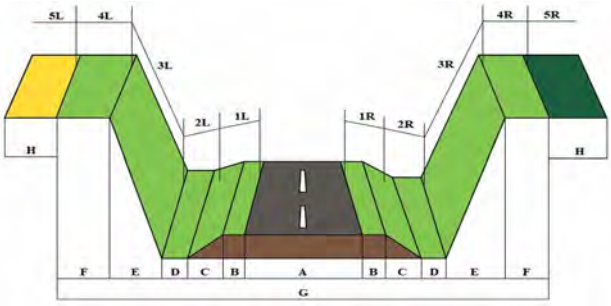


Рис. 1. Участки исследования придорожной флоры в пределах полосы отвода и в зависимости от ее конструкции (экспозиции)

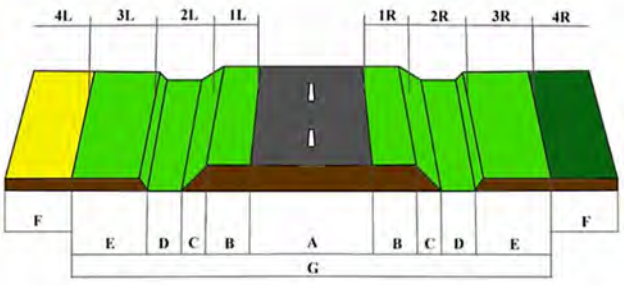
Fig. 1. Study areas of roadside flora within the right-of-way and depending on its design (exposure)



Экспозиция «выемка»:
A – проезжая часть; B – сектор 1; C, D – сектор 2;
E – сектор 3; F – сектор 4; G – полоса отвода;
H – сообщества экосистемы, в которой пролегает дорога
«Notch» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C, D – sector 2; E – sector 3;
F – sector 4; G – right-of-way; H – communities
of the ecosystem in which the road runs



Экспозиция «насыпь»:
A – проезжая часть; B – сектор 1; C – сектор 2;
D – сектор 3; E – сообщества экосистемы,
в которой пролегает дорога; F – полоса отвода
«Embankment» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C – sector 2; D – sector 3;
E – communities of the ecosystem in which the road runs;
F – right-of-way



Экспозиция «нулевое положение»:
A – проезжая часть; B – сектор 1; C, D – сектор 2;
E – сектор 3; F – сообщества экосистемы,
в которой пролегает дорога; G – полоса отвода
«Zero position» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C, D – sector 2; E – sector 3;
F – communities of the ecosystem in which the road runs;
G – right-of-way

Рис. 2. Структурные части (секторов) полосы отвода для экспозиции «выемка», «насыпь», «нулевое положение»

Fig. 2. Structural parts (sectors) of the right-of-way for «notch» exposure of «notch», «embankment» and «zero position»

Экспозиция «выемка» разделена на 4 исследуемых сектора, «насыпь» и «нулевое положение» – на 3 по обе стороны от автодороги. Для каждого отмеченного сектора определяли таксономический состав [15–23]. Распределение видов по аборигенной и синантропной фракции оценивали по критериям апофитизации, адвентизации и инвазивности [9, 15, 16]. Жизненные формы определяли по системе классификаций И. Г. Серебрякова [24–26]. Оценка сходства видового состава между секторами экспозиций проводили с помощью индексов Жаккара в программе Past 4.11 [27, 28]. Анализ зависимости между секторами осуществляли с помощью коэффициента корреляции. Построение диаграмм выполнено с помощью одновыборочного t-критерия в StatSoft Statistica 12.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В пределах полосы отвода вдоль автодорог г. Минска и Минской области, как зоны особого контроля дорожными службами, придорожная растительность включает 267 видов растений, из которых отмечено 37 видов – деревья и кустарники и 7 видов – мохообразные. Отмеченные 267 видов относятся к 188 родам, 59 семействам.

Значительное большинство отмеченных родов представлено одним видом, что характеризует постоянное антропогенное воздействие на придорожные фитоценозы [29]. Данную тенденцию отражает правило из кривой Виллиса – большие семейства состоят из преобладающего количества одновидовых родов, а основное количество видов в фитоценозе относится к монородовым рангам (рис. 3) [30, 31].

Ведущими семействами по количеству видов являются *Asteraceae* (44 вида), *Poaceae* (32 вида), *Fabaceae* (22 вида), *Rosaceae* (15 видов), *Brassicaceae* (11 видов), *Caryophyllaceae* (11 видов), *Lamiaceae* (11 видов), *Polygonaceae* (10 видов). Наибольшее количество обнаруженных видов (8 шт.) относится к роду *Trifolium*.

Оценку синантропизации и жизненных форм по И. Г. Серебрякову проводили без учета мохообразных (7 видов) (табл. 1). Аборигенная флора составила 32 вида или 12,3% от всех таксонов; среди жизненных форм доминируют поликарпики – 20 видов или 62,5%. В составе синантропной флоры (228 видов или 87,7% от всей флоры) преобладают апофитные виды (132 вида или 50,8% от всех синантропов), высокий вклад адвентивных (82 вида или 31,5%) и инвазивные виды (14 или 5,4%). Среди синантропных видов также доминируют поликарпики – 89 видов или 67,3% среди апофитов, 24 вида или 29,4% среди адвентивных и 4 вида или 28,6% среди инвазивных. По жизненной форме в придорожной флоре преобладают поликарпики (137 видов или 52,6%), затем идут однолетники (53 вида или 20,4%) и двулетники (21 вид или 8,1%).

Доминирование поликарпиков и монокарпиков (однолетники и двулетники), индекс синантропизации (I_{syn} = 0,88), апофитизации (I_{ap} = 0,51) и адвентизации (с учетом инвазивных видов) (I_{adv} = 0,37) показали высокую V стадию нарушенности среды (очень сильная трансформация), на что значительное влияние оказывает постоянное кошение и эрозия почв, а также ксерофитизация флоры [32]. Преобладание апофитизации (I_{ap}) над адвентизацией (I_{adv}) показывает, что на структуру сообществ также оказывают влияние примыкающие к полосе отвода экосистемы.



Рис. 3. Зависимость между числом видов в роде и числом родов для 59 семейств растений в пределах полосы отвода

Fig. 3. Relationship between the number of species in a genus and the number of genera for 59 families within the right-of-way

Таблица 1. Синантропизация придорожной флоры с учетом жизненных форм по И. Г. Серебрякову

Table 1. Synanthropization of roadside flora, taking into account life forms according to I. G. Serebryakov

Группа видов	Число видов / %				
	Аборигенная флора	Синантропная флора			Всего по биоморфе
		Апофитные	Адвентивные	Инвазивные	
Всего видов	32 / 12,3	132 / 50,8	82 / 31,5	14 / 5,4	260 / 100,0
Вечнозеленое дерево	–	2 / 1,5	–	–	2 / 0,8
Летнезеленое дерево	1 / 3,1	11 / 8,3	2 / 2,4	1 / 7,1	15 / 5,7
Вечнозеленый кустарник	1 / 3,1	–	–	–	1 / 0,4
Летнезеленый кустарник	3 / 9,4	6 / 4,5	2 / 2,4	3 / 21,4	14 / 5,4
Летнезеленый полукустарник	–	1/ 0,8	–	–	1 / 0,4
Вечнозеленый кустарничек	1 / 3,1	–	–	–	1 / 0,4
Летнезеленый полукустарничек	1 / 3,1	2 / 1,5	–	–	3 / 1,2
Поликарпическая трава	20 / 62,5	89 / 67,3	24 / 29,4	4/ 28,6	137 / 52,6
Многолетник	2 / 6,3	4 / 3,1	6 / 7,3	–	12 / 4,6
Двулетник	1 / 3,1	11 / 8,5	7 / 8,5	2 / 14,3	21 / 8,1
Однолетник	2 / 6,3	6 / 4,5	41 / 50,0	4/ 28,6	53 / 20,4

Экспозиция «выемка»

Для экспозиции характерна сложная структура микрорельефа, обусловленная наличием кюветов и откосов, что отражается на качестве мероприятий по уходу за полосой отвода и видовым разнообразием. В составе флоры «выемок» обнаружено 225 видов сосудистых растений и 5 видов мохообразных, которые относятся к 160 родам и 49 семействам. К ведущим семействам по количеству видов относятся *Asteraceae* (33 вида), *Poaceae* (27 видов), *Fabaceae* (20 видов), *Rosaceae* (12 видов), *Brassicaceae* (11 видов), *Caryophyllaceae* (11 видов) и *Lamiaceae* (11 видов).

Сравнение количества видов между секторами показало рост видового разнообразия по мере удаления от дорожного полотна, что подтверждает прямое антропогенное воздействие на растительность: Сектор 1 (19 видов) => Сектор 2 (31 вид) => Сектор 3 (41 вид) => Сектор 4 (39 видов) (рис. 4). Среднее увеличение количества видов между секторами 1 и 2 составило 38,7%, между секторами 2 и 3 – 24,4% с незначительным снижением между секторами 3 и 4 на 4,9%. Большее количество видов в секторе 3 по сравнению с другими связано с механическим повреждением почвенного покрова на склоне в результате кошения, различной степени его деградации и последующим внедрением синантропных видов [33]. Широкая вариабельность видов в секторах и между секторами на разных участках отражает неравномерное антропогенное воздействие на элементы полосы отвода – различия в количестве сезонных уходов за придорожными участками, рассеивание и осаждение загрязнителей. Анализ корреляционной зависимости между секторами не выявил статистически значимых различий ($p>0,05$).

Очевидный низкий уровень сходства для сектора 1 ($K_j<0,45$) по сравнению с другими секторами связан с наибольшим антропогенным прессом (см. рис. 4). Промежуточное положение сектора 2 ($K_j=0,53$) показывает большее фиторазнообразие по сравнению с сектором 1 и экологическое постоянство, что уступает широкому и схожему спектру видов в секторах 3 и 4 ($K_j=0,68$), где наблюдается эрозия почв различной степени интенсивности.

Вклад аборигенных видов от сектора 1 к 4 возрастает, однако их доля в секторах 1–3 сохраняется в пределах 7,6–8,8% с ростом до 12,1% в секторе 4 ($K_P= -0,4$ при $p<0,05$) (рис. 5). Доля синантропных видов снижается с 92,0% (сектор 1) к 88,0% (сектор 4), но остается достаточно высокой. В секторах 1 и 3 отмечается рост адвентивной флоры на 2,0–6,7% ($K_P=0,4$ при $p<0,05$) по сравнению с секторами 2 и 4. Благоприятные условия для развития фитоценозов в кювете (сектор 2) отражаются на доле апофитов – выше на 3,6–7,1% по сравнению с другими секторами. С общим ростом видов по мере удаления от дорожного полотна от сектора 1 к 4 увеличивается количество адвентивных видов ($K_P= -0,4$ при $p<0,05$).

По биоморфам во всех секторах доминируют поликарпики (48,9–57,1%) (наиболее выделяются апофитные виды – 39,1–44,3% от всей флоры). Также значительна доля однолетников (18,9–30,7%) с доминированием среди адвентивных видов – 15,1–22,7% от всей флоры. Древесно-кустарниковый ярус, чья доля в секторе 1 составляет 8,0%, увеличивается до 13,2% в остальных секторах благодаря естественному заносу семян или при озеленении территории.

Индекс синантропизации (I_{syn}) постоянен во всех секторах: Сектор 1 (0,92) => Сектор 2 (0,92) => Сектор 3 (0,91) => Сектор 4 (0,88) – очень сильная трансформация среды. Индекс апофити-

зации (I_{ap}) в кювете (сектор 2) показывает более благоприятные условия для роста и развития растений: Сектор 1 (0,50) => Сектор 2 (0,57) => Сектор 3 (0,53) => Сектор 4 (0,52). Индекс адвентизации (I_{adv}) составил: Сектор 1 (0,42) => Сектор 2 (0,35) => Сектор 3 (0,38) => Сектор 4 (0,36). Количество инвазивных видов находится в пределах 7–10, чаще всего встречаются *Lupinus polyphyllus*, *Solidago canadensis* и склонный к инвазивности *Conyza canadensis*.

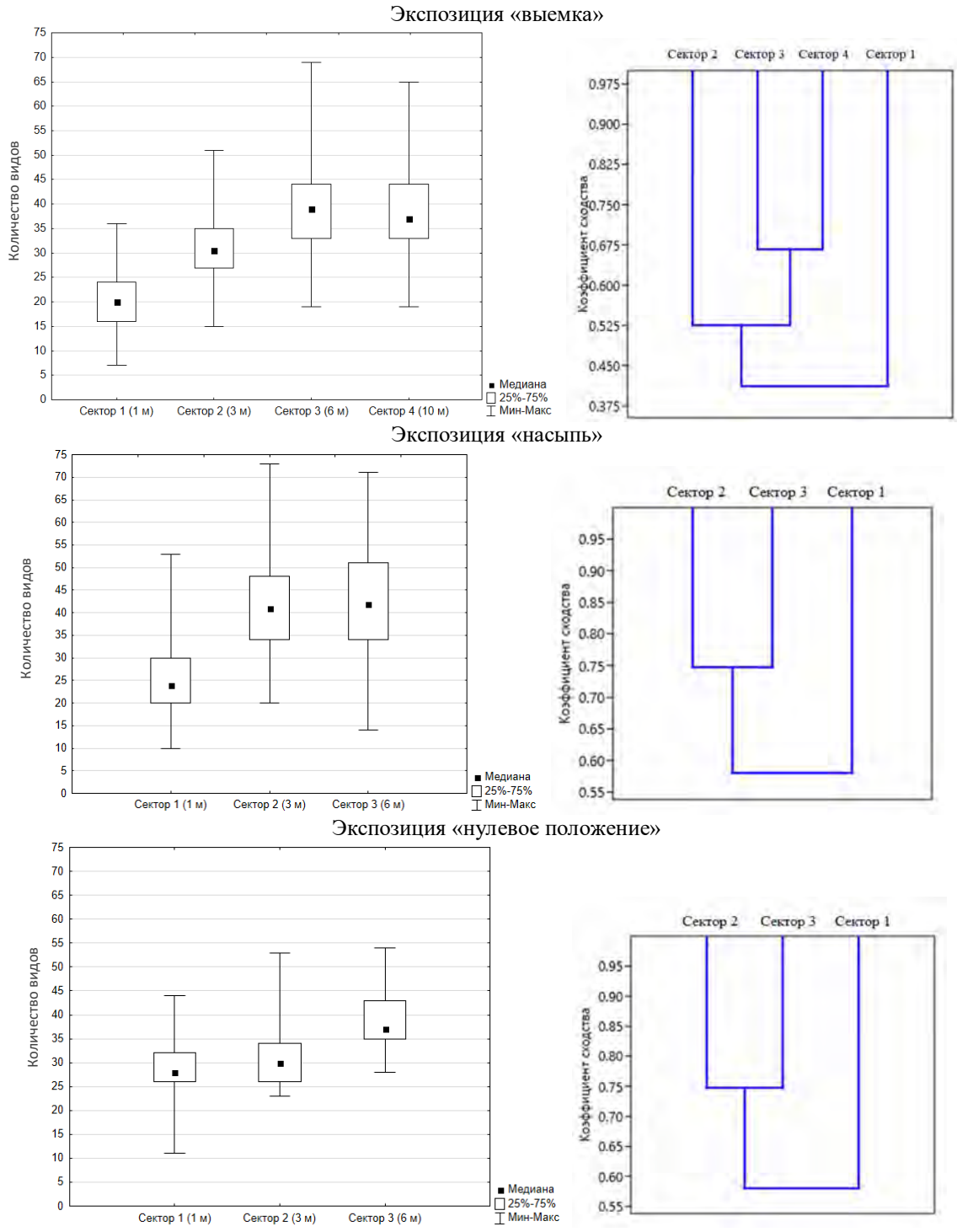


Рис. 4. Сравнение количества видов растений между секторами экспозиций (построение графика с помощью одновыборочного t-критерия) (слева). Дендрограмма видового сходства флор между секторами (индекс Жаккара, K_j) (справа)

Fig. 4. Comparison of the number of plant species between sectors (plotted using one-sample t-test) (left). Dendrogram of species similarity of floras between sectors (Jaccard index, K_j) (right)

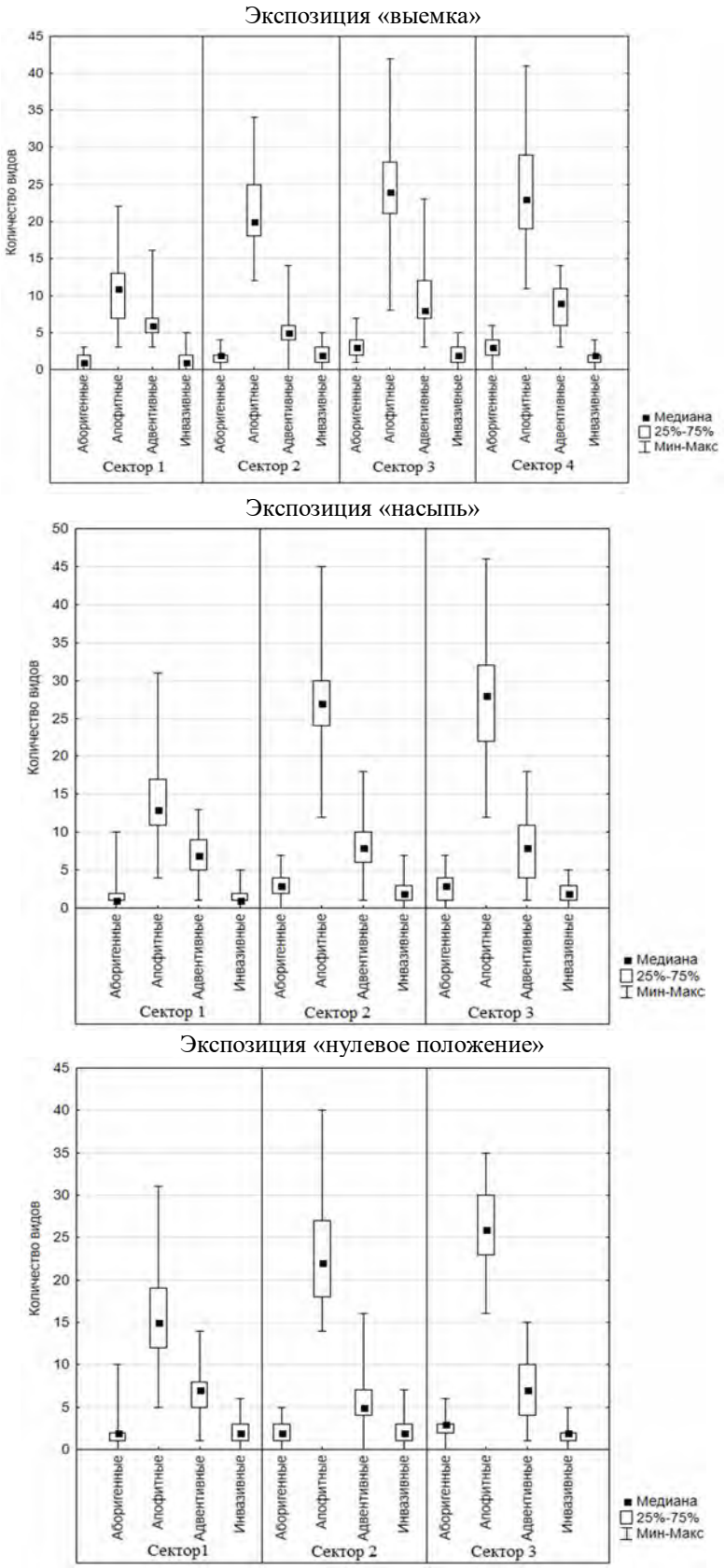


Рис. 5. Количество видов аборигенной и синантропной флоры в секторах экспозиций. Построение графика с помощью одновыборочного t-критерия

Fig. 5. Number of species of native and synanthropic flora in the exhibition sectors. Plotting a graph using a one-sample t-test

Экспозиция «насыпь»

В составе флоры «насыпи» отмечено 240 видов сосудистых растений и 7 видов мохообразных, которые относятся к 177 родам и 55 семействам. Ведущими семействами являются *Asteraceae* (44 вида), *Poaceae* (28 видов), *Fabaceae* (20 видов), *Rosaceae* (13 видов) и *Lamiaceae* (11 видов).

Наблюдается следующая динамика в росте количества видов по мере приближения к дорожному полотну: Сектор 1 (24 вида) => Сектор 2 (42 вида) => Сектор 3 (41 вид) (см. рис. 4). Увеличение среднего количества видов между сектором 1 и секторами 2 и 3 составило 42,9%, что показывает деградацию напочвенного покрова в секторе 1 [34, 35]. Отсутствие различий в среднем количестве видов между секторами 2 и 3 показывает относительно равномерное антропогенное воздействие и влияние примыкающих экосистем. Отмечается взаимное увеличение количества видов в секторах 1 и 2 (K_P=0,3 при p<0,05), что характеризует общее состояние полосы отвода – динамика количества видов в первую очередь определяется эрозией на вершине и склоне насыпи.

При оценке видового сходства отмечаются различия между сектором 1 и остальными секторами 2 и 3 (K_j<0,60) (см. рис. 4). Видовое сходство секторов 2 и 3 (K_j=0,75) обусловлено периодическим кошением или его отсутствием – обкашивается только верхняя часть склона, что приводит к схожести флористической структуры с подножием.

Увеличивается количество аборигенных видов по мере удаления от дорожного полотна с 8,9% в секторе 1 до 10,9% в секторе 3 (см. рис. 5). По причине частого подтопления на некоторых участках в секторе 3 снижается количество аборигенных видов с ростом их числа в секторе 2 (K_P=-0,3 при p<0,05) за счет доминирования *Phragmites australis* или *Phalaroides arundinacea*.

Доля синантропных видов минимально снижается по мере удаления от дорожного полотна с 91,1% до 89,1% (см. рис. 5). Условия положения полосы отвода «лицевой» стороной к примыкающим экосистемам характеризует отсутствие резкого колебания групп видов между секторами. Наблюдается положительная динамика в росте числа апофитных (K_P=0,3 при p<0,05) и адвентивных видов (K_P=0,3 при p<0,05) в секторах 1 и 2. Различия по вкладу апофитных видов между секторами минимальны – 52,7–54,0%. Доля адвентивной фракции (с учетом инвазивных видов) снижается с 38,3% до 35,1%.

Анализ по биоморфам показал доминирование поликарпиков (48,6–54,0%) над другими формами среди аборигенных (53,8–60,0%), апофитов (67,5–69,2%) и инвазивных видов (27,3–44,5%). Среди однолетников (18,3–26,7%) доминируют адвентивные виды – 46,7–63,9%. Исключительное кошение верхней части откосов (сектор 2) на ряде участков приводит к развитию древесно-кустарникового яруса в нижней части, в т.ч. его инвазивного компонента – вклад данных биоморф возрастает с 10,3% в секторе 1 до 13,4–13,7% в секторах 2 и 3.

Индекс синантропизации (I_{syn}) между секторами показал V степень очень сильной трансформации среды: Сектор 1 (0,91) => Сектор 2 (0,90) => Сектор 3 (0,89). Индекс апофитизации (I_{ap}) между секторами не отличался: Сектор 1 (0,53) => Сектор 2 (0,53) => Сектор 3 (0,54). Индекс адвентизации (I_{adv}) составил: Сектор 1 (0,38) => Сектор 2 (0,37) => Сектор 3 (0,35). Количество инвазивных видов находится в пределах 9–11 видов. Количество инвазивных видов (11 шт.) выше на откосах (сектор 2) и у подножия насыпи (сектор 3). Наиболее распространенными инвазивными видами, зачастую доминирующими в сообществах, являются *Lupinus polyphyllus* и *Solidago canadensis*.

Экспозиция «нулевое положение»

В «нулевом положении» обнаружено 189 видов сосудистых растений и 4 вида мохообразных, относящиеся к 145 родам и 51 семейству. Ведущими семействами по количеству видов являются *Asteraceae* (34 вида), *Poaceae* (26 видов), *Fabaceae* (13 видов), *Rosaceae* (11 видов) и *Caryophyllaceae* (10 видов).

Отсутствия откосов и выраженных кюветов характеризуют минимальное увеличение количества видов по мере удаления от дорожного полотна: Сектор 1 (27 видов) => Сектор 2 (32 вида) => Сектор 3 (38 видов) (см. рис. 4). Динамика увеличения количества видов равномерна: между секторами 1 и 2 – на 15,6% и секторами 2 и 3 – на 15,8%.

Наблюдается положительная корреляция между секторами 1 и 3 (K_P=0,4 при p<0,05) – антропогенное воздействие равномерно в пределах полосы отвода вследствие отсутствия сложной конструкции. Сектор 2 в ряде участков представлен слабовыраженным пологим кюветом, где количество видов возрастает за счет смыва и накопления почвогрунта с других секторов.

Кластерный анализ сходства секторов «нулевого положения» показывает сильные антропогенные изменения флоры в секторе 1 (K_j<0,60) и более благоприятные условия в секторах 2 и 3 (K_j=0,75).

Отмечается рост аборигенных видов с 7,6% до 10,4%. Вклад синантропных видов уменьшается с 92,4% (сектор 1) до 91,9% (сектор 2) и 89,6% (сектор 3). Вклад апофитных видов увеличивается с

52,3% (сектор 1) до 56,6% (сектор 2) и 56,9% (сектор 3). Доля адвентивных видов снижается по мере удаления от дорожного полотна: Сектор 1 (40,2%) => Сектор 2 (35,3%) => Сектор 3 (32,6%).

Спектр биоморф показывает общую тенденцию доминирования поликарпиков (51,5–54,2%), особо их количество велико среди апофитов – 68,8–71,0%. Среди однолетников (17,4–28,0% от всей флоры) доминируют адвентивные виды – 48,7–62,2%. Деревья и кустарники интродуцированы или занесены естественным путем, чья доля в секторе 1 и 2 находится в пределах 7,6–8,1% с возрастанием до 10,4% в секторе 3.

Индекс синантропизации (I_{syn}) постоянен: Сектор 1 (0,92) => Сектор 2 (0,92) => Сектор 3 (0,90) – V степень очень сильной трансформации среды. Индекс апофитизации (I_{ap}): Сектор 1 (0,52) => Сектор 2 (0,57) => Сектор 3 (0,57). Индекс адвентизации (I_{adv}): Сектор 1 (0,40) => Сектор 2 (0,35) => Сектор 3 (0,33). Количество инвазивных видов представлено 8–9 видами, среди которых часто встречается *Lupinus polyphyllus*.

Сравнение экспозиций

Сравнение таксономического состава экспозиций «выемка», «насыпь» и «нулевое положение» показало наибольшее количество видов в «насыпи», что на 6,9% выше по сравнению с «выемкой» и на 28,0% – по сравнению с «нулевым положением». Конструкция полосы отвода «насыпи», направленная «лицевой» стороной к примыкающим экосистемам, благоприятно влияет на рост широкого спектра видов. «Выемка» обращена «лицевой» стороной к автодороге и испытывает высокое антропогенное воздействие.

Анализ видового состава в семействах позволяет выделить первое «ядро» доминирующих (46,4% от всех видов) и второе «ядро» содоминирующих семейств (18,8% от всех видов), а также остальные семейства (34,8% от всех видов), в большинстве являющиеся монородовыми. Первое «ядро» включает семейства *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae* и *Brassicaceae* (табл. 2). Доминирование семейств *Asteraceae*, *Poaceae* и *Fabaceae* подтверждает антропогенную нарушенность территории [34]. Наличие видов семейства *Brassicaceae* указывает на значительный рост антропогенного пресса (характерно для участков «выемки») [36, 37]. Семейство *Brassicaceae* в «нулевом положении» не вошло в состав доминирующих групп.

Высокая температура и распространение тепла от дорожного покрытия к придорожной растительности привели к высокой доле термофильных семейств *Fabaceae* и *Lamiaceae* [35, 38]. Основу «ядра» содоминирующих семейств составляют *Caryophyllaceae*, *Lamiaceae*, *Polygonaceae*, *Apiaceae* и *Scrophulariaceae*. Вклад основных семейств в таксономический состав придорожной растительности определяет *Fabaceae*-тип флоры, который по экологическим свойствам близок к южным и азиатским регионам (ксерофитизация) [37].

Сравнение экспозиций показало отсутствие явных различий между «выемкой» и «насыпью» по вкладу семейств в структуру флоры. Основным фактором разграничения между экспозициями послужило семейство *Asteraceae*, чье количество видов в «насыпи» в 1,3 раза выше, чем в «выемке». Более благоприятные условия в «нулевом положении» приводят к следующим таксономическим различиям по сравнению с другими экспозициями: представителей семейства *Asteraceae* меньше в 1,3 раза («насыпь»), *Fabaceae* меньше в 1,5 раза («выемка» и «насыпь»), *Lamiaceae* меньше в 1,6 раза («выемка» и «насыпь»), *Brassicaceae* меньше в 2,8 раза («выемка») и в 2,5 раза («насыпь»).

Анализ сходства флористического состава между секторами показал прямое влияние конструкции полосы отвода на видовую специфичность. Значительные различия во флоре отмечались между секторами в «выемке», а также отличительной специфичность непосредственно у полотна автодороги (сектор 1) всех экспозиций.

Сектор 1 «выемки» имеет наименьшее количество видов по сравнению с 1 секторами других экспозиций – 81, что на 60,9% меньше «насыпи» (133 вида) и на 61,4% меньше «нулевого положения» (132 вида). Оценка вклада аборигенных и синантропных групп флоры не показала существенных различий между разными экспозициями: аборигенные составили 7,6–8,9% от всех видов, апофитные – 50,0–52,7%, адвентивные виды – 32,2–34,1% и инвазивные – 6,0–8,0%.

Наличие кюветов (сектор 2 в «выемке» и «нулевом положении» и сектор 3 для «насыпи») показало большее количество видов для всех фракций в «насыпи» по причине обращения «лицевой» стороны откосов к примыкающим экосистемам. Оценивая вклад аборигенных и синантропных видов, большее фиторазнообразие «насыпи» не влияет на их соотношение при общем сравнении всех экспозиций: 7,6–10,9% (аборигенные), 54,0–57,1% (апофитные), 28,7–29,7% (адвентивные) и 5,4–6,6% (инвазивные).

Откосы «выемки» (сектор 3) и «насыпи» (сектор 2) схожи по соотношению аборигенных и синантропных видов: 8,8–10,1% (аборигенные), 52,8–53,5% (апофиты), 31,4–31,5% (адвентивные) и 5,6–6,3% (инвазивные). Однако большее влияние примыкающих территорий на структуру фитоценозов в «насыпи» и преобладание отмечен-

Таблица 2. Таксономическое разнообразие придорожной растительности г. Минска и Минской области

Table 2. Taxonomic diversity of roadside vegetation in Minsk and the Minsk region

Семейство	Количество видов и родов в различных экспозициях полосы отвода															
	Всего				Выемка				Насыпь				Нулевое положение			
	Вид		Род		Вид		Род		Вид		Род		Вид		Род	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Asteraceae	44	16,5	33	17,6	33	14,3	26	16,3	44	17,8	33	18,6	34	17,6	27	18,6
Poaceae	32	12,0	23	12,2	27	11,7	18	11,3	28	11,3	21	11,9	26	13,5	18	12,4
Fabaceae	22	8,2	9	4,8	20	8,7	8	5	20	8,1	9	5,1	13	6,7	6	4,1
Rosaceae	15	5,6	12	6,4	12	5,2	10	6,3	13	5,3	11	6,2	11	5,7	11	7,6
Brassicaceae	11	4,1	11	5,9	11	4,8	11	6,9	10	4	10	5,6	4	2,1	4	2,8
Caryophyllaceae	11	4,1	10	5,3	11	4,8	10	6,3	10	4	9	5,1	10	5,2	9	6,2
Lamiaceae	11	4,1	9	4,8	11	4,8	9	5,6	11	4,5	9	5,1	7	3,6	5	3,4
Polygonaceae	10	3,7	4	2,1	9	3,9	4	2,5	9	3,6	3	1,7	7	3,6	4	2,8
Apiaceae	9	3,4	8	4,3	9	3,9	8	5	8	3,2	7	4	8	4,1	7	4,8
Scrophulariaceae	9	3,4	5	2,7	8	3,5	4	2,5	9	3,6	5	2,8	6	3,1	4	2,8
Salicaceae	6	2,2	2	1,1	5	2,2	2	1,3	6	2,4	2	1,1	5	2,6	2	1,4
Campanulaceae	5	1,9	2	1,1	5	2,2	2	1,3	4	1,6	1	0,6	3	1,6	1	0,7
Rubiaceae	5	1,9	1	0,5	5	2,2	1	0,6	4	1,6	1	0,6	5	2,6	1	0,7
Juncaceae	4	1,5	2	1,1	4	1,7	2	1,3	3	1,2	2	1,1	2	1	1	0,7
Betulaceae	3	1,1	3	1,6	3	1,3	3	1,9	3	1,2	3	1,7	3	1,6	3	2,1
Chenopodiaceae	3	1,1	3	1,6	3	1,3	3	1,9	3	1,2	3	1,7	2	1	2	1,4
Crassulaceae	3	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	2	0,8	2	1,1	2	1	2	1,4
Euphorbiaceae	3	1,1	1	0,5	3	1,3	1	0,6	3	1,2	1	0,6	3	1,6	1	0,7
Geraniaceae	3	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	3	1,2	2	1,1	3	1,6	2	1,4
Hylocomiaceae	3	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	3	1,2	2	1,1	1	0,5	1	0,7
Malvaceae	3	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	3	1,2	2	1,1	3	1,6	2	1,4
Plantaginaceae	3	1,1	1	0,5	3	1,3	1	0,6	3	1,2	1	0,6	2	1	1	0,7
Aceraceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	2	0,8	1	0,6	2	1	1	0,7
Boraginaceae	2	0,7	2	1,1	1	0,4	1	0,6	2	0,8	2	1,1	2	1	2	1,4
Brachytheciaceae	2	0,7	2	1,1	1	0,4	1	0,6	2	0,8	2	1,1	1	0,5	1	0,7
Convolvulaceae	2	0,7	2	1,1	1	0,4	1	0,6	2	0,8	2	1,1	1	0,5	1	0,7
Dryopteridaceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Fagaceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	2	0,8	1	0,6	2	1	1	0,7
Hypericaceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	2	0,8	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Pinaceae	2	0,7	2	1,1	2	0,9	1	0,6	2	0,8	2	1,1	1	0,5	1	0,7
Ranunculaceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	2	0,8	1	0,6	–	–	–	–
Rhamnaceae	2	0,7	2	1,1	2	0,9	2	1,3	2	0,8	2	1,1	2	1	2	1,4
Typhaceae	2	0,7	1	0,5	–	–	–	–	2	0,8	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Ulmaceae	2	0,7	1	0,5	1	0,4	1	0,6	2	0,8	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Violaceae	2	0,7	1	0,5	2	0,9	1	0,6	2	0,8	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Amaranthaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Celastraceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Cistaceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Convallariaceae	1	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	3	1,2	2	1,1	1	0,5	1	0,7
Cornaceae	1	1,1	2	1,1	3	1,3	2	1,3	3	1,2	2	1,1	3	1,6	2	1,4
Cupressaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–	1	0,5	1	0,7
Cyperaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Dipsacaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Ditrichaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Equisetaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Ericaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–	1	0,5	1	0,7
Linaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Lythraceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Oleaceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Onagraceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Portulacaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Primulaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–	1	0,5	1	0,7
Pylaisiaceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Sambucaceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Solanaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Tiliaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	–	–	–	–
Urticaceae	1	0,4	1	0,5	1	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Valerianaceae	1	0,4	1	0,5	–	–	–	–	1	0,4	1	0,6	1	0,5	1	0,7
Общее кол-во:	**267**	**–**	**188**	**–**	**230**	**–**	**160**	**–**	**247**	**–**	**177**	**–**	**193**	**–**	**145**	**–**

ных участков с ненарушенной дерниной, вероятно, показали большее видовое разнообразие – 197 видов по сравнению с 143 видами в «выемке».

Оценивая вклад аборигенной и синантропной флоры, а также индексы трансформации растительности (I_{syn}, I_{ap} и I_{adv}), наблюдается схожая структура между экспозициями (рис. 6). Отсутствие откосов и кюветов в «нулевом положении» показывает наименьшее количество видов для всех групп аборигенной и синантропной растительности. Индексы трансформации среды между экспозициями схожи и минимально различаются в пределах 1,0–2,0%. Оценка общего индекса трансформации участков полосы отвода для всех экспозиций показала I_{syn} = 88,0%. Общий индекс синантропизации ниже индексов по секторам вследствие наложения данных всей отмеченной вдоль полосы отвода аборигенной растительности, встречающейся в определенном количестве и видовой специфичности для каждой экспозиции без учета различий в конструкции (кюветы, откосы) полосы отвода.

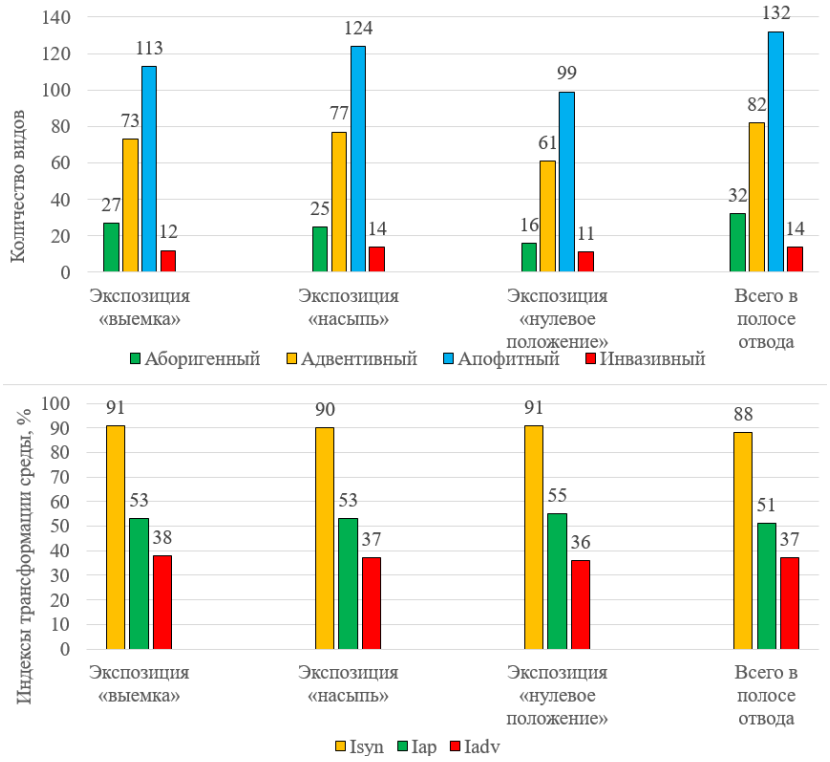


Рис. 6. Синантропизация придорожной растительности по экспозициям

Fig. 6. Synanthropization of roadside vegetation by exposures

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на условия высокого антропогенного воздействия в полосе отвода вдоль автодорог г. Минска и Минской области состав придорожной растительности представлен 223 видами травянистых растений, 37 видов древесно-кустарниковых растений и 7 видов мохообразных. Наибольшее количество видов отмечено в «насыпи» (247), меньше видов в «выемке» (230) и в «нулевом положении» (193). Отмечен рост количества видов по мере удаления от дорожного полотна.

По семейственному спектру придорожная флора относится к *Fabaceae*-типу. Ведущими семействами по количеству видов являются *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* и *Rosaceae*, доминирование которых определяется высокой антропогенной нагрузкой на придорожные фитоценозы в зависимости от конструкции полосы отвода.

Индекс синантропизации (I_{syn} = 0,88), апофитизации (I_{ap} = 0,51) и адвентизации (с учетом инвазивных видов) (I_{adv} = 0,37) с высокой долей поликарпиков и монокарпиков (однолетники и двулетники) характеризуют высокую V стадию нарушенности среды (очень сильная трансформация) в пределах полосы отвода. Степень синантропизации показывает тенденцию в росте количества аборигенных видов по мере удаления от дорожного полотна и снижение количества синантропной флоры. Наличие сложной конструкции полосы отвода определяет рост адвентивных и инвазивных видов на откосах, особенно, в «вы-

емке». Кюветы характеризуются одной из благоприятных зон развития растительности в условиях сохранившегося почвогрунта и частого затруднения кошения в полосе отвода – отмечено большее количество апофитных видов по сравнению с другими секторами.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант БРФФИ Наука М Б23М-001 от 2 мая 2023 г.

Литература

1. Судник, А. В. О воздействии строительства и содержания автодорог на придорожную растительность / А. В. Судник, И. П. Вознячук // Наука и инновации. – 2021. – № 11. – С. 34–41.

2. Харитонцев, Б. С. Особенности видового состава растительности придорожных фитоценозов / Б. С. Харитонцев, Е. И. Попова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 1–8.

3. Сумина, О. И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России / О. И. Сумина. – СПб.: Информ – Навигатор, 2013. – 340 с.

4. Шадрин, В. А. Орбитоценозы: понятие, структура, особенности / В. А. Шарин // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV международной научной конференции, 4–7 декабря 2012 г. – Москва-Ижевск. – Ижевск, 2012. – С. 227–232.

5. Митянин, И. О. Эколого-агрономическая эффективность использования бобово-злаковой травосмеси в целях консервации земель: автореф. дисс. … канд. сельхоз. наук: 06.01.04, 03.00.16 / И. О. Митянин; Брян. гос. с.-х. акад. – Брянск, 2008. – 20 с.

6. ТКП 45-3.02-69-2007 (02250) «Благоустройство территорий. Озеленение. Правила проектирования и устройства». – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 24 с.

7. Арепьева, Л. А. О новых синтаксонах синантропной растительности города Брянска / Л. А. Арепьева // Разнообразие растительного мира. – 2019. № 2 (2). – С. 18–37.

8. Миркин, Б. М. История и концептуальные установки классификации растительных сообществ с использованием подхода Браун-Бланке / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова // Lethaea rossica. – 2014. – Т. 9. – С. 21–34.

9. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского. Минск: Беларуская навука, 2020. – 407 с.

10. Жесткова, Д. Б. Эколого-ценотическая характеристика травянистого покрова в условиях произрастания вдоль автомагистралей Нижнего Новгорода / Д. Б. Жесткова, И. П. Уромова // Поволжский экологический журнал. – 2015. – № 2. – С. 167–172.

11. Хмелев, К. Ф. Состояние и тенденции развития флоры антропогенно-трансформированных экосистем / К. Ф. Хмелев, М. А. Березуцкий // Журнал общей биологии. – 2001. – Т. 62, № 4. – С. 339–351.

12. Телеснина, В. М. Индикационная роль травяного яруса в почвенно-экологических исследованиях в условиях ухода за озелененными территориями г. Москвы (на примере территории МГУ) / В. М. Телеснина, О. В. Семенюк // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. – 2022. – № 1. – С. 42–51.

13. Кокорина, Н. В. Оценка рекреационной нагрузки на лесонасаждения природного парка «Самаровский чугас» по живому напочвенному покрову / Н. В. Кокорина, И. В. Безденежных // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 12 (66). – С. 89–91.

14. Особенности напочвенного покрова и лесных подстилок в искусственных липовых насаждениях в зависимости от характера ухода (на примере УОПЭЦ Чашниково) / В. М. Телеснина [и др.] // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. – 2018. – № 2. – С. 3–11.

15. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

16. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н. Н. Цвелев. – Спб.: Издательство СПФХА, 2000. – 781 с.

17. Флора Беларуси: Мохообразные: в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Тэхналогія, 2004. – Т. 1: Andreaeopsida – Bryopsida. – 437 с.

18. Флора Беларуси: Мохообразные: в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2009, – а. – Т. 2: Hepaticopsida – Sphagnopsida. – 213 с.

19. Флора Беларуси: Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2009, – б. – Т. 1: Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta. – 199 с.

20. Флора Беларуси: Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2013. – Т. 2: Liliopsida (Acoraceae – Zannichelliaceae). – 447 с.

21. Флора Беларуси: Сосудистые растения: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2017. – Т. 3: Liliopsida (Agavaceae – Trilliaceae). – 573 с.

22. Флора Беларуси: сосудистые растения: в 6 т. / Д. В. Дубовик, В. Н. Лебедько, С. С. Савчук, А. Н. Скуратович; В. Н. Лебедько, Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д.В. Дубовика. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 816 с.

23. The Plant List [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.theplantlist.org. – Дата доступа: 30.04.2024.

24. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И. Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 277 с.

25. Раков, Н. С. Карасевское болото как ценный ботанический объект в городе Ульяновске (Ульяновское Заволжье) / Н. С. Раков // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 143–164.

26. Булохов, А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации / А. Д. Булохов. – Брянск: Брян. гос. ун-т, 1996. – 104 с.

27. Jaccard, P. Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques regions voisines / P. Jaccard // Bulletin de la Societé Vaudoise des Sciences Naturelles. – 1901. – Vol. 37. – P. 241–272.

28. Шмидт, В. М. Математические методы в ботанике: учебное пособие / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.

29. Современное состояние и история развития растительного покрова Красноуфимской лесостепи / Н. Н. Никонова [и др.] // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – Вып. 365. – С. 212–217.

30. Розенберг, Г. С. Фрактальные методы анализа структуры сообществ / Г. С. Розенберг // Принципы экологии. – 2018. – № 4. – С. 4–43.

31. Поздняков, А. А. Значение правила Виллиса для таксономии / А. А. Поздняков // Журнал общей биологии. – 2005. – Т. 66. – № 4. – С. 326–335.

32. Прокопьев, Е. П. Программа и методика исследований флоры сосудистых растений особо охраняемых природных территорий г. Томска / Е. П. Прокопьев, Т. А. Рыбина, И. Е. Мерзлякова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 322. – С. 243–247.

33. Голованов, Я. М. Закономерности процесса синантропизации растительного покрова городов Южного Предуралья (Республика Башкортостан) / Я. М. Голованов, Л. М. Абрамова // Растительность России. СПб. – 2016. – № 28. – С. 28–36.

34. Жесткова, Д. Б. Состав и структура травянистого покрова придорожных территорий автомагистралей крупного промышленного города: дисс. … канд. биол.х наук: 03.02.08 / Д. Б. Жесткова; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2016. – 167 с.

35. Halverson, H. G. Soil temperatures under urban trees and asphalt / H. G. Halverson, G. M. Heisler // United States Department Agriculture Forest Servise Reaserch Paper NE-481. Aroomall, 1981. – 6 p.

36. Борисова, М. А. Флора транспортных путей Ярославской области: автореф. дисс. … канд. биол. наук: 03.00.05 / М. А. Борисова; Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2002. – 17 с.

37. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботанический журнал, 2000. – Т. 85, – № 5 – С. 1–10.

38. Соколова, И. Г. Адвентивная флора г. Пскова / И. Г. Соколова // Псковский регионологический журнал. – 2006. – № 2. – С. 126–132.

Поступила в редакцию 02.05.2024 г.

УДК 630*182.47

С. В. ШУМАК, Л. М. ТУРЧИН

АНАЛИЗ ЦЕНОФЛОРЫ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ТИПЕ ЛЕСА ЧЕРНООЛЬШАНИК ПАПОРОТНИКОВЫЙ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Хойники, Гомельская обл., Беларусь, e-mail: shumaksvetlana@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты флористического анализа состава живого напочвенного покрова в черноольшаниках папоротниковых (*Glutinosae-Alnetum filicosum*), произрастающих в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике. Установлена таксономическая и биоморфологическая структура ценофлоры, дана ее биологическая, экологическая и географическая дифференциация. Ценофлора черноольшаника папоротникового включает 44 вида сосудистых растений, в том числе 40 аборигенных видов и 4 – адвентивных. Преобладают виды семейств *Poaceae* и *Cyperaceae*. Доминантным видом является не характерный для данного типа леса вредоносный чужеродный вид – *Bidens frondosus*. По жизненным формам живой напочвенный покров представлен полукустарниками и травами. По требовательности к почвенному плодородию преобладают растения эвтрофы и мезотрофы, по характеру гигроморф – мезофиты. Аборигенная фракция принадлежит преимущественно к холодостойкому (голарктическому) географическому элементу. По отношению к солярно-климатическим зонам доминируют плюризональные виды.

Ключевые слова: черноольшаник папоротниковый, живой напочвенный покров, ценофлора, ценотическая характеристика, сосудистые растения.

S. V. SHUMAK, L. M. TURCHIN

ANALYSIS OF THE CENOFLORA OF THE BLACK ALDER FERN LIVING GROUND COVER IN THE POLESYE STATE RADIATION AND ECOLOGICAL RESERVE

Polesye State Radiation-Ecological Reserve, Khoiniki, Gomel' region, Belarus, e-mail: shumaksvetlana@mail.ru

Annotation. For results of the floristic analysis of the composition of the living ground cover in the fern black alder forest type (*Glutinosae-Alnetum filicosum*) growing in the Polesye State Radiation and Ecological Reserve are presented. The taxonomic and biomorphological structure of the cenoflora is established, its biological, ecological and geographical differentiation is given. The cenoflora of ferny black alder includes 44 species of vascular plants, including 40 aboriginal species and 4 – adventive species. The predominant species of the family *Poaceae* and *Cyperaceae*. The dominant species is a harmful alien species – *Bidens frondosus*, which is not tupical for this forest type. By life forms, the living ground cover is represented by semi-shrubs and grasses. In terms of demanding soil fertility, eutrophic and mesotrophic plants prevail, and in terms of hygromorphic character - mesophytes. Aboriginal fraction belongs mainly to the cold-resistant (Holarctic) geographical element. Plurizonal species dominate in relation to solarclimatic zones.

Keywords: ferny black alder forest type, living ground cover, cenoflora, cenotic characterization, vascular plants.

Введение

Анализ флоры различных территорий, проводимый по различным критериям, играет существенную роль при изучении растительного покрова и может быть использован для характеристики существующих фитоценозов. На формирование флористического богатства влияют многие факторы, в том числе видовое разнообразие района исследований и экологические условия произрастания фитоценозов [1]. Не меньшее влияние на них оказывают и внешние природные факторы, в первую очередь антропогенные, под влиянием которых происходи изменение видового состава различных сообществ. Наиболее отзывчиво на них реагируют травяные сообщества. Живой напочвенный покров (ЖНП) является неотъемлемой частью лесного фитоценоза: он служит индикатором лесорастительных условий; способен регулировать микроклиматические и микробиологические процессы в лесу; его видовой состав отражает состояние насаждений на начальном этапе дигрессии [2, 3].

Уникальной территорией для изучения растительных сообществ Беларуси является Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (заповедник), расположенный в границах белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции. Особенность этой территории заключается в полном отсутствии хозяйственной деятельности и минимальном антропогенном влиянии на протяжении почти 40 лет, что способствовало естественному развитию растительного покрова. В итоге там начались процессы восстановления природных экосистем, что одновременно привело к увеличению разнообразия флоры [4]. Интересным объектом для изучения флористического богатства на территории заповедника являются черноольховые насаждения. Некоторые данные ценотических характеристик видов растений ЖНП черноольшаников заповедника отражены в наших работах [5, 6].

Заповедник расположен в зоне оптимального произрастания ольхи черной [7], которая занимает третье место (10,6% лесопокрытой площади) в структуре его лесной растительности. Среди ольсов заповедника наиболее широко распространен папоротниковый тип леса (34,2% от площади формации) [8].

Цель исследования – выполнить анализ ценофлоры живого напочвенного покрова черноольшаника папоротникового на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.

Объекты (материалы) и методы исследования

Объект исследования – видовой состав живого напочвенного покрова, произрастающего в условиях черноольшаника папоротникового на территории заповедника.

В черноольшанике папоротниковом заложены 5 временных пробных площадей (ВПП) размером 50×50 м в соответствии с [9]. Их лесоводственно-таксационная характеристика приведена в табл.1.

Геоботаническое описание проводили на каждой из ВПП, где закладывались через равное расстояние 20 учетных площадках (УП), размером 1×1 м, в период максимального развития травостоя по общепринятой методике [3]. Всего для типа леса заложено и описано 100 УП. На всех УП определяли видовой состав травянистых растений ЖНП, обилие каждого вида в баллах по шкале Браун-Бланке [10]. Видовую принадлежность растений уточняли по определителю [11]. Номенклатура сосудистых растений приведена по [12].

В камеральных условиях рассчитывали среднюю арифметическую высоту растений ЖНП в см, встречаемость, как отношение числа УП с наличием вида растения к их количеству на ВПП. По показателям обилия выделяли доминантные (с баллом обилия 3 балла) и субдоминантные (2 балла) виды растений [1]. Жизненные формы растений определяли по классификации И. Г. Серебрякова [13, 14] и К. Раункиера [15]. Анализ географической структуры аборигенной фракции флоры дан по [16, 17]. Анализ адвентивной флоры приведен по [18, 19]. Отнесение растений к чужеродным вредоносным видам производили на основании [20]. Выделены экологические группы растений по отношению к влажности и трофности почвы с применением [17, 21].

Результаты исследования и их обсуждение

Таксономическая структура. В результате проведенных исследований в ценофлоре черноольшаника папоротникового выявлено 44 вида сосудистых растений (табл. 2), относящихся к 37 родам, 24 семействам. Аборигенная фракция флоры насчитывает 40 видов (90,9%), адвентивная – 4 вида (9,1%). В результате количественного анализа флоры данного типа леса выявлены следующие показатели: среднее число видов в роде – 1,19, среднее число видов в семействе – 1,83, среднее число родов в семействе – 1,54.

Таблица 1. Таксационная характеристика черноольховых древостоев

Table 1. Taxational characteristics of black alder stands

Шифр ВПП	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Бонитет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м^2/га	Полнота	Запас, м^3/га
			H, м	D, см					
Нп9-11	9Олч1Б+Д	51	23,5	22,1	Ia	864	33,4	0,89	376
Нп77-29	10Олч+Д,Б	62	24,4	28,7	I	568	36,0	0,96	434
Нп10-26	9Олч1Б+Д,Я	65	24,7	28,6	I	560	33,2	0,88	392
Бб11-20	10Олч+Б,ЛП	70	28,0	32,0	Ia	504	39,2	0,98	540
Нп77-16	10Олч+Д,Б,Я	75	30,3	37,1	Ia	444	46,2	1,13	632

Таблица 2. Видовой состав живого напочвенного покрова черноольшаника папоротникового

Table 2. Species composition of the living ground cover of the black alder ferny type forest

	Наименование вида	Шифр ВПП									
		Нп9-11		Нп10-26		Нп77-16		Бб11-20		Нп77-29	
		O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
1	*Alisma plantago-aquatica*	–	–	–	–	–	–	–	–	1	10
2	*Alsine media*	–	–	–	–	1	10	–	–	+	10
3	*Bidens frondosus*	–	–	–	–	3	100	4	100	2	90
4	*Calamagrostis canescens*	–	–	–	–	+	50	1	60	–	–
5	*Caltha palustris*	–	–	–	–	–	–	2	15	1	5
6	*Carex canescens*	1	15	–	–	–	–	+	30	1	10
7	*C. elongata*	–	–	–	–	+	25	–	–	–	–
8	*C. pseudocyperus*	2	65	–	–	–	–	–	–	–	–
9	*C. vesicaria*	–	–	2	70	–	–	–	–	–	–
10	*Deschampsia cespitosa*	+	45	2	90	–	–	–	–	2	15
11	*Dryopteris carthusiana*	1	55	2	15	–	–	–	–	2	10
12	*D. filix-mas*	–	–	–	–	2	10	2	10	1	5
13	*Equisetum pratense*	–	–	–	–	–	–	r	5	–	–
14	*Fallopia convolvulus*	–	–	–	–	r	15	–	–	r	15
15	*Galeopsis ladanum*	–	–	–	–	r	5	–	–	–	–
16	*Galium odaratum*	2	10	r	5	+	35	1	40	+	25
17	*Geranium robertianum*	+	50	–	–	+	75	+	25	+	65
18	*Geum rivale*	–	–	–	–	–	–	–	–	1	5
19	*Humulus lupulus*	1	50	–	–	–	–	–	–	–	–
20	*Impatiens noli-tangere*	r	5			+	20	–	–	r	5
21	*Iris pseudacorus*	2	10	–	–	2	10	2	10	2	10
22	*Lycopus europaeus*	–	–	–	–	+	35	1	80	1	75
23	*Lysimachia nummularia*	r	10	–	–	r	5	+	5	+	10
24	*L. vulgaris*	+	90	+	90	1	25	1	70	+	30
25	*Lythrum salicaria*	–	–	–	–	1	5	–	–	–	–
26	*Maianthemum bifolium*	1	10	–	–	–	–	–	–	–	–
27	*Moehringia trinervia*	–	–	–	–	r	30	–	–	+	30
28	*Paris quadrifolia*	+	10	–	–	–	–	–	–	–	–
29	*Persicaria amphibia*	–	–	–	–	–	–	+	5	1	5
30	*P. mitis*	+	35	–	–	1	85	r	15	1	30
31	*Phragmites australis*	–	–	–	–	2	40	–	–	2	15
32	*Poa trivialis*	–	–	–	–			–	–	+	45
33	*Ranunculus acris*	–	–	–	–	–	–	+	5	–	–
34	*Rubus caesius*	2	5	1	55	2	90	1	50	2	95
35	*R. saxatilis*	+	35	–	–	–	–	–	–	–	–
36	*Schedonorus giganteus*	–	–	–	–	–	–	–	–	1	10
37	*Scirpus sylvaticus*	+	5	–	–	–	–	–	–	–	–
38	*Scutellaria galericulata*	+	70	–	–	2	15	+	15	2	40
39	*Sium latifolium*	–	–	–	–	–	–	1	10		
40	*Solanum dulcamara*	–	–	–	–	r	5	1	5	–	–
41	*Stachys palustris*	–	–	–	–	–	–	1	5	–	–
42	*Stellaria palustris*	–	–	–	–	1	10	1	10	+	10
43	*Symphytum officinale*	–	–	–	–	–	–	2	5	–	–
44	*Urtica dioica*	1	20	–	–	3	100	1	80	2	100

Примечание: O – обилие вида по шкале Браун-Бланке (r – вид чрезвычайно редок с незначительным покрытием; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – количество особей велико, степень покрытия мала или особей мало, но покрытие большое; 2 – количество особей велико, проективное покрытие 5–25%; 3 – число особей любое, проективное покрытие 25–50%; 4 – число особей любое, проективное покрытие 50–75 %); V – встречаемость растения, %.

Систематический анализ (табл. 3) показал, что большинство видов относится к отделу покрытосеменных (*Magnoliophyta*) – 41 вид (93,2%), из них класс двудольные (*Magnoliopsida)* насчитывает 27 видов (61,4%), однодольные (*Liliopsida*) – 14 (31,8%). Доля участия высших споровых растений составляет 6,8%.

Доминантными семействами в черноольшанике папоротниковом являются *Poaceae* и *Cyperaceae* – по 5 видов (11,1%), *Lamiaceae* – 4 (8,9%), *Polygonaceae, Caryophyllaceae* и *Rosaceae* – по 3 (6,7%). Остальные 19 семейства представлены 1–2 видами сосудистых растений. В пределах ВПП насчитывалось от 6 до 27 (в среднем 20) видов.

Доминантным видом (балл обилия 3) в черноольшаннике папоротниковом является не характерная для данного типа леса *Bidens frondosus*, субдоминантными (балл обилия 2) – *Rubus caesius*, *Iris pseudacorus*, *Urtica dioica*, *Symphytum officinale*, *Carex pseudocyperus*, *C. vesicaria*, *Phragmites australis*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas*.

Наибольшая частота встречаемости в черноольшаннике папоротниковом отмечана для *Galium odaratum, Lysimachia vulgaris, Rubus caesius* (на 5 ВПП или 100%), *Geranium robertianum*, *Iris pseudacorus, Lysimachia nummularia, Persicaria mitis, Scutellaria galericulata и Urtica dioica* (по 80%). У 16 видов данный ценотический показатель располагался в пределах 40–60% (в том числе у *Dryopteris carthusiana* и *D. filix-mas* – 60%), у остальных 19 видов не превышал 20%.

Степень включения ценофлоры ЖНП черноольшаника папоротникового в список типа леса по стране [7] (индекс Симпсона) равен 53,3%, Полесья [22] – 21,0 %, что указывает на изменение видового состава ЖНП во времени.

Таблица 3. Таксаномический состав ценофлоры

Table 3. Taxonomic composition of cenoflora

Отдел	Количество			% видов от общего числа
	семейств	родов	видов	
Magnoliophyta	22	35	41	93,2
– Magnoliopsida	16	24	27	61,4
– Liliopsida	6	11	14	31,8
Polypodiophyta	1	1	2	4,5
Equisetophyta	1	1	1	2,3
Итого	**24**	**37**	**44**	**100**

Биоморфологическая структура. Состав жизненных форм является неотъемлемой характеристикой биологического разнообразия экосистем [13]. Анализ жизненных форм по И. Г. Серебрякову (табл. 4) показал, что в ценофлоре черноольшаника папоротникового преобладают травянистые поликарпики – 33 вида (75,0%), среди них ведущее положение занимают корневищные (длиннокорневищные (27,3%) и короткокорневищные (18,2)) жизненные формы (20 видов или 45,5%), что свидетельствует о рыхлости и хорошей аэрации верхних горизонтов почвы. Доля травянистых монокарпиков составляет 18,1% (8 видов). Доля полукустарников незначительна – 6,8% (3 вида).

Согласно классификации жизненных форм К. Раункиера (табл. 5), господствующее положение в черноольшанике папоротниковом занимают гемикриптофиты, объединяющие 21 вид (47,7% от общего числа видов). Доля криптофитов составляет 25,0% (11 видов), из них криптофитов-геофитов – 22,7% (10 видов): *Paris quadrifolia*, *Lythrum salicaria*, *Scirpus sylvaticus*, *Iris pseudacorus*, *Urtica dioica* и др., криптофитов-гелофитов – 2,3% (1 вид): *Bidens frondosus*. Значительно участие терофитов – 8 видов (18,2%): *Geranium robertianum*, *Moehringia trinervia*, *Galeopsis ladanum* и др. Повышение роли терофитов обусловлено нарушенностью растительного покрова. Менее всего приходится на долю хамефитов – 9,1% (4 вида): *Lysimachia nummularia*, *Rubus caesius*, *R. saxatilis* и *Humulus lupulus*. В целом флора черноольшаника папоротникового может оцениваться как «гемикриптофитно-криптофитная».

Таким образом, анализ биоморфологической структуры ценофлоры черноольшаника папоротникового показал преобладание гемикриптофитов и поликарпических трав, характерных для естественных сообществ умеренных широт.

По отношению к трофности и влажности почв. В ценофлоре черноольшаника папоротникового по требовательности к почвенному плодородию преобладают растения эвтрофы (*Stellaria palustris*, *Caltha palustris*, *Geum rivale*, и др.) – 22 вида (50,0%), на втором месте мезотрофы (*Lycopus europaeus*, *Poa trivialis*, и др.) – 16 видов (36,4%). Группа мезоэвтрофов (*Calamagrostis canescens*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria* и др.) представлена 6 видами (13,6%).

Таблица 4. Спектр жизненных форм (по И.Г. Серебрякову) ценофлоры

Table 4. Spectrum of life flora forms (according to I.G. Serebryakov)

№	Жизненные формы	Количество видов, шт.	% от общего числа видов
А	**Полудревесные растения**	**3**	**6,8**
1	полукустарники	3	6,8
Б	**Поликарпические травы, всего**	**33**	**75,0**
2	В том числе: стержнекорневые	2	4,5
3	кистекорневые	2	4,5
4	длиннокорневищные	12	27,3
5	короткокорневищные	8	18,2
6	дерновинные:	6	13,7
	а) плотнодерновинные	1	2,3
	б) рыхлодерновинные	5	11,4
7	столонные	2	4,5
8	лианы травянистые	1	2,3
В	**Монокарпические травы, всего**	**8**	**18,1**
9	однолетние	6	13,6
10	однолетние, двулетние	2	4,5

Таблица 5. Спектр жизненных форм (по К. Раункиеру) флоры

Table 5. Spectrum of life flora forms (according to K. Raunkier)

Жизненные формы	Количество видов, шт.	% от общего числа видов
1. Гемикриптофиты	**21**	**47,7**
2. Криптофиты	**11**	**25,0**
– геофиты	10	22,7
– гелофиты	1	2,3
3. Хамефиты	**4**	**9,1**
4. Терофиты	**8**	**18,2**
Всего:	**44**	**100,0**

По характеру гигроморф доминируют растения мезофиты (*Galium odaratum*, *Urtica dioica* и др.) – 38,6% (17 видов), значительный удельный вес гигрофитов (*Sium latifolium*, *Phragmites australis* и др.) – 25,0% (11 видов) и мезогигрофитов (*Impatiens noli-tangere*, *Dryopteris carthusiana* и др.) – 22,8% (10 видов), растения гигромезофиты (*Solanum dulcamara*, *Poa trivialis* и др.) состовляют 13,6% (6 видов).

Современный экологический статус ЖНП черноольшаника папоротникового определяется как эвтрофно-мезотрофный, мезофитный.

Географический анализ проведен для аборигенных видов сосудистых растений. Географическая структура ценофлоры черноольшаника папоротникового сложена из различных географических элементов: европейского, евросибирского, евросибирско-аралокаспийского, евразиатского, голарктического и космополитного. Преобладают голарктические виды (30% от общего числа аборигенной фракции). По солярно-климатическому принципу из 12 видов этого элемента преобладают плюризональные – 17,5% (*Urtica dioica*, *Deschampsia cespitosa* и др.). Умеренная группа представлена 2 видами: бореальным (*Dryopteris filix-mas*) и бореально-сарматским (*D. carthusiana*). Группа умеренно-теплолюбивых и теплолюбивых видов представлена 1 сармато-понтическим видом (*Humulus lupulus*). Группа умереннно холодостойких, характерная таежной зоне – 2 аркто-бореальными видами (*Geum rivale* и *Caltha palustris*).

Значительно участие евросибирских и евроазиатских видов – по 9 видов. В каждом из этих элементов преобладают плюризональные виды (по 6), ареалы которых расположены в трех и более зонах. Умеренная группа представлена для евросибирского элемента – 3 видами: бореально-сарматскими (*Rubus caesius* и *R. saxatilis* L.) и сарматским (*Carex elongata*); для евроазиатского элемента – 2 видами: бореальным (*Stellaria palustris*) и бореально-сарматским (*Maianthemum bifolium*). Группа умеренно-теплолюбивых и теплолюбивых видов представлена 1 сармато-понтическим видом (*Galium odaratum*) только для евроазиатского элемента.

Европейский ареал распространения имеют 5 видов (12,5%). Данный элемент представлен 3 субэлементами: паневропейским, западноевро-

пейским и атлантическо-европейским. Среди них преобладает паневропейский субэлемент, включающий 3 плюризональных вида (*Lysimachia nummularia*, *Geranium robertianum* и *Iris pseudacorus*), распространенных по всей Европе. Западноевропейский и Атлантическо-европейский элементы представлены бореально-сарматскими видами (*Persicaria mitis* и *Carex pseudocyperus*) соответственно.

В незначительном количестве отмечен евросибирско-аралокаспий элемент – 3 вида (*Lysimachia vulgaris*, *Moehringia trinervia* и *Carex vesicaria*) и космополиты – 2 вида (*Lythrum salicaria* и *Phragmites australis*).

Адвентивный компонент. В ценофлоре черноольшаника папоротникового выявлено 4 адвентивных вида (*Fallopia convolvulus*, *Alsine media*, *Galeopsis ladanum* и *Bidens frondosus*), что составляет 9,1% от общего числа всех видов. Они относятся к 4 родам, 4 семействам, отделу покрытосеменных (*Magnoliophyta*), классу двудольные (*Magnoliopsida*).

По времени заноса 3 представителя (*Galeopsis ladanum*, *Fallopia convolvulus* и *Alsine media*) адвентивного комплекса черноольшаника папоротникового относятся к археофитам (занесенные до открытия Америки) и 1 (*Bidens frondosus*) к неофитам (виды, занесенные после XV в.). По способу заноса все они являются ксенофитами (непреднамеренно занесенные виды). По степени натурализации представлены 2 *(Fallopia convolvulus* и *Alsine media*) эпекофитами (заносные растения, распространившиеся по одному или нескольким типам антропогенных местообитаний) и 2 (*Galeopsis ladanum* и *Bidens frondosus*) агриофитами (растения, внедрившийся в естественные фитоценозы).

Особое внимание в настоящее время уделяется наиболее вредоносным чужеродным сосудистым растениям, которые в многочисленном количестве могут оказывать неблагоприятное воздействие на местные виды растений. В черноольшанике папоротниковом нами обнаружен 1 такой вид – *Bidens frondosus* – многолетнее травянистое растение семейства *Asteraceae.* В Беларуси один из наиболее широко распространенных, инвазионных видов растений, активно вытесняющий аборигенные виды, в том числе и близкородственные. Распространен по всей территории Беларуси, преимущественно в южной части, где полностью натурализовался (в том числе в естественных сообществах) и является обычным [20].

Заключение

В черноольшанике папоротниковом живой напочвенный покров представлен 44 видами сосудистых растений из них 40 видов (91%) аборигенных и 4 вида (9%) адвентивных. Доминантными семействами являются *Poaceae* и *Cyperaceae.* Доминантным видом является не характерный для данного типа леса *Bidens frondosus*. Наиболее встречаемые виды – *Galium odaratum, Lysimachia vulgaris* и *Rubus caesius*. Степень включения ценофлоры ЖНП данного типа леса в список по Беларуси составил 53,3%, Полесья –21,0%.

Биоморфологический анализ ценофлоры в черноольшанике папоротниковом показал преобладание гемикриптофитов и поликарпических трав. Современный экологический статус ЖНП черноольшаника папоротникового в заповеднике определен как эвтрофно-мезотрофный, мезофитный.

При географическом анализе ценофлоры выявлено преобладание голарктических видов. По отношению к солярно-климатическим зонам доминируют плюризональные виды.

Адвентивный компонент (4 вида) черноольшаника папоротникового по времени заноса относится к археофитам и неофитам, по способу заноса – ксенофитам, по степени натурализации – эпекофитам и агриофитам. В составе адвентивного комплекса отмечен наиболее вредоносный чужеродный вид – *Bidens frondosus*.

Литература

1. Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова [и др.]. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. – 90 с.

2. Шенников, А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников. – Л. : ЛГУ, 1964. – 447 с.

3. Воронов, А. Г. Геоботаника : учеб. пособ. для ун-тов и пед. ин-тов / А. Г. Воронов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высшая школа, 1973. – 384 с.

4. Биологическое разнообразие Полесского радиационно-экологического заповедника: сосудистые растения / Д. В. Дубовик [и др.] ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 234 с.

5. Шумак, С. В. Современный живой напочвенный покров в черноольшаниках Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / С. В. Шумак, А. В. Углянец // Известия Гомельского гос. у-та им. Ф. Скорины. Естественные науки. – 2022. – № 6 (135). – С. 66–71.

6. Углянец, А. В. «Запас надземной фитомассы и ценотическая характеристика живого напочвенного покрова черноольшаника снытевого в зоне отчуждения чернобыльской атомной электростанции» / А. В. Углянец, С. В. Шумак, Д. К. Гарбарук // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2024. – № 1 (259). – С. 56–66.

7. Юркевич, И. Д. Типы и ассоциации черноольховых лесов / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий. – Минск : Наука и техника, 1968. – 376 с.

8. Гарбарук, Д. К. Структура черноольховых лесов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец // Сб. науч. ст. / Управление делами Президента Респ. Беларусь, Березинский биосферный заповедник. – Минск, 2017. – Вып. 12 : Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – С. 32–49.

9. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесная промышленность, 1982. – 561 с.

10. Браун, Д. Методы исследования и учета растительности / Д. Браун : пер. с англ. под общ. ред. Т. А. Работнова. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1957. – 316 с.

11. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

12. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. – 991 с.

13. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М. : Высшая школа, 1962. – 378 с.

14. Серебряков, И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И. Г. Серебряков // Полевая геоботаника. – М. ; Л. : Наука, 1964. – С 146–205.

15. Raunkiaer, C. The life form of plants and statistical plant geography / C. Raunkiaer. – Oxford : Clarendon Press., 1934. – 632 p.

16. Козловская, Н. В. Флора Белоруссии: закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Н. В. Козловская. – Минск : Наука и техника, 1978. – 128 с.

17. Козловская, Н. В. Хорология флоры Белоруссии / Н. В. Козловская, В. И. Парфенов. – Минск : Наука и техника, 1972. – 312 с.

18. Schröeder, F.-G. Zur Klassifizierung der Anthropochoren / F.-G. Schröeder // Vegetatio. – 1969. – Bd 16. – S. 225–238.

19. Виноградова, Ю. К. Черная книга Средней России: Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М. : ГЕОС, 2010. – 502 с.

20. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 407 с.

21. Шенников, А. П. Экология растений / А. П. Шенников. – М. : Советская наука, 1950. – 374 с.

22. Юркевич, И. Д. Леса Белорусского Полесья (геоботанические исследования) / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1977. – 288 с.

Поступила в редакцию 01.11.2024 г.

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ
PHYTOCENOLOGY

УДК 574.474

Т. Л. БАРСУКОВА, А. А. ГОМОЛКО, Я. К. ИГНАТЬЕВ, В. В. ЛУКИН,
В. В. МОЦНЫЙ, А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, Л. И. СТАРИКОВА

БИОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРЕЦКОГО ЛЕСХОЗА)

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: liliya.star18@gmail.com

Аннотация. На основе изучения приспевающих и спелых ельников Горецкого лесхоза выявлены особенности биологической устойчивости насаждений различного происхождения и состава (на постоянно лесных и бывших сельскохозяйственных землях естественного и искусственного происхождения). Установлено, что наиболее высокой биологической устойчивостью отличаются насаждения естественного происхождения на бывших лесных и сельскохозяйственных землях, самой низкой – насаждения искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях. Результаты исследования показывают, что лесоводство на бывших сельскохозяйственных землях требует особых технологий лесоразведения и лесовыращивания.

Ключевые слова: биологическая устойчивость, естественное происхождение, лесные культуры, категория земель, еловые леса, состав древостоев.

T. L. BARSUKOVA, A. A. HAMOLKA, YA. K. IGNATIEV, V. V. LUKIN,
V. V. MOTSNY, A. V. PUGACHEVSKY, L. I. STARIKOVA

BIOLOGICAL STABILITY OF SPRUCE FORESTS OF DIVERSE ORIGIN (CASE STUDY: GORETSKY FORESTRY)

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: liliya.star18@gmail.com

Annotation. Based on the study of ripe and ripe spruce forests of the Goretsky forestry, the features of the biological stability of plantations of various origins and composition (on permanently forested and former agricultural lands of natural and artificial origin) were revealed. It has been established that the plantings of natural origin on former forest and agricultural lands are characterized by the highest biological stability, while the plantings of artificial origin on former agricultural lands are the lowest. The results of the study show that forestry on former agricultural lands requires special technologies of afforestation and reforestation.

Keywords: biological stability, natural origin, forest cultures, land category, spruce forests, composition of stands.

Введение

На территории Республики Беларусь ель европейская (*Picea abies*) является одной из основных лесообразующих хвойных пород, насаждения которой занимают 9,0% покрытой лесом площади и характеризуются высокой продуктивностью. В возрастной структуре еловых лесов преобладают приспевающие насаждения (30,5%), молодняки составляют 25,4%, средневозрастные – 29,8%, спелые и перестойные насаждения – 14,2% [1]. Современная структура лесов обусловлена особенностями почвенно-гидрологических и климатических условий территорий, а также хозяйственной деятельностью человека. Ель относится к числу наименее устойчивых к дефициту

водообеспеченности лесообразующих пород. Наиболее частые массовые усыхания ели в последнем столетии наблюдались в европейской части СССР в зоне смешанных лесов. Как правило, усыханию подвержены насаждения старше 30 лет, многие из которых были поражены корневой губкой [2]. Массовое усыхание ельников на рубеже XX–XXI вв., которое продолжается до настоящего времени, стало в Беларуси важнейшей проблемой лесного хозяйства. На состояние древостоев ели оказывает влияние целый ряд факторов: болезни корней, стволов и ветвей, стволовые вредители, абиотические факторы (ветер, подтопление, засухи и др.). Особая роль в усыхании ослабленных еловых древостоев принадлежит стволовым вредителям, которые в таких условиях становятся решающим фактором деградации ельников [2].

Размещение значительной части лесов на некоренных местах произрастания и за пределами естественной границы их распространения привело к частому повреждению дендрофильными насекомыми, формированию очагов болезней, и как следствие, усыханию. Нередко при облесении ранее нелесных земель не учитывается их особенности, и в первую очередь плодородие почвы и сложение почвенных горизонтов. Кроме того, известно, что большая перегущенность древостоев на маломощных истощенных почвах является одной из причин ослабления и распада насаждений [3].

Насаждения искусственного происхождения занимают 24,6% от площади лесных земель [1], ежегодно леса подвергаются различным рубкам и трансформации, меняются состав и структура древостоев. Лесные насаждения искусственного и естественного происхождения характеризуются рядом специфических особенностей их формирования, структуры, а также динамики продуктивности и товарности, что определяет различия и в экономической эффективности их выращивания. На территории Беларуси в течение последних десятилетий влияние негативных биотических и абиотических факторов, в сочетании повышением уровня интенсификации лесопользования оказывают негативное влияние на биологическую устойчивость и продуктивность ельников [4]. Однако вклад фактора происхождения в формирование биологической устойчивости насаждений ели до настоящего времени остается невыясненным, хотя в отношении сосняков такая зависимость ранее была нами доказана [5].

Объекты (материалы) и методы исследования

Исследования проведены на территории Горецкого лесхоза (Зубровское, Добрянское, Первомайское и Темнолесское лесничества), расположенного в геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов [6]. Для оценки влияния происхождения лесов на их биологическую устойчивость все древостои лесхоза разделены на четыре категории в зависимости от их происхождения: 1) насаждения естественного происхождения на постоянно лесных землях (ЕПЛ); 2) лесные культуры на постоянно лесных землях (ЛКЛ); 3) насаждения естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (ЕПСХ); 4) лесные культуры на бывших сельскохозяйственных землях (ЛКСХ). В трех лесных массивах, равноудаленных друг от друга, заложены серии из четырех пробных площадей в каждом из вариантов происхождения (рис. 1). Расстояния между пробами внутри каждой группы определяли минимально возможными для исключения различий в факторах климатического происхождения. На каждой пробной площади определяли породный состав, структуру, состояние древостоев, описание подроста, подлеска и живого напочвенного покрова [7]. Измеряли диаметр ствола деревьев на 1,3 м и и высота. Средний возраст древостоя определяли по кернам древесины, отобранным из 25 деревьев I и II класса Крафта и без видимых признаков ослабления. Состояние деревьев оценивали по шкалам, приведенным в Санитарных правилах в лесах Республики Беларусь [8]. Для подроста и подлеска определяли породный состав, средние высота и густота. Описание живого напочвенного покрова выполнено глазомерно с определением видового состава и обилия по шкале Браун-Бланке [9].

Лесоводственно-таксационная характеристика всех 12 изученных насаждений ельников приведена в табл. 1, а их внешний вид – на рис. 2. Все они представлены высокопродуктивными приспевающими и спелыми (в возрасте 65–93 года) двухъярусными насаждениями с доминированием ели в составе 1-го яруса кисличного типа леса. В составе древостоев в качестве примеси представлены осина, дуб, липа, реже клен и береза. Те же древесные породы встречаются и в составе 2-го яруса. Древостои относятся к 1 и 1а классам бонитета.

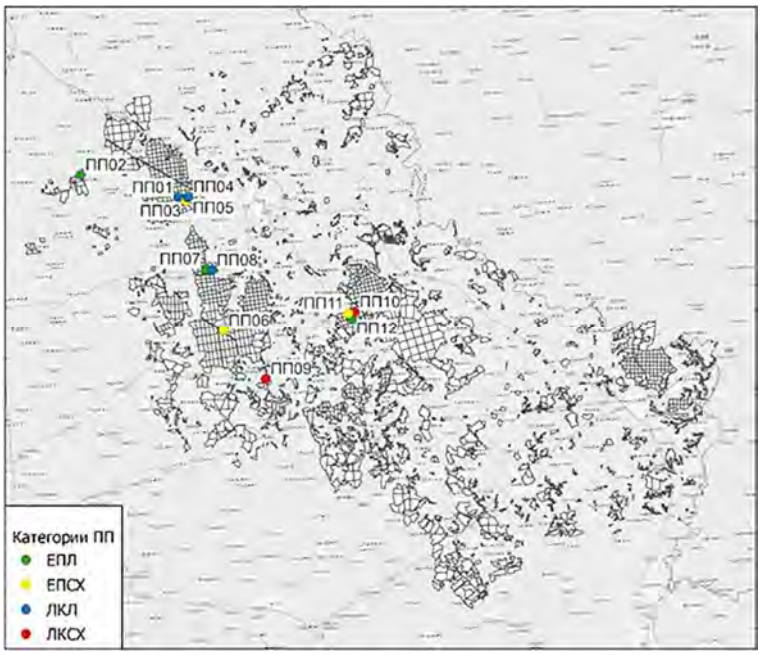


Рис. 1. Схема размещения объектов исследования

Fig. 1. Layout of research objects

Таблица 1. Краткая лесоводственно-таксационная характеристика объектов исследования

Table 1. Brief forestry and taxation characteristics of the research objects

№ ПП	Лесничество, квартал/выдел	Бонитет	Ярус	Состав	Dср., см	Hср., м	Запас, кбм/га	Сумма площ. сеч., квм/га	Возраст, лет
Древостои естественного происхождения на на постоянно лесных землях (ЕПЛ)									
2	Зубровское, 124/9	Ia	1	8Е1Ос1Д+Лп, ед. Кл	41,3	30,3	793,1	55,5	80
			2	4Е3Кл3Лп	17,6	18,4	18,0	2,0	
7	Добрянское, 46/9	Ia	1	6Е2Ос1Б1С+Д	41,5	31,7	750,0	50,7	76
			2	7Е2Д1Б+Ос, ед. Кл	17,7	16,6	93,7	8,4	
12	Темнолесское, 52/11	Ia	1	7Е3Ос+Б	44,3	34,6	669,2	41,2	75
			2	8Е1Б1Ос +Д, Лп	21,1	19,8	72,4	5,9	
Лесные культуры на постоянно лесных землях (ЛКЛ)									
1	Зубровское, 170/5	Ia	1	8Е1Ос1Лп+Д, ед. Кл	43,8	32,1	770,5	52,3	87
			2	6Лп4Е+Д, Кл	24,7	23,2	36,9	3,9	
4	Зубровское, 173/9	Ia	1	9Е1Б	28,6	27,1	596,1	46,3	65
			2	10Е	16,3	19,3	43,2	5,1	
8	Добрянское, 53/3	Ia	1	9Е1С	32,2	30,4	575,4	40,5	70
			2	10Е, ед. Б	20,6	25,1	91,8	8,1	
Древостои естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (ЕПСХ)									
3	Зубровское, 184/9	I	1	5Е3Ос1Д1Лп+Кл, ед. В	38,0	28,8	809,6	58,7	90
			2	5Лп4Кл1Е	13,8	13,0	21,6	3,0	
6	Первомайское, 14/19	I	1	7Е2Ос1Д	41,0	30,5	681,5	47,5	93
			2	5Е4Д1Кл+Лп	23,3	20,0	117,5	9,8	
11	Темнолесское, 35/3	Ia	1	7Е3Д+Ос, С, ед. Кл	33,5	28,2	547,3	40,4	65
			2	9Е1Д+Кл	14,0	16,2	38,1	4,1	
Лесные культуры на бывших сельскохозяйственных землях (ЛКСХ)									
5	Зубровское, 173/10	Ia	1	10Е, ед. Д, Ос	38,2	30,4	688,5	47,2	72
			2	9Е1Д	20,2	20,5	33,5	3,2	
9	Первомайское, 77/3	Ia	1	5Е3Д1Б+С, Л, ед. Кл, Лп, Ос	38,0	31,2	713,2	49,5	65
			2	6Е2Д1Кл1Лп+Ос, Б, ед.В	16,8	17,9	127,4	12,0	
10	Темнолесское, 37/7	I	1	10Е+Д	29,4	27,1	402,7	41,3	75
			2	9Е1Д	15,5	17,5	28,3	4,0	
Примечание. *средние диаметры и высоты стволов приведены для главной породы по ярусу.									



Рис. 2. Фотографии объектов исследования

Fig. 2. Photographs of research objects

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности биологической устойчивости насаждений различного происхождения отражаются в распределении деревьев по категориям состояния. На всех пробных площадях подавляющая часть деревьев относится к первой (без признаков ослабления) и второй (ослабленные) категориям состояния (табл. 2, рис. 3), т.к. отбор проб проводился в лесных массивах, не утративших биологическую устойчивость.

При этом доля деревьев 1-й категории всех пород и ели, как главной породы, наиболее высока в естественных насаждениях на постоянно лесных (38,6% и 41,0%, соответственно) и бывших сельскохозяйственных (39,1% и 47,0%) землях. И наоборот, в лесных культурах их доля ниже: 35,5% для всех пород и 36,0% для ели на постоянно лесных и 33,8% и 35,2%, соответственно на бывших сельскохозяйственных землях.

При этом следует отметить достаточно большое количество деревьев 3-й категории состояния, что говорит о возможных предпосылках для ослабления насаждения и возможной утраты им биологической устойчивости при воздействии неблагоприятных факторов.

Особенно высока суммарная доля сильно ослабленных (3-я категория), усыхающих (4-я категория) и свежеусохших (5-я категория) деревьевв лесных культурах на бывших сельскохозяйственных землях – 39,0% против 27,3–27,9% в ельниках иного происхождения.

На всех пробных площадях категории ЕПЛ основная часть деревьев ели относится к первой и второй категориям состояния (см. рис. 3). Возможно это связано с большим разнообразием породного состава, который оказывает стабилизирующий эффект от воздействия неблагоприятных внешних факторов как биотической, так и аббиотической природы. Кроме того, высокая густота древостоев определяет их устойчивость по отношению ко многим неблагоприятным факторам, таким как ветро- и снегоустойчивость насаждений, а также их устойчивость к корневой губке [3].

В категории лесных культур на сельскохозяйственных землях (ЛКСХ) отмечено значительное увеличение деревьев третьей и четвертой категорий состояния, что свидетельствует о развитии патологических процессов в насаждении. Во многом это связано с большим процентом поражения деревьев комлевыми гнилями, что зафиксировано при отборе кернов для определения прироста. Несмотря на наличие достаточно большого количества деревьев 3–5-й категорий, что свидетельствует о снижении биологической устойчивости насаждения, еще рано говорить об их последующей гибели.

Средние характеристики состояния деревьев в насаждениях различного происхождения (табл. 3) также свидетельствуют о преимуществе естественного происхождения над лесными культурами для почти всех пород, слагающих обследованные ельники, за исключением малочисленных клена, липы и отчасти, осины. Средний балл категорий состояния деревьев определяется как средневзвешенная величина на основе категории состояния деревьев и числа их в каждой категории.

Анализ структуры (рис. 4) и состояния естественного возобновления в ельниках различного происхождения показал следующее:

– подрост в насаждениях естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (ЕПСХ) достаточно густой (17,4 тыс. шт./га) и представлен в основном лиственными породами с преобладанием клена (*Acer platanoides*) и осины (*Populus tremula*), что обусловлено с участием этих лиственных пород в 1 и 2 ярусах древостоя (2–5 единиц). Здесь же отмечен наиболее высокий процент здорового подроста (66,1%) и самый низкий усыхающего (2,6%). Преобладание подроста теневыносливых пород связано с наличием сомкнутого полога ели;

– в насаждениях лесных культур на бывших сельскохозяйственных землях (ЛКСХ) подрост формируется в основном за счет ели и осины, он менее густой (11,8 тыс. шт./га), а доля здорового подроста составляет 61,7% от общего количества;

– значительной густотой отличается подрост и в ельниках естественного происхождения на бывших лесных землях (22,6 тыс. шт./га), где он представлен осиной, липой (*Tilia cordata*), кленом с участием ели и дуба (*Quercus robur*). Однако состояние подроста здесь хуже: доля здорового и угнетенного подроста примерно одинаково (47,7 и 43,0%). В особенно угнетенном из-за слабого освещения состоянии находится подрост осины;

– подрост в древостоях лесных культур на бывших лесных землях (ЛКЛ) также достаточно густой (15 тыс. шт./га), но представлен главным образом осиной и липой, с участием ели и клена.

Таким образом, выраженной взаимосвязи между количественными и качественными характеристиками естественного возобновления в приспевающих высокопродуктивных ельниках и их происхождением не прослеживается, в связи с тем, что прошло уже достаточно времени, и условия изменились. Постепенный выход лиственных пород в состав древостоев приведет в дальнейшем к формированию елово-лиственных насаждений.

Таблица 2. Распределение деревьев на пробных площадях по категориям состояния

Table 2. Distribution of trees in sample plots by condition categories

№ПП	Порода	Число деревьев по категориям состояния (шт. на га / % от всего)						Всего деревьев, шт./га
		I	II	III	IV	V	VI	
Древостои естественного происхождения на постоянно лесных землях (ЕПЛ)								
ПП02	Е	235	180	80	30	0	0	525
	Д	25	30	15	0	0	0	70
	Кл	20	35	65	15	0	0	135
	Лп	40	50	20	20	0	0	130
	Ос	20	20	5	0	0	0	45
	Итого	340 / 37,6	315 / 34,8	185 / 20,4	65 / 7,2	0 / -	0 / -	905
ПП07	Е	175	145	120	50	0	20	510
	Б	20	20	10	0	0	5	55
	Д	25	20	5	0	0	0	50
	Кл	0	0	5	0	0	0	5
	Ос	25	25	10	5	0	0	65
	С	25	0	0	0	0	0	25
	Итого	270 / 38,0	210 / 29,6	150 / 21,1	55 / 7,7	0 / -	25 / 3,5	710
ПП12	Е	152	84	64	20	8	8	336
	Б	4	12	12	0	0	4	32
	Д	8	4	4	0	0	4	20
	Лп	4	8	16	12	0	0	40
	Ос	40	44	4	0	0	0	88
	Итого	208 / 40,3	152 / 29,5	100 / 19,4	32 / 6,2	8 / 1,6	16 / 3,1	516
Лесные культуры на постоянно лесных землях (ЛКЛ)								
ПП01	Е	195	140	25	20	15	65	460
	Д	0	5	5	0	5	0	15
	Кл	10	15	15	0	0	0	40
	Лп	130	140	120	30	10	10	440
	Ос	45	20	30	0	0	0	95
	Итого	380 / 36,2	320 / 30,5	195 / 18,6	50 / 4,8	30 / 2,9	75 / 7,1	1050
ПП04	Е	363	204	215	99	33	154	914
	Б	61	17	6	0	0	11	95
	С	0	0	0	0	0	6	6
	Итого	424 / 36,3	221 18,9	221 / 18,9	99 / 8,5	33 / 2,8	171 / 14,6	1169
ПП08	Е	265	255	110	40	35	55	760
	Б	0	0	5	0	0	0	5
	С	10	10	10	5	0	5	40
	Итого	275 / 34,2	265 / 32,9	125 / 15,5	45 / 5,6	35 / 4,3	60 / 7,5	805
Древостои естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (ЕПСХ)								
ПП03	Е	133	87	38	4	4	30	296
	Д	19	15	11	0	0	4	49
	Кл	38	53	38	4	0	0	133
	Лп	53	46	61	30	0	8	198
	Ос	30	49	23	0	0	0	102
	Итого	273 / 35,1	250 / 32,1	171 / 22,0	38 / 4,9	4 / 0,5	42 / 5,4	778
ПП06	Е	215	65	50	25	0	20	375
	Д	45	45	20	0	0	25	135
	Кл	15	15	10	0	0	5	45
	Лп	0	5	10	0	0	0	15
	Ос	15	40	5	0	0	0	60
	Итого	290 / 46,0	170 / 27,0	95 / 15,1	25 / 4,0	0 / -	50 / 7,9	630
ПП11	Е	236	84	96	108	24	24	572
	Д	44	80	56	0	12	28	220
	Кл	8	4	0	0	0	0	12
	Ос	4	4	0	0	0	0	8
	С	4	0	0	0	0	0	4
	Итого	296 / 36,3	172 / 21,1	152 / 18,6	108 / 13,2	36 / 4,4	52 / 6,4	816
Лесные культуры на бывших сельскохозяйственных землях (ЛКСХ)								
ПП05	Е	250	190	95	55	15	25	630
	Д	0	5	0	0	5	0	10
	Ос	10	0	0	0	0	0	10
	Итого	260 / 40,0	195 / 30,0	95 / 14,6	55 / 8,5	20 / 3,1	25 / 3,8	650
ПП09	Е	130	105	165	160	35	20	615
	Б	15	20	25	0	10	0	70
	Кл	10	25	20	5	0	0	60
	Лп	0	15	30	5	0	0	50
	Ос	5	5	5	0	0	5	20
	С	5	5	0	0	5	5	20
	Итого	165 / 19,8	175 / 21,0	245 / 29,3	170 / 20,4	50 / 6,0	30 / 3,6	835
ПП10	Е	295	115	105	95	25	40	675
	Д	0	5	5	20	0	5	35
	Итого	295 / 41,5	120 / 16,9	110 / 15,5	115 / 16,2	25 / 3,5	45 / 6,3	710

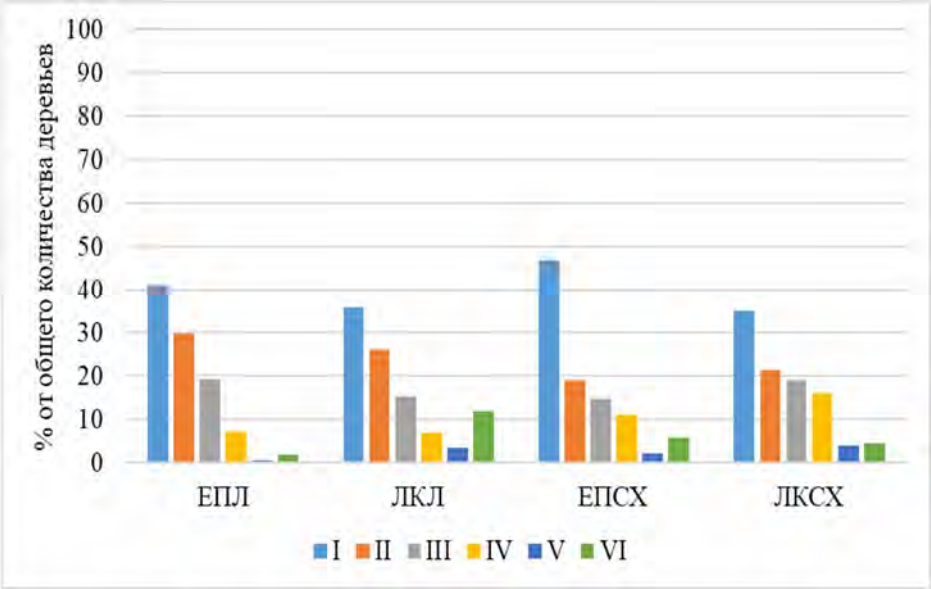


Рис. 3. Распределение деревьев ели по категориям состояния в зависимости от происхождения насаждений

Fig. 3. Distribution of spruce trees by condition categories depending on the origin of the stands

Таблица 3. Средний балл категорий состояния деревьев различных пород в насаждениях различного происхождения

Table 3. Average score of condition categories of trees of different species in plantations of different origins

Породы	Постоянно лесные земли		Ранее сельскохозяйственные земли	
	Естественные древостои	Лесные культуры	Естественные древостои	Лесные культуры
Ель	2,03	2,48	2,16	2,46
Дуб	2,02	3,33	2,48	3,67
Клен	2,78	2,13	1,91	2,33
Липа	2,53	2,27	2,59	2,80
Осина	1,73	1,84	1,75	2,00
Береза	2,46	2,44	–	2,57
Сосна	1,00	4,38	1,00	3,50
Все породы	2,07	2,69	1,98	2,76

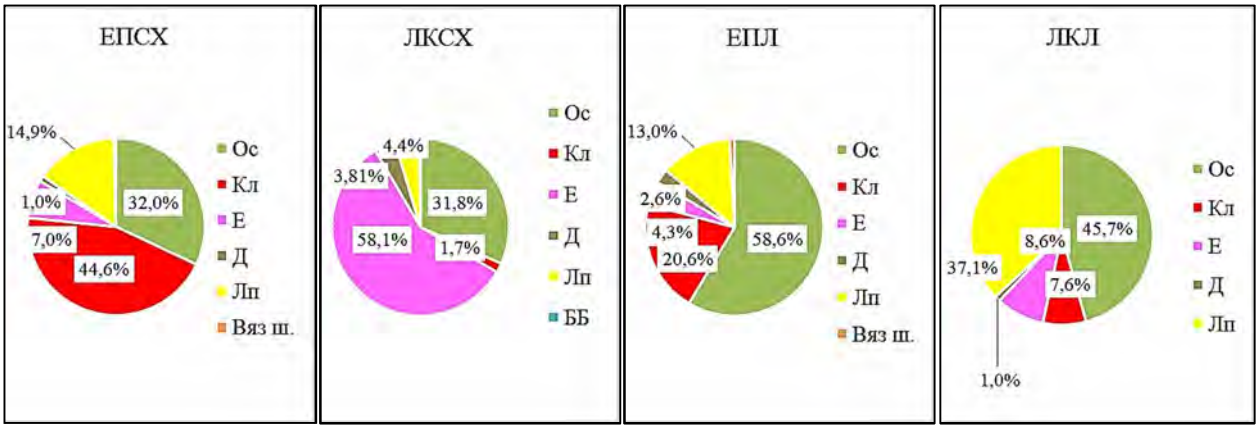


Рис. 4. Соотношение пород в составе естественного возобновления в ельниках различного происхождения

Fig. 4. The ratio of species in the composition of natural regeneration in spruce forests of different origins

Анализ возобновления по категориям состояния (рис. 5) показал, что естественные насаждения на лесных и сельскохозяйственных землях отличаются более здоровым подростом, однако и усыхающие особи подроста чаще встречаются в естественных насаждениях на лесных землях. Постепенный выход лиственных пород в древостой ведет к дальнейшему формированию еловошироколиственных насаждений.

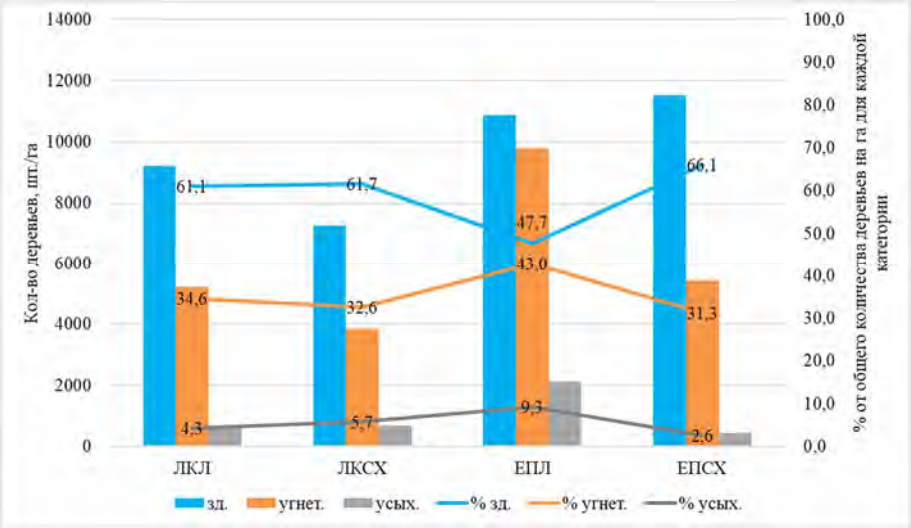


Рис. 5. Численность и доля подроста различных категорий состояния в ельниках различного происхождения

Fig. 5. The number and proportion of undergrowth of different condition categories in spruce forests of different origins

Заключение

В целом анализ распределения деревьев по категориям состояния на всех пробных площадях показал, что доля ослабленных деревьев в лесных культурах заметно выше по сравнению с естественными лесами (средние категории состояния деревьев 2,72 и 2,02 соответственно), особенно в культурах на бывших сельскохозяйственных землях (средняя категория состояния составляет 2,76). Наиболее устойчивыми ко всему комплексу неблагоприятных воздействий являются еловые леса естественного происхождения на постоянно лесных и на ранее использовавшихся для сельского хозяйства землях.

Это совпадает с ранее полученными нами результатами [5], в соответствии с которыми показано, что основными признаками происхождения, оказывающими влияние на биологическую устойчивость сосновых хвойных лесов, являются (в порядке снижения значимости): 1) категория земель, на которых появилось насаждение (лесные или сельскохозяйственные), 2) происхождение (естественное или искусственное), 3) состав насаждений (чистые или смешанные), 4) лесная формация. Аналогичная зависимость прослеживается и в исследованных еловых лесах. Пониженная биологическая устойчивость насаждений на бывших сельскохозяйственных землях принято связывать с особенностями почв [10]. Лесные почвы имеют менее плотное сложение и большую водопроницаемость, особенно по сравнению с почвами пастбищ. Водопроницаемость лесных почв в 3 раза выше, чем почв агроценозов. Кроме того, последние в 15 раз менее устойчивы к заиливанию [11]. Создание лесных культур в таких условиях изначально определяет их пониженную устойчивость независимо от состава в первые несколько десятилетий после появления древесной растительности.

Фактически это означает, что лесоводство на бывших сельскохозяйственных землях требует особых технологий лесоразведения и лесовыращивания, обеспечивающих повышение устойчивости создаваемых древостоев. В частности, необходимо ориентироваться на естественные сукцессии, протекающие на нарушенных землях. При лесоразведении необходимо использовать естественное или искусственное (если невозможно достичь появления леса естественным путем) лесовосстановление пионерными лиственными породами: на минеральных почвах это бе-

реза повислая, осина, ольха серая (в северных регионах). Использование лиственных пород ускоряет почвообразовательные процессы, что сокращает период восстановления плодородия и возврата свойств нарушенных почв к лесным почвам. Только через несколько десятков лет в древостоях пионерных пород можно будет увеличивать долю хвойных или широколиственных пород без повышения вероятности их гибели.

Также при лесовосстановлении и лесоразведении (если сохранится практика создания лесных культур хвойных и широколиственных пород на старопахотных землях) необходимо поддерживать долю хвойных и широколиственных пород не больше 6 единиц в составе. Это позволит снизить вероятность нарушения биологической устойчивости лесов в несколько раз, а для лесных культур сосны на старопахотных землях – более чем в 20 раз.

Породный состав ельников кисличных естественного происхождения значительно богаче, чем соответствующих им по возрасту лесных культур. По-видимому, такое увеличение разнообразия породного состава насаждений также ведет и к повышению их биологической устойчивости.

Литература

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь от 01.01.2024. Минск: РУП Белгослес, 2024. – 87 с.

2. Харитонова, Н. З. Лесная энтомология / Н. З. Харитонова. – Минск: Высшая школа, 1994. – 356 с.

3. Рожков, А. А. Устойчивость лесов / А. А. Рожков, В. Т. Козак. – Минск: Агропромиздат, 1989. – 239 с.

4. Сравнительная продуктивность естественных и искусственных еловых насаждений различной возрастной и типологической структуры в лесорастительных условиях Беларуси / В. В. Усеня [и др.]. // Лесное хозяйство: материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. / БГТУ. – Минск, 2023. – С. 424–426.

5. Ермохин, М. В. Биологическая устойчивость лесов различного происхождения / М. В. Ермохин, А. А. Сазонов, Я. К. Игнатьев // Труды БГТУ. Сер. 1. – 2023. – № 1 (264). – Минск. – С. 49–60.

6. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск, Наука и техника. – 1982.– № 2. – 325 с.

7. Влияние диких копытных на состояние и структуру лесных насаждений в охотничьем вольере Пашуковского лесничества НП «Беловежская пуща» / М. В. Ермохин [и др.] // Беловежская пуща. Исследования. – Брест, 2019. – № 17. – С. 5–27.

8. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. – Минск: РУП Белгослес, 2016. – 21 с.

9. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie, Grundzügeder Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – Wien; NewYork : Springer-Verlag, 1964. – XIV, 865 p.

10. Бобровский, М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 359 с.

11. Хушназар Рахматуллозода, Х. Р. Изменение свойств лесных почв под влиянием сельскохозяйственного пользования: дис. кандидат сельскохозяйственных наук: 06.03.03 / Х. Р. Хушназар Рахматуллозода; Московский государственный университет леса. – Москва, 2000. – 126 с.

Поступила в редакцию 01.11.2024 г.

УДК 581.524.42

Д. Г. ГРУММО, Р. В. ЦВИРКО, Е. Я. КУЛИКОВА,
Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, Е. В. МОЙСЕЙЧИК, Н. М. РОГОВСКИЙ

СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОДЗОНЫ ДУБОВО-ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. Изучена структура и состояние растительности подзоны дубово-темнохвойных (широколиственно-еловых) лесов Беларуси. Растительный покров занимает 58,7% исследуемой территории и представляет собой сложное сочетание природных и антропогенно-трансформированных фитоценозов.

Лесистость района исследования составляет 51,8%. Здесь представлены хвойные (38,5% лесопокрытой площади), широколиственно-хвойные (13,5%), широколиственные (2,0%), мелколиственные производные (32,1%) и лиственные коренные леса на болотах (13,9%). Открытые (нелесные) болота занимают 171,1 тыс. га (3,5%). Среди естественной болотной растительности преобладают фитоценозы олиготрофного (74,0 тыс. га – 1,0%) и евтрофного экологического ряда (72,3 тыс. га – 0,8%). Луга представлены 2 крупными категориями: пойменными (68,8 тыс. га – 1,4%) и внепойменными (215,6 тыс. га – 4,5%).

По специфике геоботанической структуры и комплекса взаимодействующих природных факторов территория исследования подразделяется на 3 округа и 11 районов. В статье проанализирована современная структура растительности в разрезе единиц геоботанического районирования Беларуси (подзона, округа, районы).

Анализ соотношения площадей коренной и производной растительности свидетельствует, что на значительной части исследуемой территории процессы трансформации имеют интенсивный характер. Участки с высокой долей коренной растительности приурочены к территории Верхнеберезинского (81,4%), Нарочано-Вилейского (82,1%), Браславского (78,9%), Березинского-Друтского (77,9%) геоботанических районов. Наибольшая площадь антропогенно-трансформированных территорий характерна для Дисненского и Оршанско-Приднепровского геоботанических районов.

Ключевые слова: подзона дубово-темнохвойных лесов Беларуси, геоботаническое картографирование, геоботаническое районирование, дистанционное зондирование Земли, структура растительности, состояние растительности, коренная и производная растительность.

D. G. GRUMMO, R. V. TSVIRKO, E. Y. KULIKOVA,
N. A. ZELIANKEVICH, E. V. MOJSEJCHIK, N. M. ROGOVSKY

MODERN VEGETATION STRUCTURE OF THE OAK-DARK CONIFEROUS FORESTS SUBZONE IN BELARUS

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

Annotation. The vegetation structure and condition of the oak-dark coniferous (broadleaf-spruce) forest subzone in Belarus studied. Modern natural vegetation cover occupies 58.7% of the study area; it is a complex combination of plant communities natural and anthropogenically transformed types.

The study area forest cover is 51.8%. It includes coniferous (38.5% of the forested area), broadleaf-coniferous (13.5%), broadleaf (2.0%), small-leaved derivatives (32.1%) and deciduous primary forests in mires (13.9%). Non-forest mires occupy 171.1 thousand hectares (3.5%). Among the natural mire vegetation, phytocenoses of the oligotrophic (74.0 thousand hectares – 1.0%) and eutrophic (72.3 thousand hectares – 0.8%) ecological series prevail. Meadows represented by two large categories: floodplain (68.8 thousand hectares – 1.4%) and non-floodplain (215.6 thousand hectares – 4.5%).

The research territory divided into 3 districts and 11 regions according to the geobotanical structure specifics and the interacting natural factors complex. The article analyzes the vegetation cover structure and condition in the context of geobotanical zoning units (subzone, districts, and regions) in Belarus.

An analysis of the native and secondary vegetation areas ratio shows that the vegetation transformation processes are intensively occurring in the research territory significant part. Areas with preserved native vegetation confined to the

Verkhneberezinsky (81.4%), Narochano-Vileisky (82.1%), Braslavsky (78.9%), Berezinsky-Drutsky (77.9%) geobotanical regions territory. The largest area of the anthropogenically transformed territories is characteristic to the Disnensky and Orsha-Pridneprovsky geobotanical regions.

Keywords: oak-dark coniferous forests subzone in Belarus, geobotanical mapping, geobotanical zoning, Earth remote sensing, vegetation structure, vegetation cover state, native and secondary vegetation.

Введение

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 [1]. Картографический метод представляется наиболее эффективным как в рамках описания структуры самой растительности, так и в категориях ее специализированной оценки и прогнозирования [2–6 и др.].

На протяжении несколько десятилетий (1960–1990-е гг.) белорусские ученые осуществляли детальное изучение растительности страны с созданием серий средне- и мелкомасштабных геоботанических карт. Следует отметить, что среднемасштабная (М 1:600 000) карта растительности Белорусской ССР (1979) – единственная карта такого масштаба в СССР, которая была опубликована в открытой печати и, по мнению Т. К. Юрковской [7], стала «сенсацией» для всех геоботаников страны.

Однако к настоящему времени существующие геоботанические карты страны, несомненно, устарели, поскольку за прошедшие 50 лет структура растительности существенно изменилась. За этот период на территории страны реализован ряд крупномасштабных социально-экономических проектов (мелиорация Полесья, индустриальное и аграрное развитие регионов), выделена зона отчуждения после аварии на ЧАЭС, значительно усилился антропогенный пресс на природную среду.

Учитывая актуальность вопроса современной инвентаризации фитоценотического разнообразия Беларуси, нами на основе исследований последнего десятилетия составлена среднемасштабная (М 1:100 000) геоботаническая карта и на основе ее анализа проведена оценка современной структуры растительности страны.

В настоящей публикации обсуждены результаты исследований для геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов (северной).

Объекты (материалы) и методы исследования

Объект исследования – растительность геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов. Подзона охватывает Белорусское Поозерье и основные высоты центрального водораздела Беларуси: Оршанскую и Минскую возвышенности, Ошмянские гряды, а также Оршано-Могилевское плато и северную наиболее приподнятую часть Центрально-Березинской равнины (рис. 1, 2) [8].

Согласно ботанико-географическому районированию [9] территория подзоны расположена в границах Валдайско-Онежской подпровинции Северотаежной провинции Евроазиатской таежной (хвойнолесной) области.

Среднемасштабная геоботаническая карта Беларуси составлена на основе результатов обработки данных дистанционного зондирования Земли (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 высокими и стабильными показателями точности (в среднем в зависимости от региона исследования в пределах 82,3–87,6%).

В обобщенном виде работа по тематическому картографированию и анализу растительности состояла из 4 этапов [10–16].

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

2. *Полевые исследования* предусматривали наземное дешифрирование растительности по данным дистанционного зондирования. Для описания фитоценотического состава растительного покрова использовали маршрутно-детальный метод. На постоянных пробных площадях изучали сукцессии и динамику фитоценозов, проводили картирование на ключевых участках. При этом использовали общепринятые [17] и авторские методики [10–16, 18, 19 и др.].

3. *Постполевой (камеральный) этап* включал подготовку картографической основы, система-

тизацию 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, генерализацию, создание составительского оригинала карты.

На геоботанической карте отображена современная структура растительности, которая включает как коренные, так и производные фитоценозы, находящиеся на разных стадиях восстановления. При составлении тематической карты использовали единицы эколого-фитоценотической классификации.



Рис. 1. Геоботаническое районирование Беларуси (по [20])

Fig. 1. Geobotanical zoning of Belarus (according to [20])

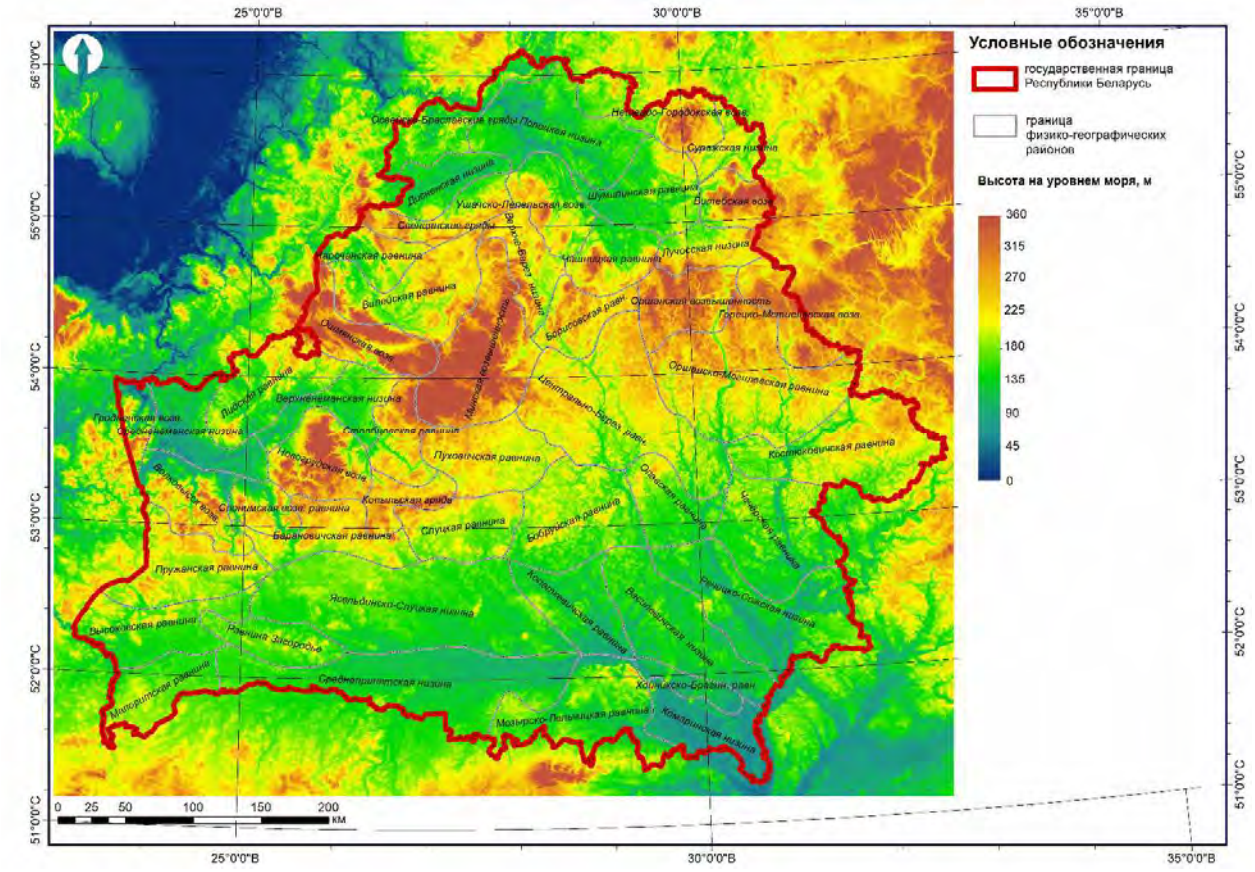


Рис. 2. Физико-географическое районирование и рельеф Беларуси

Fig. 2. Physico-geographical zoning and relief of Belarus

Растительность лесов подразделена на единицы высшего порядка: хвойные (включая болотные сосновые леса), широколиственно-хвойные, широколиственные, мелколиственные производные и лиственные болотные. Подзаголовками следующего ранга для лесной растительности являются формации, выделенные по преобладанию древесных пород (сосновые, еловые, осиновые, сероольховые, черноольховые и т.д.). В качестве основных картируемых категорий в легенде выступают синтаксоны, близкие к типу леса в понимании отечественной лесотипологической классификации [20], либо группа типов.

Болотная растительность разделена на 3 крупных блока (низинных, переходных и верховых болот). Основной картируемой единицей является тип болотного массива.

Картографическое отражение луговой растительности осуществляли по принципам типологического разнообразия лугов и связи с ландшафтной структурой территории. Луга разделены на две группы: пойменные, формирующиеся в речных долинах и периодически испытывающие затопления, и внепойменные (материковые), развивающиеся на месте сведенных лесов на водоразделах. Основной картируемой единицей является тип луга, который базируется на экологической общности фитоценозов (режиме увлажнения и обеспеченности почв питательными веществами).

Самостоятельным разделом представлены вторичная кустарниковая растительность и мелколесья, а также растительность агроэкосистем.

Номенклатура синтаксономических единиц приведена в соответствии с [21]. Латинские названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [22], мохообразных – по М. С. Игнатову с соавторами [23].

4. *Комплексная пространственная и статистическая обработка тематической карты средствами геоинформационных систем (ГИС), анализ полученных результатов.* С использованием ГИС-инструментария рассчитывали площади групп картируемых синтаксонов как в целом для модельной территории, так и для единиц геоботанического районирования (округи, районы). Составляли сводные таблицы для растительности в разрезе единиц иерархической си-

стемы эколого-фитоценотической классификации[1]. Расчеты производили с помощью стандартных процедур пространственного и статистического анализа в среде ArcGIS 10.7 и Excel.

Для оценки антропогенного нарушения находили соотношение площадей коренной и производной растительности ($V_{k/p}$), определяемое как отношение суммы площадей «коренных» (V_k – условно коренные, кратковременно-производные сообщества лесов, болот, пойменных лугов) типов растительных сообществ (s_{V_k}) к сумме площадей «производной» растительности (V_p – вторичные лиственные леса, искусственные леса, первичные антропогенные леса, нарушенные торфяники с длительно-производными и серийными сообществами, суходольные луга, пахотные земли) в ячейке:

$$V_{k/p} \equiv \frac{\sum s_{V_k}}{\sum s_{V_P}}$$

Для этих целей цифровую геоботаническую карту с сопряженной базой данных разбивали регулярной сетью с размером ячейки 10×10 км. Для каждой ячейки рассчитывали средневзвешенные значения $V_{k/p}$ как в целом для модельной территории, так и в разрезе опорных территориальных единиц (геоботанические округа, районы).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разнообразие геоморфологических условий, специфика гидрологического режима, различный генезис почв определяют высокий уровень разнообразия растительности территории исследования. Растительность занимает 58,7% исследуемой территории и представляет собой сложное сочетание природных и антропогенно-трансформированных типов растительных сообществ. В ее структуре леса занимают 4233,6 тыс. га (88,6%[2]), луга – 284,5 тыс. га (6,0%), открытые (нелесные) болота – 171,1 тыс. га (3,5%), мелколесья и кустарники – 61,4 тыс. га (1,3%), прочие – 28,8 тыс. га (0,6%) (табл. 1, рис. 3).

Лесистость района исследования составляет 51,8%. Хвойные бореальные леса (VACCINIO-PICEETEA[3]) преобладают в регионе и занимают значительные площади (1,63 млн. га или 34,1%). К ним относятся сосновые, в том числе болотные, елово-сосновые и еловые леса, для которых характерно господство во всех ярусах бореальных (таежных) видов растений. В подлеске суходольных хвойных лесов встречаются *Juniperus communis*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, в напочвенном покрове преобладают кустарнички (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) и зеленые мхи (*Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*). Из травянистых растений присутствуют *Calamagrostis arundinacea*, *Convallaria majalis*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Melampyrum pratense*, *Oxalis acetosella*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*. В болотных сосновых лесах в нижних ярусах растительных сообществ основной фон образуют *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum* и сфагновые мхи (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. magellanicum*[4]).

Широколиственно-хвойные леса представляют группу сложных лесов с многоярусной структурой. Распространены они достаточно широко на территории рассматриваемой подзоны и занимают площадь 573,6 тыс. га (12,0%) (см. табл. 1, рис. 3). В древесном ярусе таких лесов высоко постоянство *Acer platanoides* и *Tilia cordata*, в подлеске часто преобладает *Corylus avellana*, с участием *Euonymus verrucosa*, *Lonicera xylosteum*. В напочвенном покрове характерно сочетание неморальных видов (*Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*, *Carex digitata*, *Galium odoratum*, *Galeobdolon luteum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Stellaria holostea*) с бореальными (*Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*).

Широколиственные леса (CARPINO–FAGETEA SYLVATICAE) занимают площадь 84,4 тыс. га или 1,8%, основными ценозообразователями являются *Quercus robur*, *Tilia cordata* и *Acer platanoides* (см. табл. 1, рис. 3). Более половины из них занимают дубравы (46,6 тыс. га).

Значительную долю в составе лесной растительности (586,9 тыс. га или 12,3%) занимают лиственные болотные леса (ALNETEA GLUTINOSAE) с преобладанием *Alnus glutinosa* и *Betula pubescens*, которые приурочены к водотокам,

[1]В статье вследствие ограниченности объема обсуждается структура растительного покрова на уровне типа, группы формаций, формаций и субформаций.

[2]Здесь и далее от площади наземного растительного покрова без учета площадей агроэкосистем.

[3]Здесь и далее в тексте при обсуждении результатов для понимания синтаксономического объема наряду с единицами доминантной классификации приводится номенклатура синтаксонов с использованием флористической классификации (школа Браун-Бланке).

[4] Вид *Sphagnum magellanicum* был разделен по молекулярно-генетическим данным [24]. В данном случае и далее по тексту следует понимать как *Sph. divinum.*

Таблица 1. Структура растительности в разрезе геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов

Table 1. Structure of vegetation cover in the context of geobotanical regions of the oak-dark coniferous forests subzone

Типы растительных сообществ	Площадь по подзоне дубово-темнохвойных лесов		Площадь по основным типам растительных сообществ, тыс. га													
			геоботанический округ													
			Западно-Двинский					Оршанско-Могилевский					Ошмянско-Минский			
			геоботанические районы					геоботанические районы					геоботанические районы			
	тыс. га	%	Браславский	Дисненский	Полоцкий	Суражско-Лучесский	всего по округу	Березинско-Друтский	Беседский	Оршанско-Приднепровский	Сожский	всего по округу	Верхне-Березинский	Минско-Борисовский	Нарочано-Вилейский	всего по округу
Леса	**4233,64**	**88,6**	**31,53**	**239,73**	**685,80**	**725,00**	**1682,05**	**287,57**	**225,78**	**374,16**	**262,33**	**1149,84**	**186,88**	**842,18**	**372,71**	**1401,74**
Сосновые суходольные	1272,69	26,6	12,75	36,59	154,12	85,46	288,93	149,14	51,43	49,93	117,86	368,35	60,21	333,20	222,01	615,41
Сосновые болотные	166,23	3,5	1,78	18,75	34,83	24,50	79,85	24,65	1,43	4,60	2,85	33,53	23,36	17,17	12,33	52,85
Еловые	189,99	4,0	0,58	19,19	42,45	30,89	93,10	8,14	7,18	10,38	7,60	33,30	8,41	38,62	16,55	63,58
Широколиственно-хвойные	573,60	12,0	1,24	28,07	58,52	51,67	139,50	21,67	17,93	150,74	44,15	234,49	9,82	163,79	26,01	199,61
Широколиственные	84,37	1,8	0,19	4,08	6,48	11,32	22,06	3,35	16,53	12,78	7,32	39,98	1,12	17,00	4,21	22,33
Мелколиственные производные	1359,84	28,4	6,05	82,72	262,44	387,20	738,42	60,79	97,41	123,46	63,07	344,74	31,42	193,40	51,86	276,68
Лиственные болотные	586,92	12,3	8,94	50,33	126,96	133,96	320,19	19,83	33,87	22,27	19,48	95,45	52,54	79,00	39,74	171,28
Болота	**171,10**	**3,5**	**2,03**	**28,87**	**23,94**	**19,78**	**74,61**	**24,02**	**10,22**	**8,16**	**7,98**	**50,39**	**14,77**	**15,30**	**16,02**	**46,09**
– верховые	74,02	1,5	0,12	21,29	9,46	10,68	41,54	14,52	0,02	0,40	0,09	15,03	7,84	2,13	7,47	17,44
– переходные	24,82	0,5	0,04	3,43	4,18	2,80	10,44	5,63	0,26	0,34	0,54	6,77	4,04	0,91	2,65	7,60
– низинные	72,26	1,5	1,87	4,16	10,30	6,30	22,63	3,87	9,94	7,42	7,35	28,59	2,89	12,26	5,90	21,05
Кустарники	**61,43**	**1,3**	**0,51**	**3,43**	**6,05**	**8,47**	**18,48**	**2,80**	**1,02**	**7,31**	**4,59**	**15,72**	**3,15**	**19,27**	**4,83**	**27,25**
Луга	**284,46**	**6,0**	**0,77**	**15,70**	**26,09**	**32,40**	**74,95**	**12,75**	**28,02**	**58,54**	**42,06**	**141,37**	**3,57**	**45,68**	**18,88**	**68,13**
– пойменные (заливные) с участками кустарников	68,84	1,5	<0,01	2,72	2,76	4,04	9,52	5,00	3,78	16,01	18,92	43,71	0,76	10,99	3,85	15,60
– внепойменные (материковые)	215,62	4,5	0,77	12,98	23,33	28,36	65,43	7,75	24,24	42,53	23,14	97,66	2,81	34,69	15,03	52,53
Прочие	**28,81**	**0,6**	**0,03**	**8,89**	**2,88**	**3,36**	**15,16**	**1,18**	**0,15**	**0,94**	**1,48**	**3,74**	**1,72**	**5,68**	**2,51**	**9,91**
ВСЕГО	**4779,44**	**100,0**	**34,87**	**296,62**	**744,76**	**789,01**	**1865,25**	**328,32**	**265,19**	**449,11**	**318,44**	**1361,06**	**210,09**	**928,11**	**414,95**	**1553,12**

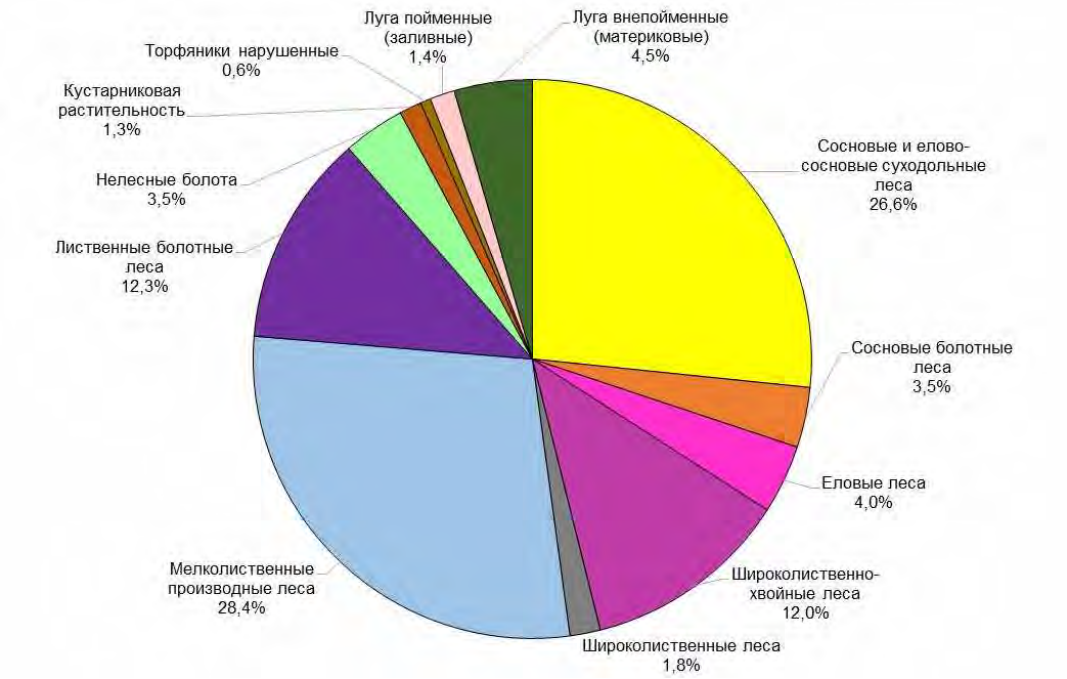


Рис. 3. Современная структура растительности подзоны дубово-темнохвойных лесов, %

Fig. 3. Modern structure of ground vegetation cover of the oak-dark coniferous forests subzone

окраинам открытых болот, локальным понижениям, и нередко образуют крупные массивы с чередованием гигрофитных олиго-мезотрофных сообществ.

Довольно значительные площади (1,36 млн. га или 28,5%) заняты мелколиственными производными лесами с преобладанием *Betula pendula*, *Populus tremula* и *Alnus incana*.

Доля нелесных (открытых) болот в границах северной геоботанической подзоны относительно невелика (171,1 тыс. га – 3,5%), здесь представлены (рис. 2, табл. 1) все основные типы болот таежной зоны – верховые (OXYCOCCO-SPHAGNETEA, 74,0 тыс. га – 1,0%), переходные (SPHAGNO–CARICION CANESCENTIS, 24,8 тыс. га – 0,3%) и низинные (PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA, 72,3 тыс. га – 0,8%).

Луговая растительность (MOLINIO-ARRHENATHERETEA, PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA) занимает 284,5 тыс. га (5,9%) и представлена пойменными и внепойменными лугами (см. табл. 1, рис. 3). Важные для сохранения биоразнообразия заливные луга встречаются фрагментарно в поймах крупных рек региона (Березина, Друть, Днепр, Проня, Сож, Остер) и занимают общую площадь 68,8 тыс. га (1,4%). Внепойменные луга (215,6 тыс. га – 4,5%) не занимают больших массивов и вкраплены среди других типов растительности.

В границах подзоны дубово-темнохвойных лесов кустарники занимают площадь 28,3 тыс. га (или 0,3%) и имеют тенденцию активного распространения. Распространена кустарниковая растительность (FRANGULETEA, SALICETEA PURPUREAE), главным образом, небольшими изолированными участками (см. табл. 1, рис. 3).

Современная структура растительности (рис. 4, см. табл. 1) в разрезе единиц геоботанического районирования (округа, районы) неоднородна, она определена как естественными, так и антропогенными факторами.

Западно-Двинский геоботанический округ

Территориально охватывает бассейн реки Западная Двина. Для данной территории характерна густая гидрографическая сеть, врезанные русла рек и ручьев, пересеченный рельеф, разнообразие озер, имеющих как холмистые, так и низкие заболоченные берега.

Рельеф сложный: моренные холмы и гряды различной выраженности граничат с водно-ледниковыми и озерно-ледниковыми равнинами. Большую часть территории занимают обширная Полоцкая и морфологически связанная с ней Дисненская низины (130–150 м). Их периферийные части приподняты (до 160–190 м) и переходят в возвышенности, которые являются орографическими рубежами Западно-Двинского геоботанического округа. На северо-востоке размещается Нещердо-Городокская, на востоке – Витебская возвышенности, на юге – Чашницкая равнина и Ушачско-Лепельская возвышенность, на западе – Освейско-Браславские гряды. Приподнятое

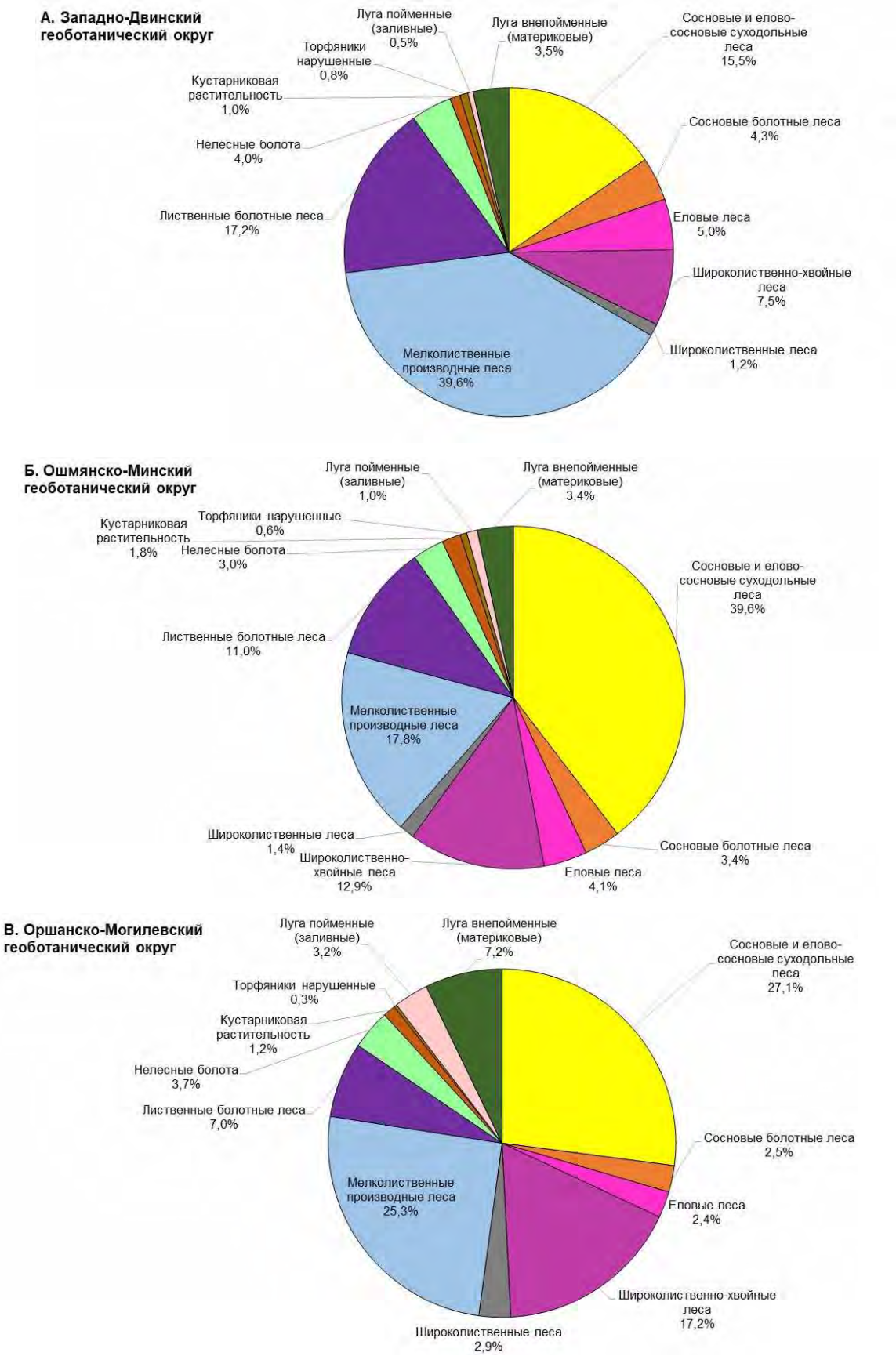


Рис. 4. Современная структура растительности геоботанических округов подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси

Fig. 4. Vegetation modern structure of geobotanical districts of the oak-dark coniferous forests subzone in Belarus

продолжение Полоцкой низины между Нещердо-Городокской и Витебской возвышенностями образует Суражскую низину, к югу от Витебской возвышенности лежит низина р. Лучеса [8].

В структуре почвенного покрова значительные площади занимают дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на моренных глинах и суглинках (Освейская и Браславские гряды, Нещердо-Городокская возвышенность, Чашницкая равнина). В пределах Витебской возвышенности в основном дерново-подзолистые пылевато-суглинистые почвы, развивающиеся на лёссововидных суглинках. Вдоль р. Лучесы, в долине р. Дисна характерны дерново-подзолистые, часто глееватые тяжелосуглинистые почвы, развивающиеся на озерно-ледниковых глинах и суглинках [8]. В Суражской и центральной части Полоцкой низменности, вдоль левобережья р. Березина и в долине р. Эсса развиты более легкие почвы: легкие суглинки и супеси, развивающиеся на отложениях различного механического состава и генезиса.

Сложный рельеф, густая гидрографическая сеть и сильно дифференцированный почвенный покров в значительной мере обуславливают разнообразие и мозаичность фитоценотического облика региона (см. рис. 4). Преобладают мелколиственные производные (738,4 тыс. га – 39,6%), лиственные болотные (320,2 тыс. га – 17,2%), сосновые и сосново-еловые суходольные (288,9 тыс. га – 15,5%) леса. Участие других типов сообществ относительно невысокое: широколиственно-хвойные занимают 139,5 тыс. га (7,5%), ельники – 93,1 тыс. га (5,0%), открытые (нелесные) болота – 74,62 тыс. га (4,0%), сосновые леса на болотах – 79,9 тыс. га (4,3%), внепойменные (материковые) луга – 65,4 тыс. га (3,5%). Фрагментарно в регионе представлены широколиственные леса (22,1 тыс. га – 1,2%) (см. табл. 1, рис. 4).

В сравнении с фитоценотической структурой других геоботанических округов северной подзоны для Западно-Двинского округа характерна высокая доля производных лесов (39,6%). Их генезис, главным образом, связан с активным заболачиванием и зарастанием земель, выведенных из хозяйственного оборота (рис. 5). Необходимо также отметить наименьшую долю сосновых и еловo-сосновых лесов (15,5%) по сравнению с другими округами (см. табл. 1, рис. 4).

Далее приведена краткая характеристика структуры растительности в разрезе районов, образующих Западно-Двинский геоботанический округ.

Полоцкий геоботанический район. Сосновые суходольные леса занимают 20,7%, но сплошных однородных массивов здесь мало (см. табл. 1, рис. 6). Наиболее характерны сосняки в границах Нещердо-Городокской возвышенности (северная часть геоботанического района): к востоку от озера Освейское (межречье рр. Свольна, Нища), южнее озера Лисно, в межречье верхнего течения рр. Дриссы и Полоты и лесных массивах, окаймляющих течение рр. Ушача, Сосница (рис. 7). Для этих мест характерны дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы и холмистый рельеф, что обуславливает преобладание зеленомошных боров (DICRANO–PINION SYLVESTRIS), чередующихся с лесными и открытыми болотами (прежде всего верхового типа).

Еловые (5,7%) и широколиственно-еловые (7,9%) леса занимают компактные массивы и приурочены к наиболее богатым дерново-подзолистым супесчаным, суглинистым и даже глинистым почвам. Типологическая структура ельников довольно однообразна. В лесных массивах вдоль рр. Дрисса, Полота, Дивать основной фон образуют ельники чернично-зеленомошные (acc. *Sphagno girgensohnii–Piceetum abietis*). Крупные массивы в северной и южной частях геоботанического района образуют ельники мелкотравно-зеленомошные (acc. *Querco roboris–Piceetum abietis*) с небольшой примесью широколиственных пород (см. табл. 1, рис. 7).

В центральной части геоботанического района (в пределах Полоцкой низины) фон образуют лиственные болотные леса (17%). Широколиственных лесов очень мало (0,9%). Интенсивные рубки лесов в прошлом и зарастание бывших сельскохозяйственных земель (с конца 1980-х гг.) объясняют значительную долю мелколиственных производных лесов (35,2%) (см. рис. 5–7).

В пределах Полоцкого геоботанического района преобладают типичные верховые болота (OXYCOCCO-SPHAGNETEA), в растительности которых наряду с восточными элементами – *Chamaedaphne calyculata*, *Sphagnum majus*, *Sph. fuscum* – сильны позиции некоторых субатлантических и западноевропейских видов – *Calluna vulgaris*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. rubellum*. Для болот характерны выраженные грядово-мочажинные комплексы (ГМК). Крупные болотные массивы отмечены к западу от озера Освейское, а также болота в окрестностях г.п. Россоны. Крупных массивов низинных болот и пойменных лугов нет (см. рис. 7).

Суражско-Лучесский геоботанический район характеризуется значительным преобладанием вторичных мелколиственных лесов (49,1%), которые занимают крупные массивы в центральной и северной частях (см. рис. 7).

Сосновые леса занимают небольшие площади и сосредоточены преимущественно на склонах Нещердо-Городокской возвышенности (вдоль

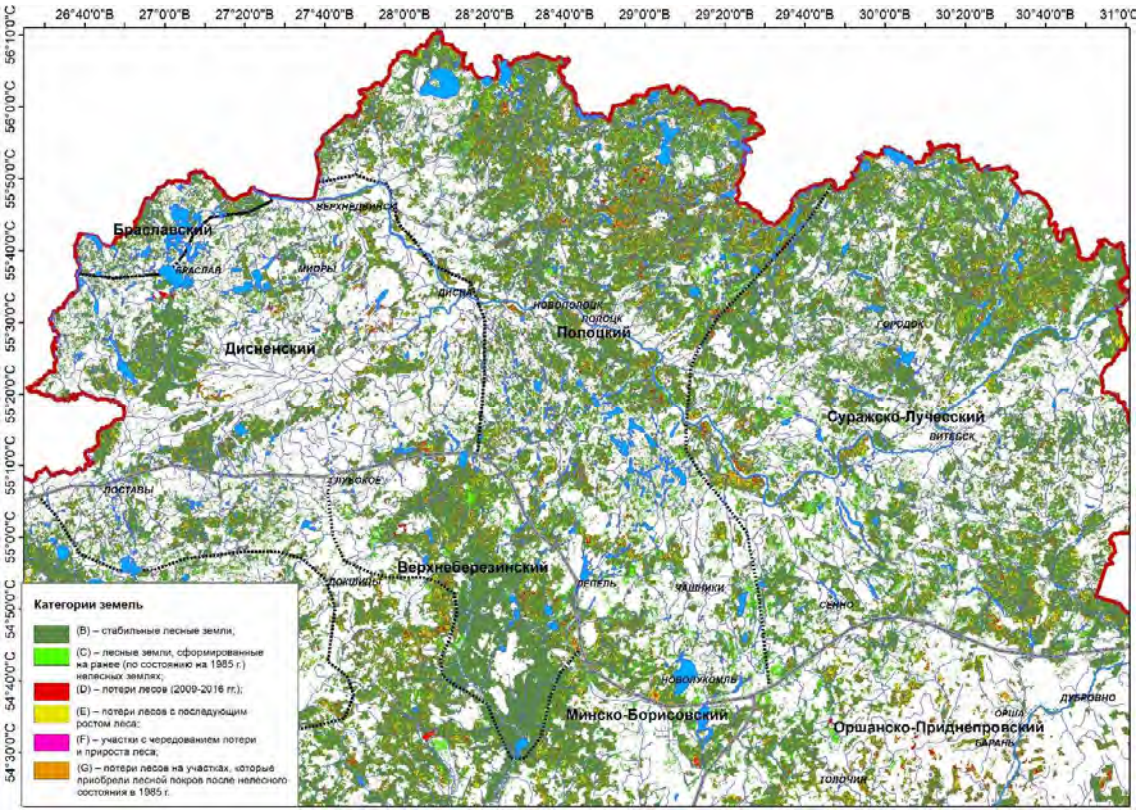


Рис. 5. Динамика лесов территории Западно-Двинского геоботанического округа

Fig. 5. Dynamics of forests in the Western Dvina geobotanical district

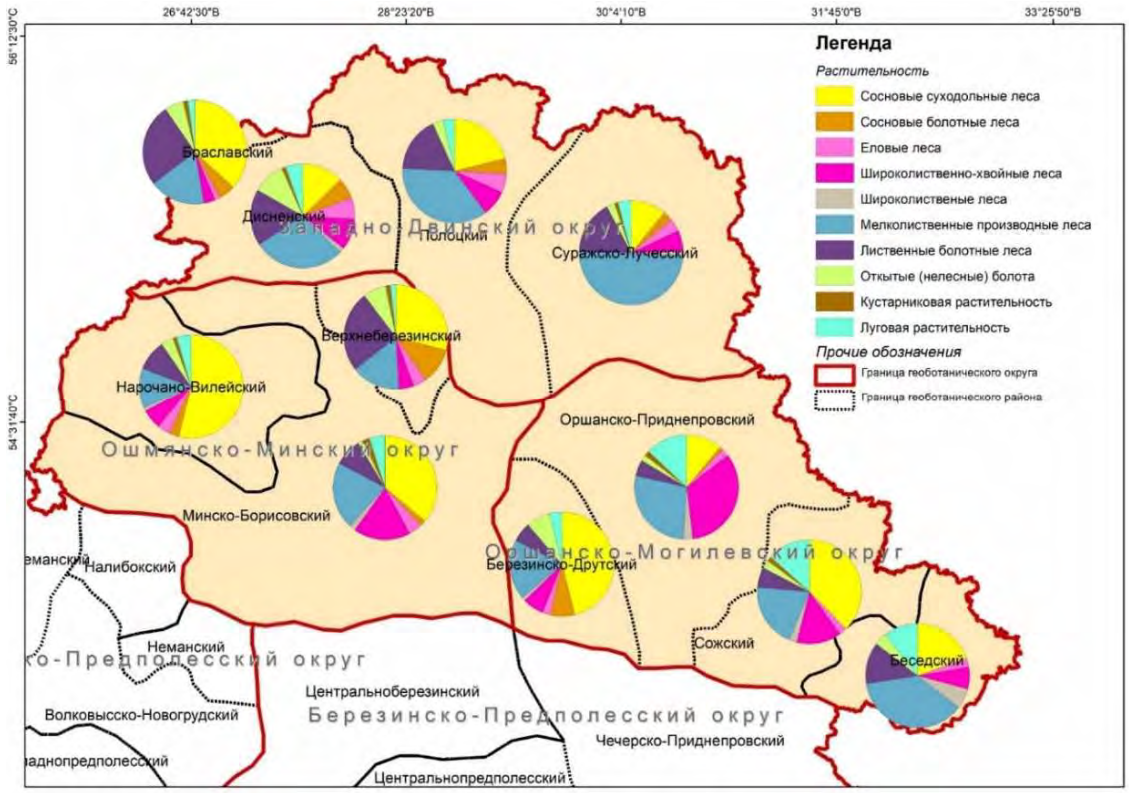


Рис. 6. Структура растительности геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси

Fig. 6. Structure of vegetation in geobotanical regions of the oak-dark coniferous forests subzone in Belarus

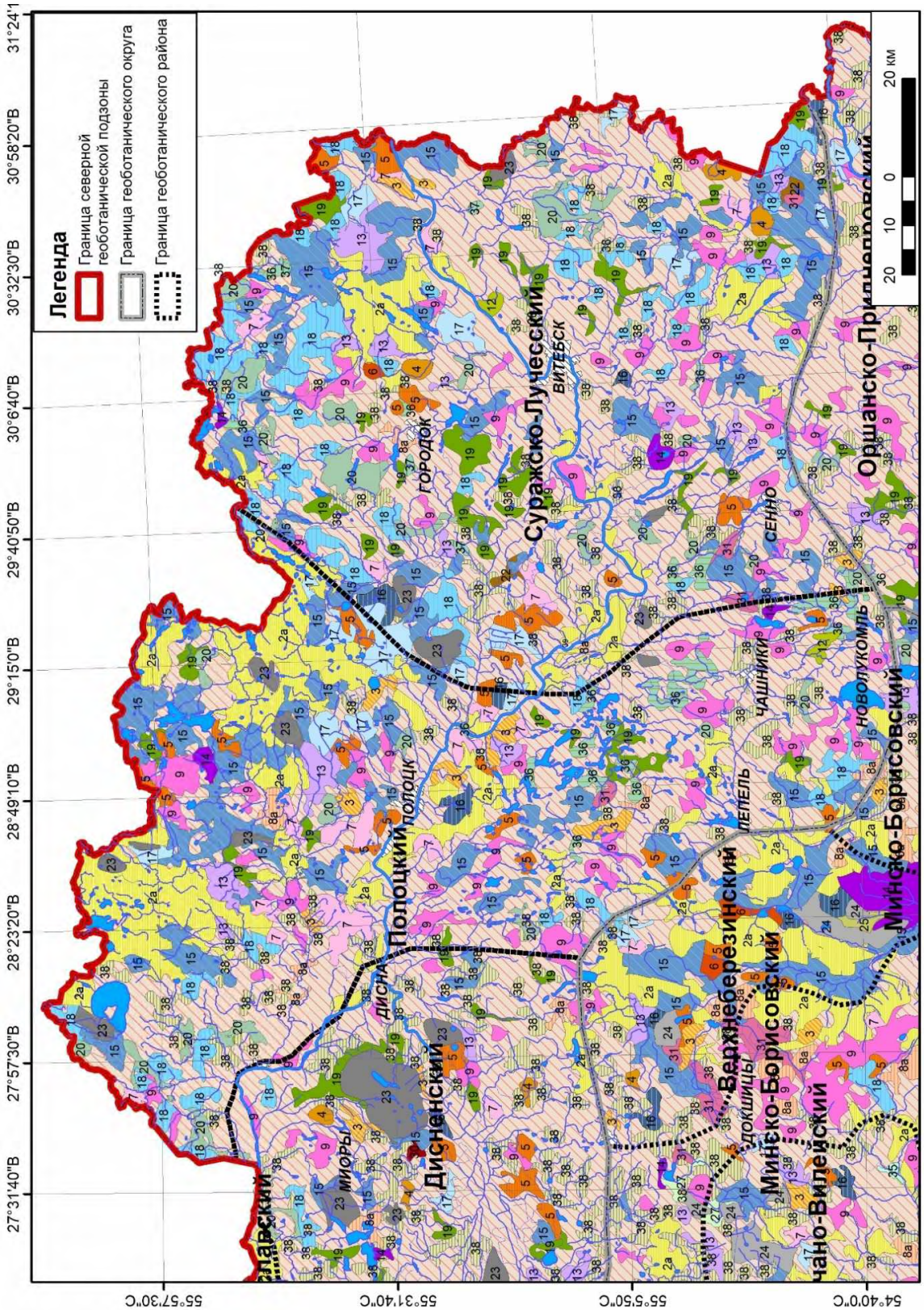


Рис. 7. Структура растительности Полоцкого и Суражско-Лучесского геоботанических районов

Fig. 7. Structure of the vegetation cover of the Polotsk and Surazhsko-Luchessky geobotanical regions

ЛЕГЕНДА КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ
I. ХВОЙНЫЕ ЛЕСА
СОСНОВЫЕ (*PINUS SYLVESTRIS*) ЛЕСА

1. Сосновые вересково-лишайниково-зеленомошные (*Calluna vulgaris*, *Cladonia* spp., *Dicranum polysetum*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, *Pleurozium schreberi*)
2. Сосновые кустарничково-зеленомошные (*Festuca ovina*, *Melampyrum pratense*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*)

2а. с участием ели (*Picea abies*)
2б. с участием ели (*Picea abies*) и дуба (*Quercus robur*)
3. Сосновые чернично-зеленомошные (*Lycopodium annotinum*, *Molinia caerulea*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*)
4. Сосновые кустарничково-сфагново-долгомошные (*Carex nigra*, *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*, *Sph. fallax*)
5. Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые (*Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Sphagnum angustifolium*, *Sph. magellanicum*) на верховых болотах
6. Пушистоберезово-сосновые травяно-осоково-сфагновые (*Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *C. lasiocarpa*, *C. chordorrhiza*, *Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*, *Phragmites australis*, *Calliergonella cuspidata*, *Sphagnum centrale*, *Sph. magellanicum*, *Sph. fallax*, *Sph. girgensohnii*, *Sph. squarrosum*) на переходных и низинных болотах

ЕЛОВЫЕ (*PICEA ABIES*) ЛЕСА

7. Еловые и сосново-еловые чернично-зеленомошные в сочетании с долгомошными (*Calamagrostis arundinacea*, *Goodyera repens*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum girgensohnii*, *Polytrichum commune*)

II. ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫЕ ЛЕСА
ШИРОКОЛИСТВЕННО (*ACER PLATANOIDES*, *CARPINUS BETULUS*, *CORYLUS AVELLANA*, *QUERCUS ROBUR*, *TILIA CORDATA*)-СОСНОВЫЕ (*PINUS SYLVESTRIS*) ЛЕСА

8. Широколиственно-сосновые мелкотравные (*Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Hepatica nobilis*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*)

8а. со значительным участием ели (*Picea abies*) и разреженным моховым покровом (*Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*)
8б. с участием ели (*Picea abies*) и граба (*Carpinus betulus*)

ШИРОКОЛИСТВЕННО (*ACER PLATANOIDES*, *CARPINUS BETULUS*, *CORYLUS AVELLANA*, *QUERCUS ROBUR*, *TILIA CORDATA*)-ЕЛОВЫЕ (*PICEA ABIES*) ЛЕСА

9. Широколиственно-еловые снытево-кисличные в сочетании с приручьевыми (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex digitata*, *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Hepatica nobilis*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Stellaria holostea*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium affine*, *Rhodobryum roseum*)

III. ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ (*ACER PLATANOIDES*, *CARPINUS BETULUS*, *FRAXINUS EXCELSIOR*, *QUERCUS ROBUR*, *TILIA CORDATA*) ЛЕСА
ДУБОВЫЕ (*QUERCUS ROBUR*) ЛЕСА

10. Дубовые снытево-кисличные в сочетании с чернично-орляковыми (*Aegopodium podagraria*, *Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Melampyrum nemorosum*, *Melica nutans*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Pteridium aquilinum*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*)

10а. с участием ели (*Picea abies*)
11. Дубравы пойменные (*Deschampsia cespitosa*, *Lysimachia nummullaria*, *L. vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Poa pratensis*)

СМЕШАННЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ (*ACER PLATANOIDES*, *CARPINUS BETULUS*, *FRAXINUS EXCELSIOR*, *QUERCUS ROBUR*, *TILIA CORDATA*) ЛЕСА

12. Смешанные широколиственные снытево-кисличные с преобладанием клена, липы, ольхи черной, ясеня, вяза (*Acer platanoides*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*; *Aegopodium podagraria*, *Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *C. sylvatica*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*)

12а. со значительным участием граба (*Carpinus betulus*)

IV. ЛИСТВЕННЫЕ КОРЕННЫЕ ЛЕСА НА БОЛОТАХ
ЧЕРНООЛЬХОВЫЕ (*ALNUS GLUTINOSA*) ЛЕСА

13. Черноольховые крапивно-кочедыжниковые в сочетании с таволговыми (*Athyrium filix-femina*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Cirsium oleraceum*, *Dryopteris filix-mas*, *Festuca gigantea*, *Ficaria verna*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica, U. galeopsifolia*)
14. Пушистоберезово-черноольховые гигрофильнотравно-осоковые (*Calla palustris*, *Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. pseudocyperus*, *C. riparia, C. vesicaria*, *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Phragmites australis*, *Ranunculus lingua*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*)

ПУШИСТОБЕРЕЗОВЫЕ (*BETULA PUBESCENS*) ЛЕСА

15. Пушистоберезовые осоково-гигрофильнотравные (*Calla palustris, Carex acutiformis, C. appropinquata, C. cinerea, C. elongata, Comarum palustre, Equisetum fluviatile, Filipendula ulmaria, Lycopus europaeus, Menyanthes trifoliata, Naumburgia thyrsiflora, Peucedanum palustre, Phragmites australis, Ranunculus lingua, Thelypteris palustris*) на низинных болотах
16. Сосново-пушистоберезовые осоково-травяно-сфагновые (*Calamagrostis canescens*, *Carex lasiocarpa*, *C. nigra*, *C. rostrata*, *Comarum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Menyanthes trifoliata*, *Peucedanum palustre*, *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Sphagnum centrale*, *Sph. fallax*) на переходных болотах

V. МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА
ПОВИСЛОБЕРЕЗОВЫЕ (*BETULA PENDULA*) ЛЕСА

17. Повислоберезовые кустарничково-травяно-зеленомошные (*Agrostis tenuis, Calamagrostis epigeios, Calluna vulgaris, Carex ericetorum, Festuca ovina, Melampyrum pratense, Molinia caerulea, Orthilia secunda, Pilosella officinarum, Pteridium aquilinum, Rumex acetosella, Vaccinium vitis-idaea, V. myrtillus, Dicranum polysetum, Pleurozium schreberi*) на месте подтаежных еловых и елово-сосновых лесов

18. Повислоберезовые снытево-кисличные (*Aegopodium podagraria, Ajuga reptans, Anemone nemorosa, Carex digitata, Galeobdolon luteum, Galium odoratum, Hepatica nobilis, Lathyrus vernus, Maianthemum bifolium, Milium effusum, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Stellaria holostea*) на месте широколиственных и широколиственно-еловых лесов

ОСИНОВЫЕ (*POPULUS TREMULA*) ЛЕСА

19. Осиновые снытево-кисличные в сочетании с вейниково-черничными (*Aegopodium podagraria*, *Anemone nemorosa*, *Calamagrostis arundinacea*, *Carex sylvatica*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Maianthemum bifolium*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus*)

СЕРООЛЬХОВЫЕ (*ALNUS INCANA*) ЛЕСА

20. Сероольховые кислично-снытевые в сочетании с папоротниково-крапивными (*Aegopodium podagraria, Anemone nemorosa, Asarum europaeum, Athyrium filix-femina, Carex sylvatica, Chaerophyllum aromaticum, Chrysosplenium alternifolium, Dryopteris filix-mas, Festuca gigantea, Filipendula ulmaria, Galeobdolon luteum, Impatiens noli-tangere, Mercurialis perennis, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Polygonatum multiflorum, Pulmonaria obscura, Stellaria nemorum*)

КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

21. Ивовые заросли в поймах рек (*Salix alba, S. fragilis, Humulus lupulus, Filipendula ulmaria, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Rubus caesius, Phalaroides arundinacea, Veronica longifolia, Urtica galeopsifolia*)

22. Ивняки (*Salix aurita*, *S. cinerea*, *S. pentandra*) мезоевтрофные

БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

ВЕРХОВЫЕ СФАГНОВЫЕ БОЛОТА

23. Кустарничково-сфагновые (*Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*) со вторичными озерками и сфагновыми мочажинами (*Sphagnum cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. majus*, *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*) в центре и на склонах, с периферийным рядом мезотрофных и мезоевтрофных ассоциаций

24. Сосново-кустарничково-сфагновые (*Sphagnum magellanicum*, *Calluna vulgaris*, *Pinus sylvestris f. litwinowii*) со сфагновыми мочажинами (*Sphagnum balticum*, *Sph. cuspidatum*, *Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*, *Scheuchzeria palustris*) с периферийным рядом мезотрофных и евтрофных ассоциаций

ПЕРЕХОДНЫЕ СФАГНОВЫЕ БОЛОТА

25. Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Sphagnum fallax*, *Sph. angustifolium*, *Sph. obtusum*, *Sph. papillosum*) мезоолиготрофные и мезотрофные

26. Осоково-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. flava*, *C. rostrata*, *C. dioica*, *Menyanthes trifoliata*, *Baeothryon alpinum*, *Epipactis palustris*), с участием мезоевтрофных видов сфагнов (*Sphagnum warnstorfii*, *Sph. teres*, *Sph. squarrosum*), активно зарастающие *Salix rosmarinifolia*, *S. lapponum*, *Betula humilis*

ТРАВЯНЫЕ, ОСОКОВЫЕ И ОСОКОВО-ГИПНОВЫЕ БОЛОТА

27. Осоковые и осоково-гипновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. panicea*, *C. limosa*, *Equisetum fluviatile*, *Peucedanum palustre*, виды рода *Drepanocladus*) с разреженным сфагновым покровом (*Sphagnum contortum*, *Sph. subsecundum*, *Sph. teres*, *Sph. warnstorfii*) мезоевтрофные

28. Злаково-осоковые и осоково-гипновые (*Carex acuta*, *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. elata*, *C. limosa*, *Calamagrostis neglecta*, *C. canescens*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. vernicosus*) евтрофные

29. Влажно-высокотравные (*Phragmites australis, Typha latifolia*, *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Scirpus sylvaticus, Acorus calamus, Iris pseudacorus*) евтрофные

НАРУШЕННЫЕ ТОРФЯНИКИ

30. Нарушенные торфяники верховые

31. Нарушенные торфяники переходные и низинные

ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

ЛУГА ПОЙМЕННЫЕ (ЗАЛИВНЫЕ) с участками кустарников (*Salix alba, S. cinerea*, *S. fragilis*, *S. pentandra*, *S. myrsinifolia*, *S. triandra*, *Frangula alnus*)

32. Остепненные луга (*Agrostis syreistschikowii, Koeleria delavignei, Poa angustifolia*) с участками псаммофитных (*Corynephorus canescens*, *Festuca polesica*) пустошей, настоящих, сырых и болотистых лугов

33. Настоящие луга (*Anthoxanthum odoratum, Cynosurus cristatus, Festuca rubra, Poa pratensis, Schedonorus pratensis*) с участками сырых и болотистых лугов

34. Сырые луга (*Alopecurus pratensis*, *Agrostis stolonifera, Beckmannia eruciformis, Deschampsia cespitosa, Poa palustris, P. trivialis*) с участками настоящих и болотистых лугов

35. Болотистые луга (*Carex acuta, C. acutiformis, Equisetum fluviatile, Glyceria fluitans, G. maxima, Phalaroides arundinacea, Scirpus sylvaticus*) с участками сырых лугов

ЛУГА ВНЕПОЙМЕННЫЕ (МАТЕРИКОВЫЕ) с участками кустарников (*Salix cinerea*, *S. caprea*, *S. triandra*, *S. myrsinifolia*, *S. rosmarinifolia*, *S. pentandra*, *S. aurita*, *Frangula alnus*)

36. Суходольные луга (*Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Arrhenatherum elatius, Briza media, Cynosurus cristatus, Festuca rubra, Avenula pubescens, Poa angustifolia, P. pratensis, Schedonorus pratensis, Nardus stricta*) с участками псаммофитных пустошей (*Corynephorus canescens*, *Festuca polesica, Koeleria glauca*) и низинных лугов

37. Низинные луга (*Bistorta major, Deschampsia cespitosa, Fillipendula ulmaria, Juncus conglomeratus, J. effusus, Molinia coerula*) с участками суходольных лугов

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ

38. Культурные сенокосы и пастбища (*Dactylis glomerata, Lolium perenne, Phleum pratensis, Schedonorus arundinaceus, S. pratensis*), в том числе на осушенных землях, с участками восстанавливающейся природной растительности

39. Агрофитоценозы однолетних культур на пахотных землях (посевы *Secale cereale, Triticosecale, Triticum aestivum, Hordeum vulgare, Zea mays* ssp. *mays, Brassica napus* ssp. *oleifera*, засоренные *Apera spica-venti, Chenopodium album, Centaurea cyanus, Fallopia convolvulus, Tripleurospermum inodorum, Spergula arvensis, Thlaspi arvense, Viola arvensis*)

рр. Оболь, Овсянка, Тростянка). Рельеф местности сложный, с преобладанием сосновых боров на холмах с песчаными грядами и дюнами в сочетании с болотными сосняками на плоских понижениях (см. рис. 7).

Еловые (31,0 тыс. га – 3,9%) и широколиственно-еловые (51,7 тыс. га – 6,5%) леса встречаются компактными массивами преимущественно в южной части района (в пределах Лучесской низины). Черноольховые леса занимают небольшие участки, наиболее крупные массивы ольсов размещены в водосборной части рр. Рудня (Суражская низина), Овсянка, Рябинка (Нещердо-Городокская возвышенность). В отдельных местах на наиболее богатых почвах небольшие территории (11,3 тыс. га – 1,6% лесопокрытой площади) занимают широколиственные леса (см. табл. 1, рис. 7).

Крупные массивы верховых болот (10,8 тыс. га – 2,5%) расположены вдоль северо-восточной границы Суражско-Лучесского геоботанического района (в пределах Полоцкой низины) в водосборной части р. Оболь. Болота кустарничково-сфагновые и сосново-кустарничково-сфагновые, грядово-мочажинные со вторичными озерками и сфагновыми мочажинами (с доминированием на кочках и грядах – *Sphagnum fuscum*, реже *Sph. magellanicum*; в мочажинах – *Sph. cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. majus*, *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*) (см. рис. 7).

Важные для сохранения биоразнообразия пойменные луга, низинные осоково-травяные и сфагновые переходные болота встречаются на территории геоботанического района фрагментарно (см. рис. 7).

Дисненский геоботанический район имеет специфические черты (см. табл. 1, рис. 8). В бассейне р. Дисна преобладают дерново-подзолистые глееватые тяжелосуглинистые почвы озерно-ледникового происхождения и моренные суглинистые почвы, поэтому район отличается большим участием широколиственно-хвойных лесов (9,5%). Доля широколиственных лесов невысока (1,4%), но они формируются в оптимальных почвенно-гидрологических условиях, где являются фитоценотически более устойчивыми (кисличные и снытевые серии) [8].

Многочисленные обширные болота (9,7%) преимущественно верхового типа (OXYCOCCO-SPHAGNETEA), сосновые леса на болотах (асс. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris* и *Sphagno–Pinetum sylvestris* – 6,3%) и лиственные болотные леса (ALNETEA GLUTINOSAE – 17,0%) занимают значительные площади. Питание болот происходит в основном за счет атмосферных осадков, поэтому торфяная залежь уже в начальной стадии развития имеет явно выраженный олиготрофный характер. Для болот характерна сильная выпуклость (выпуклость поверхности центральной части массива над окрайками иногда достигает до 7–8 м). Часто почти на всю глубину залежи (до 6–8 м) она сложена верховыми торфами, подстилаемыми озерными глинами. В строении торфяной залежи чаще участвует комплексно-верховой и фускум-торф.

Для болотных массивов характерны мелкомочажинные сосново-пушицево-сфагновые комплексы с сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, f. *willkommii*) на вершине, грядово-мочажинные комплексы на пологих участках склонов, грядово-озёрковые комплексы на склоне либо на вершине, сосново-кустарничково-сфагновые сообщества (облесенное кольцо) на крутых участках склонов и, наконец, лагг. На грядах ГМК наиболее распространенными являются асс. *Ledo palustris–Sphagnetum fusci* иногда с разреженным пологом *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, f. *willkommii*. Довольно часто встречаются сообщества, в которых одновременно доминируют *Calluna vulgaris* и *Chamaedaphne calyculata.* В нижних частях склонов встречаются ГМК, где на повышениях господствует *Sphagnum magellanicum*, им свойственна ассоциация асс. *Sphagnetum magellanici* с редкой *Pinus sylvestris*.

Браславский геоботанический район размещен между Браславскими озерами и Западной Двиной [8]. Невысокая Браславская гряда, окружающая группу озер, имеет сравнительно ровный рельеф; в западной части выделяется ряд камовых песчано-гравийных холмов (см. рис. 1). Преобладают почвы дерново-подзолистые суглинистые, развивающиеся на моренных глинах и суглинках.

Здесь господствуют сосновые боры (36,6%) на холмах с песчаными и супесчаными почвами, в западинах широко распространены болотные леса (30,7%) и открытые болота (5,8%) преимущественно эвтрофного типа (см. табл. 1, рис. 8). Болота имеют избыточное озерно-атмосферное питание на протяжении всего или длительного периода развития. Это особенность в питании торфяников привела к тому, что значительную часть составляют залежи верхового типа, очень часто подстилаемые озерными отложениями – сапропелями.

Ошмянско-Минский геоботанический округ

Территория, входящая в состав данного геоботанического округа, является водораздельной. Она охватывает Ошмянскую и Минскую возвышенности, с которых берут начало реки Западно-

Двинского, Неманского, Днепровского и Припятского бассейнов [8]. Орографически данная территория не является целостной: Минская и Ошмянская возвышенность, Свенцянские гряды размещаются по периферии Нарочано-Вилейской низины; к востоку от Минской возвышенности в границы округа входит Верхне-Березинская низина и северо-западная часть Центрально-Березинской равнины, между которыми расположены моренные возвышенности Борисовской гряды.

Почвенный покров распределен на территории округа пёстрой мозаикой. На Свенцянских грядах и в западной части Ошмянской возвышенности преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы. Для Минской возвышенности (в ее наиболее высокой части) характерно преобладание дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почв, развивающихся на лёссовидных суглинках. Также здесь встречаются дерново-подзолистые супесчаные почвы на валунных моренных суглинках, супесях и песках [8]. Супесчаные почвы покрывают Нарочано-Вилейскую низину, где образуют сочетания с песчаными почвами, нередко на дюнных всхолмлениях.

В пределах Верхне-Березинской равнины основной фон образуют песчаные и супесчаные, нередко заболоченные почвы, однако значительная ее часть занята торфяно-болотными почвами (как правило, низинного типа), которые занимают значительные площади по обоим берегам р. Березина, вплоть до южной границы (окрестности озера Палик) одноименного геоботанического района. Сложная мозаика из песчаных, супесчаных дерново-подзолистых почв в сочетании с торфяно-болотными почвами различного типа (верховые, переходные, низинные) характерна для правобережной части Центрально-Березинской равнины [8].

В отличие от других аналогичных территориальных единиц для растительности Ошмянско-Минского геоботанического округа характерно преобладание сосновых боров (615,41 тыс. га – 39,6%), развивающихся на песчаных и супесчаных почвах. В западной части округа в напочвенном покрове зеленомошных сосняков нередко отмечается высокое обилие *Avenella flexuosa*, который может формировать сплошные ковры (см. табл. 1, рис. 4).

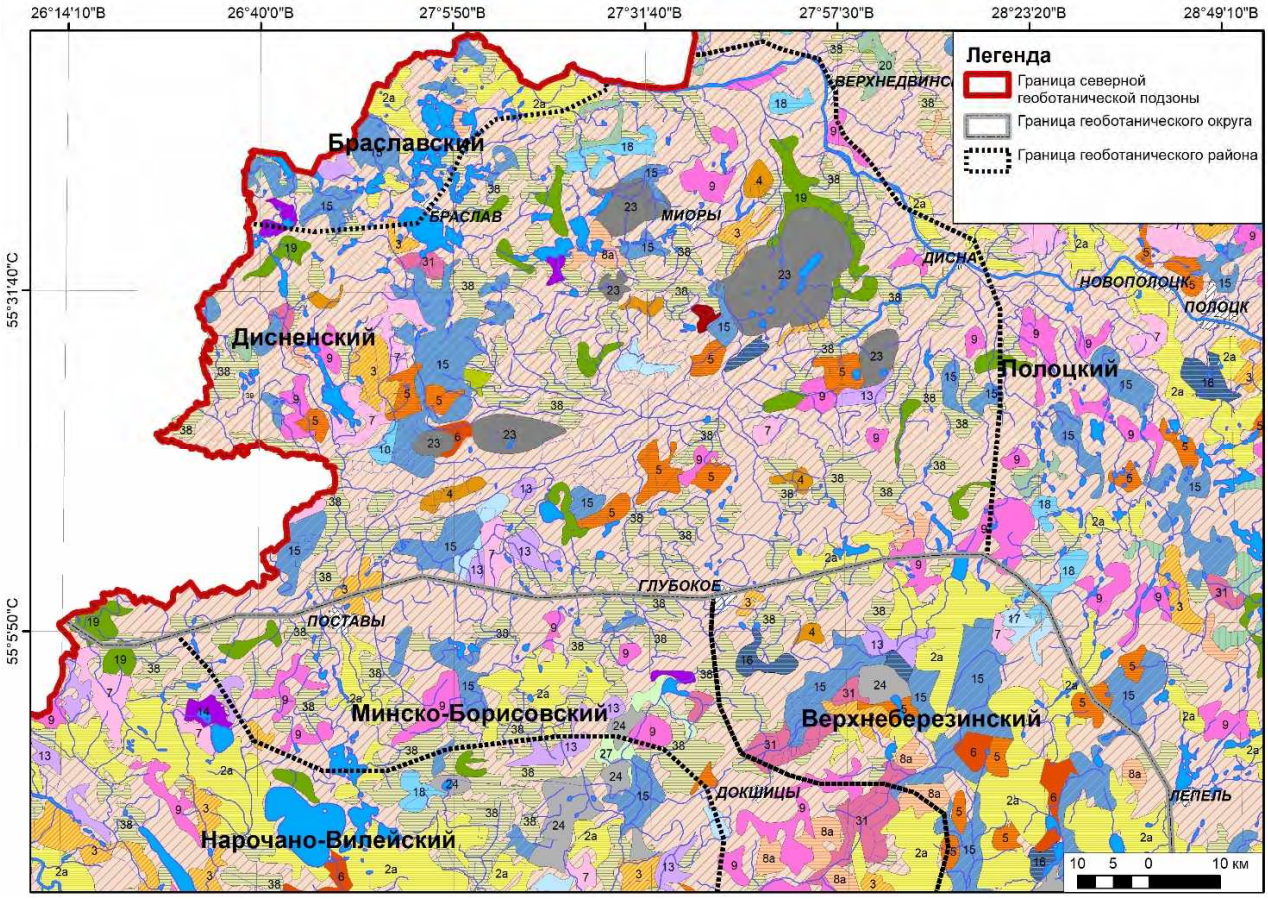


Рис. 8. Структура растительности Браславского и Дисненского геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси

Fig. 8. Vegetation structure of the Braslav and Disnensky geobotanical regions of the s oak-dark coniferous forests ubzone in Belarus

В границах Ошмянско-Минского геоботанического округа выделены 3 района с характерной структурой растительного покрова (см. рис. 6).

Нарочано-Вилейский геоботанический район характеризуется преобладанием сосновых боров (53,5%). Они охватывают западный берег озера Нарочь и распространены почти на всем протяжении р. Вилия.

Типологический состав их однообразен: на озерных и аллювиальных песках доминируют бруснично-зеленомошные монодоминантные сосновые леса, на дюнных всхолмлениях встречаются вересково-лишайниковые боры, в понижениях между ними – чернично-зеленомошные сосняки, на более плодородных почвах – еловососновые леса. Обширными массивами встречаются болотные сосняки (3,0%), среди которых доминируют кустарничково-сфагновые и осоково-сфагновые леса. Еловые (4,0%) и широколиственно-хвойные леса (6,3%) встречаются редко, доля мелколиственных производных лесов составляет 12,5%, лиственных болотных – 9,6% (см. табл. 1, рис. 9).

Открытые болота (3,9%) в основном верхового и низинных типов занимают отдельные понижения или долины рек и более распространены по правобережью р. Вилия. В условиях Нарочано-Вилейской равнины, выстланной мощными песчаными толщами, в питании торфяников (особенно на первой стадии развития) значительное участие принимали грунтовые воды, что определило смешанное строение торфяной залежи [25].

Пойменные луга встречаются фрагментарно (0,9%), внепойменные (3,6%) расположены небольшими участками среди лесов и пашни (см. табл. 1, рис. 9).

Минско-Борисовский геоботанический район территориально включает Минскую и Ошмянскую возвышенности, Свенцянские и Борисовскую гряды. Здесь преобладают плодородные дерново-подзолистые пылеватосуглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые мореной. Основной фон образуют сосновые леса (35,9%), сложные сосновые субори и широколиственно-еловые леса (17,6%). Доля производных мелколиственных лесов достаточно велика (20,8%). Небольшие площади на торфяно-болотных почвах занимают сосновые (1,8%) и лиственные (8,5%) болотные леса. Доли открытых болот и пойменных лугов в структуре растительного покрова относительно невелики – 1,6% и 1,2% соответственно (см. табл. 1, рис. 9).

Верхнеберезинский геоботанический район расположен в верхнем течении крупной речной артерии региона – р. Березина. Центральная часть низины несколько возвышена и занята сосновыми борами (28,7%) и суборями (4,7%). Нужно отметить высокую концентрацию в данном регионе сосновых и пушистоберезово-сосновых осоково-травяно-сфагновых лесов на болотах с относительно богатым минеральным питанием (см. табл. 1, рис. 9).

Северная и южная слабоволнистая часть низины покрыта мощными водно-ледниковыми песками и довольно сильно заболочена обширными безлесными и лесными болотами со смешанным строением торфяной залежи, вследствие значительного влияния грунтовых вод в питании болот. В границах района значительная площадь территории приходится на Березинский биосферный заповедник, поэтому участие вторичных мелколиственных лесов здесь относительно невелико (15,0%) (см. табл. 1, рис. 9).

Оршанско-Могилевский геоботанический округ

Рельеф округа определяется относительной однородностью с преобладанием возвышенных платообразных элементов рельефа. Территория находится в пределах Оршанской, Горецко-Мстиславской возвышенностей, Оршано-Могилевской, Костюковичской и Центрально-Березинской равнин (см. рис. 1, 2).

Северная часть округа занята Оршанской и Горецко-Мстиславской возвышенностями, имеющими среднюю высоту 210–220 м. Первая представляет комплекс конечных морен сожского возраста с влиянием поозерского оледенения в северных участках. Поверхность Оршанской возвышенности характеризуется как плоско-волнистая с наличием камов, озов, долин стока ледниковых вод и термокарстовых западин. Долины рек глубоковрезанные с неразвитой поймой. Горецко-Мстиславская возвышенность имеет на своей поверхности следы сожского оледенения, представленного лёссовидными карбонатными суглинками и супесями, в результате чего широкое развитие получила овражно-балочная сеть глубиной до 30 м. Характерной чертой является наличие термокарстовых и суффозионных западин (см. рис. 2).

Основную часть округа занимают возвышенные Оршано-Могилевская и Костюковичская равнины со средней высотой 180–185 м. Их территория представляет плато с выраженными речными долинами рр. Днепр, Сож, Друть, Беседь и др. Стоит отметить, что генезис данных двух равнин несколько отличается – Оршано-Могилёвская имеет на своей дневной поверхности следы сожского оледенения, что отличает ее от Костюковичской, сформированной во время днепровского оледенения, относительной молодостью, выраженной в большем расчленении рельефа.

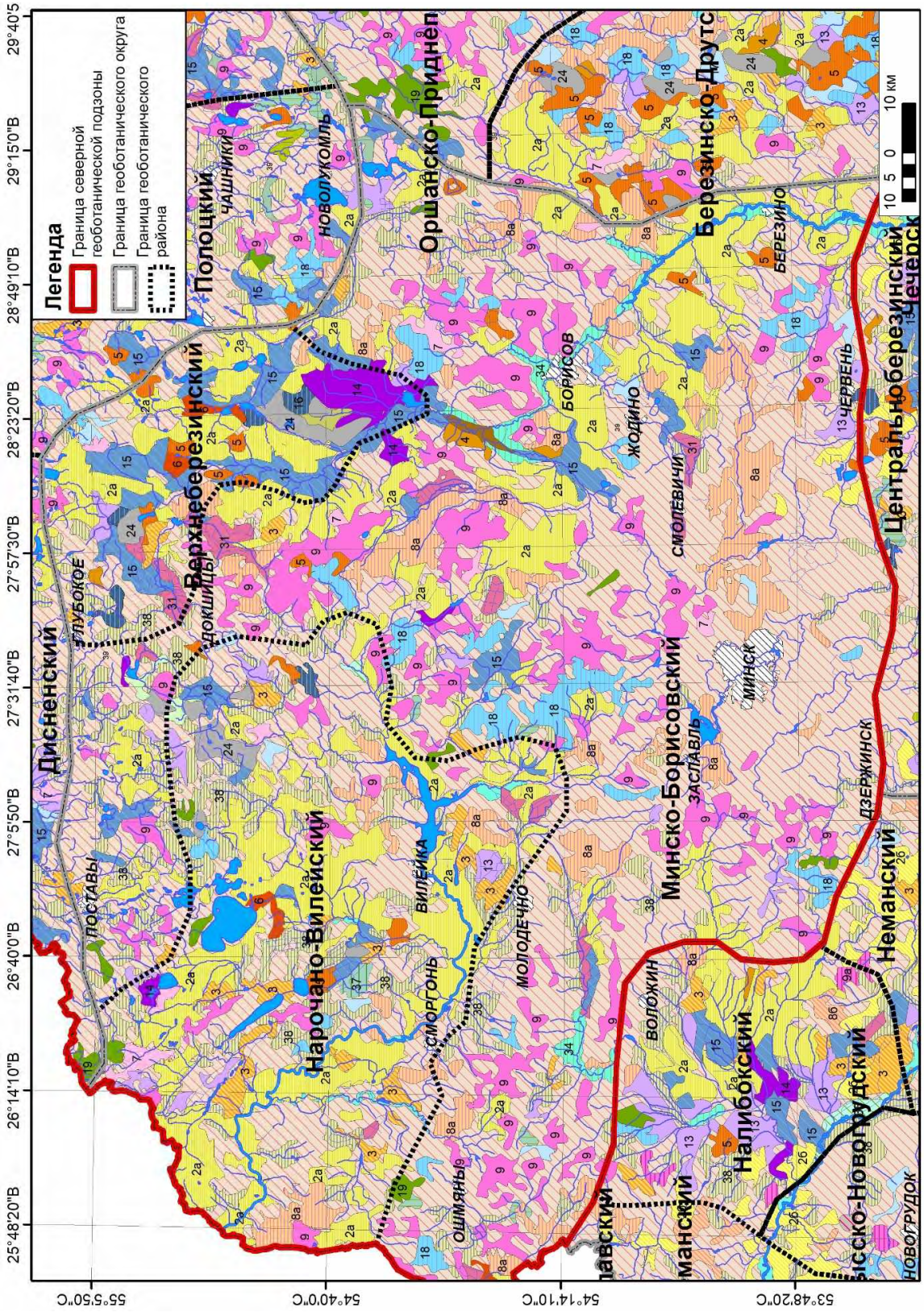


Рис. 9. Структура растительности Ошмяно-Минского геоботанического округа подзоны дубово-темнохвойных лесов

Fig. 9. Vegetation structure of the Oshmyano-Minsk geobotanical district of the oak-dark coniferous forests subzone

Западная часть занята пологоволнистой флювиогляциальной Центрально-Березинской равниной (со средней высотой 170–175 м), сформированной под воздействием талых ледниковых вод. На некоторых участках встречаются эоловые дюны. Для равнины характерна повсеместность заторфованных суффозионных ложбин (см. рис. 2).

Территория округа имеет дифференцированную почвенную мозаику. Основной особенностью является наличие крупных массивов с лёссовидными суглинками и лёссами в качестве почвообразующих пород, что повлияло на высокую степень эродированности почв, в частности, на севере представленного района. Южная часть сложена водно-ледниковыми суглинками и древними аллювиальными песками. Что касаемо почвенного разнообразия, то большую часть района занимают автоморфные почвы, в особенности, дерново-подзолистые местами эродированные на мощных лёссах, лёссовидных и водно-ледниковых суглинках.

Полугидроморфные почвы получили развитие к югу по линии Копысь-Маслаки-Сеньково, где аллювиальные дерновые глееватые и глеевые почвы занимают главенствующее положение после выхода рек с возвышенных участков на равнинную местность с формированием широких пойм. В районе г. Славгород вплоть до г. Костюковичи распространены подзолистые иллювиально-гумусовые глееватые и глеевые почвы на песках. В юго-восточной части Костюковичской равнины получили развитие дерново-карбонатные заболоченные почвы. Гидроморфные почвы получили распространение в заторфованных долинах р. Друть и притоков р. Сож, а также к востоку от г. Быхова, представляя массивы торфяно-болотных низинных почв.

Для растительного покрова Оршанско-Могилевского геоботанического округа характерна высокая доля участия широколиственно-хвойных лесов (199,6 тыс. га – 17,2%), а также пойменных (15,6 тыс. га – 3,2%) и внепойменных (52,5 тыс. га – 7,2%) лугов (см. табл. 1, рис. 4). Это адекватно отражает природные (рельеф, почвы, гидрографическая сеть) и антропогенные особенности формирования растительного покрова региона.

К Оршанско-Приднепровскому геоботаническому району приурочен единственный комплекс лесов в Беларуси, в котором преобладают широколиственно-хвойные леса (33,6%) и характерно наименьшая доля сосновых лесов (11,1%), особенно на влажных и сырых почвах. Производные лиственные леса занимают 27,5%, небольшими массивами здесь встречаются лесные (6,0%) и нелесные (1,8%) болота.

Особенностью района является широкое распространение пойменных лугов в долине р. Днепр, среди которых преобладают разнотравно-злаковые гидромезофитные сообщества союза DESCHAMPSION CESPITOSAE (асс. *Poo palustris–Alopecuretum prtatensis*, *Galio physocarpi–Alopecuretum pratensis* и *Alopecuro pratensis–Phalaroidetum arundinaceae*).

Здесь также характерно формирование пойменно-притеррасных болотных массивов, образующихся в условиях, когда широкая пойма рек (Днепр, Ухлясть и др.) имеет большие выходы грунтовых вод в притеррасной части, способствующие ее заболачиванию на обширной территории [25].

В типологическом рисунке растительности Березинско-Друтского геоботанического района доминируют преимущественно зеленомошные сосновые боры (45,4%), причем здесь наибольшая концентрация в геоботанической подзоне чернично-сфагново-зеленомошных сосняков (асс. *Molinio caeruleae–Pinetum sylvestris*). Ельники и широколиственно-хвойные леса вкраплены небольшими участками среди сосняков. Здесь сравнительно невысокая доля производных лесов (18,5%), а также луговой растительности (3,9%).

Обширные площади занимают сосновые леса на верховых и переходных болотах (7,5%) и нелесные торфяники (7,3%). Болотные массивы представлены в виде сложных систем. Фитоценотический облик болот формируют сосново-кустарничково-сфагновые сообщества и сосновые редколесья, которые занимают 25–80% площади исследованных болот (см. табл. 1, рис. 10).

Следует отметить, что в пределах Березинско-Друтского междуречья наблюдается постепенная смена северо-западноевропейских верховых сфагновых болот (на которых существенную ценотическую роль играют кустарничково-сфагновые сообщества (асс. *Ledo palustris–Sphagnetum fusci*) на восточноевропейские (южнорусские), где основным эдификатором фитоценозов является *Sphagnum magellanicum* (асс. *Sphagnetum magellanici*). По сравнению с более северными болотами (Дисненского, Полоцкого, Суражско-Лучесского геоботанических районов) ГМК на болотных массивах этого типа не занимают больших площадей (5–35%) и расположены они в центральной части на склонах. Мочажины встречаются и на вершине болотных массивов, образуя комплекс с сосново-кустарничково-сфагновыми и сосново-кустарничково-пушицево-сфаг-

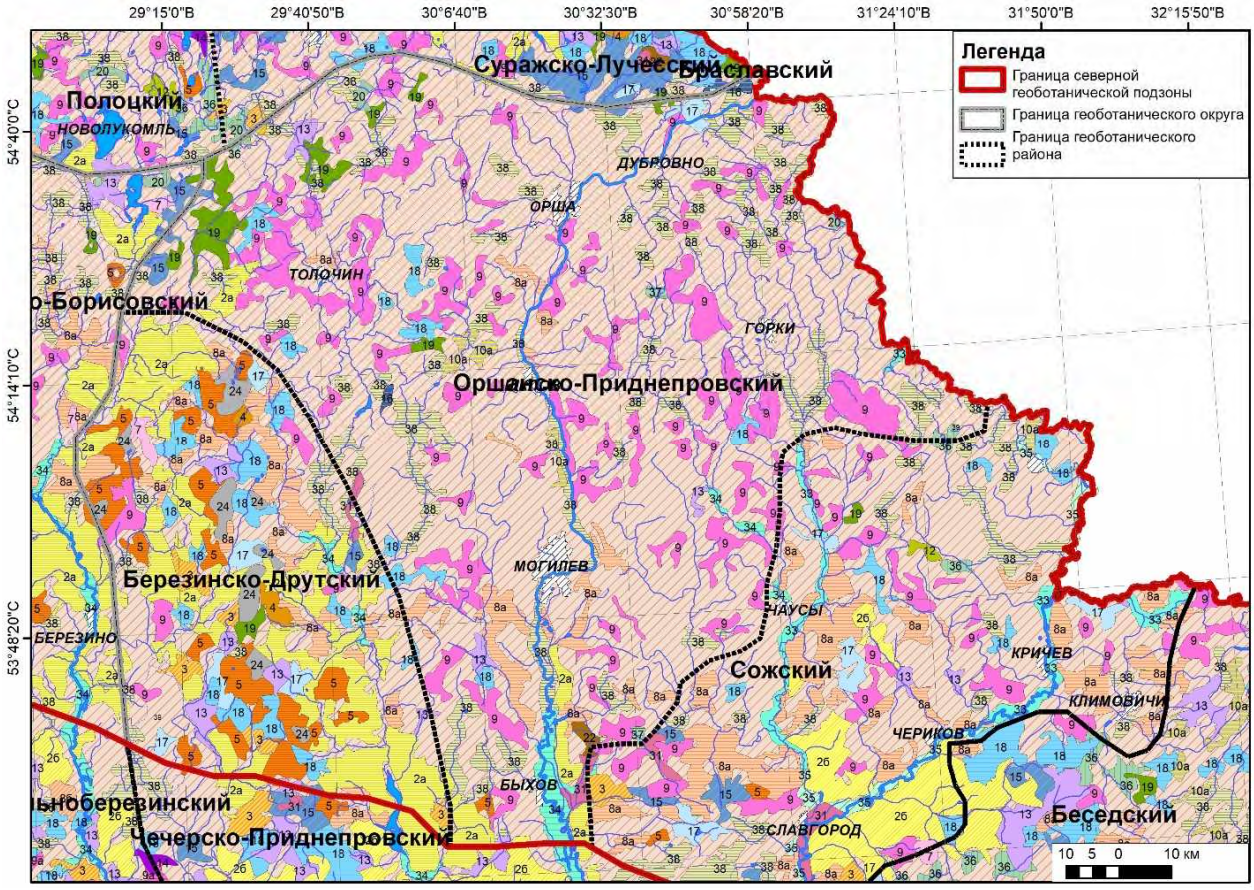


Рис. 10. Структура растительности Оршанско-Приднепровского и Березинско-Друтского геоботанических районов

Fig. 10. Structure of the Orsha-Dnieper vegetation cover and Berezinsky-Drutsky geobotanical regions

новыми (*Sph. magellanicum*) сообществами, покрывающими все пространство между мочажинами.

В мочажинах расположены пушицево-сфагновые и очеретниково-сфагновые сообщества со *Sph. cuspidatum* и *Sph. balticum.* Для сообществ гряд и вершин болотных массивов характерна *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*. Широко распространены сосново-кустарничково-сфагновые сообщества с *Pinus sylvestris* f. *uliginosa*, встречающиеся по периферии центральной части болот, а также на наиболее дренируемых участках, вблизи первичных озер на вершине. Среди кустарников преобладает *Calluna vulgaris* и *Ledum palustre*. Одним из доминантов кустарничкового яруса становится *Chamaedaphne calyculata*. Общая мощность торфяной залежи достигает 4–6 м (вместе с маломощными озерными отложениями).

Таким образом, Березинско-Друтское междуречье является важным биогеографическим рубежом распространения различных типов болот Восточной Европы.

Беседский геоботанический район характеризуется преобладанием вторичных лиственных лесов (36,7%), а также сосновых боров (19,4%). В структуре района значительная доля хвойно-широколиственных (6,8%) лесов. Здесь также наиболее высокая доля по северной геоботанической подзоне широколиственных (6,2%) лесов, прежде всего еловых дубрав. Для региона характерна значительная доля луговой растительности (10,6%) (см. табл. 1, рис. 11). Наибольшие площади пойменных лугов сосредоточены в долине р. Беседь, среди которых преобладают злаковые мезофитные сообщества порядка ARRHENATHERETALIA ELATIORIS (acc. *Trifolio–Festucetum rubrae*, *Anthoxantho odorati–Agrostietum tenuis*, *Deschampsio–Festucetum rubrae*) и сообщества болотистых лугов союза MAGNOCARICION GRACILIS (acc. *Phalaridetum arundinaceae*, *Caricetum gracilis*). Отличительной особенностью района является значительная доля сохранившихся суходольных лугов (см. табл. 1, рис. 11).

Сожский геоботанический район. Структура лесов в целом схожа по составу с Березинско-Друтским районом, однако здесь ниже доля болотных сосняков и напротив выше участие широколиственных лесов. Доля открытых болот неве-

лика (2,5%). Широкое распространение в регионе получила пойменная луговая растительность (18,9%), формирующаяся в долинах рр. Сож, Проня и Остер. Для пойменных лугов р. Остер характерно широкое распространение злаковых мезофитных сообществ порядка ARRHENATHERETALIA ELATIORIS (асс. *Festucetum pratensis*, *Trifolio-Festucetum rubrae*, *Anthoxantho odorati–Agrostietum tenuis*, *Deschampsio–Festucetum rubrae*) с небольшими участками ксеромезофитных сообществ союза AGROSTION VINEALIS (асс. *Koelerio–Agrostietum vinealis*, *Poetum angustifoliae*). Для пойменных лугов верхнего течения рек Сож и Проня характерно преобладание сообществ ARRHENATHERETALIA ELATIORIS (асс. *Festucetum pra-tensis*, *Trifolio–Festucetum rubrae*) с фрагментами ксеромезофитных и гидромезофитных лугов. Пойменные луга нижнего течения данных рек отличаются преобладанием сообществ союзов DESCHAMPSION CESPITOSAE (асс. *Galio physocarpi–Alopecuretum pratensis*, *Alopecuro pratensis–Phalaroidetum*), FILIPENDULION ULMARIAE (асс. *Lysimachio vulgaris–Filipenduletum ulmariae*) и MAGNOCARICION GRACILIS (асс. *Phalaridetum arundinaceae*, *Caricetum gracilis*) (см. табл. 1, рис. 11).

Для качественной оценки состояния ценотического разнообразия региона в наших исследованиях определяли соотношение различных категорий растительного покрова, отражающих происхождение и степень нарушенности.

Для территории северной геоботанической подзоны доля растительности (коренной 65,1% и производной 34,9%) составляет в среднем 58,7%. Наибольшая доля коренных растительных сообществ отмечена в Верхнеберезинском (81,4%), Нарочано-Вилейском (82,1%), Браславском (78,9%), Березинского-Друтском (77,9%) районах. Это объясняется заболоченностью и труднодоступностью территории (Верхнеберезинский, Березинско-Друтский районы), а также наличием крупных особо охраняемых природных территорий (Березинский биосферный заповедник, национальные парки «Нарочанский», «Браславские озера»). Наибольшая площадь антропогенно-трансформированных территорий характерна для Дисненского (52,1%) и Оршанско-Приднепровского (62,5%) геоботанических районов (рис. 12, табл. 2).

Таким образом, проведенная нами оценка растительного покрова геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси характеризует не только ценотическое разнообразие региона, но и показывает современную качественную структуру экосистем в зависимости от антропогенной нагрузки и степени их трансформации.

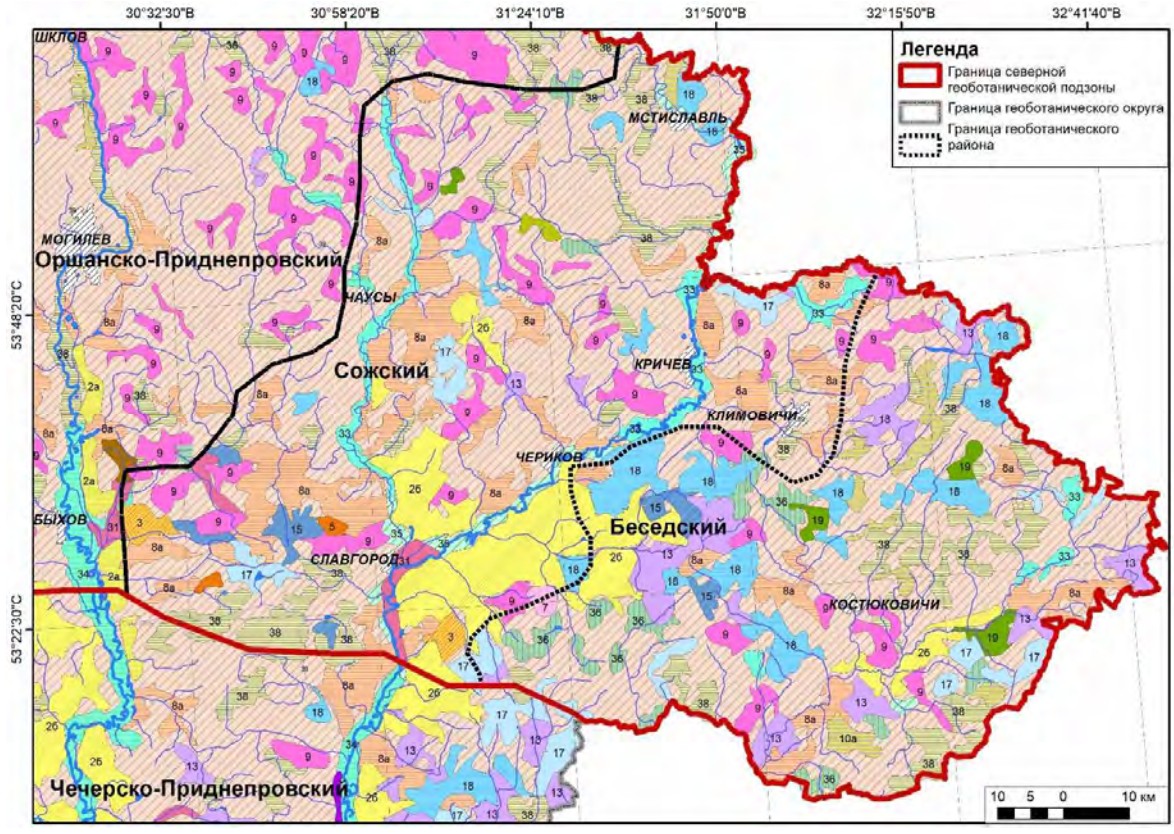


Рис. 11. Структура растительности Сожского и Беседского геоботанических районов

Fig. 11. Structure of the vegetation cover of Sozhsky and Besedsky geobotanical regions

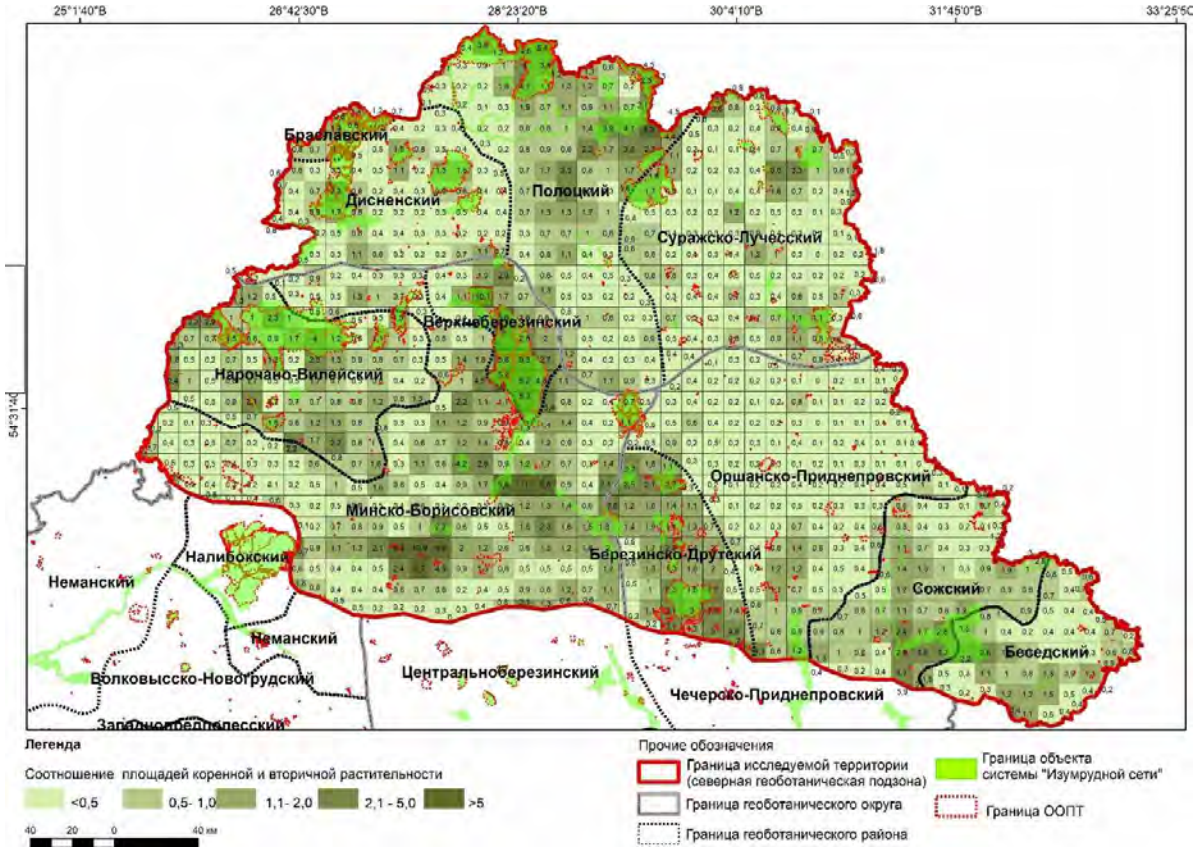


Рис. 12. Соотношение площадей коренной и производной растительности ($V_{k/p}$) в пределах северной геоботанической подзоны Беларуси

Fig. 12. Areas ratio of primary and derived vegetation ($V_{k/p}$) within the northern geobotanical subzone of Belarus

Таблица 2. Качественная оценка растительного покрова северной геоботанической подзоны Беларуси по происхождению и степени нарушенности

Table 2. Qualitative assessment of the vegetation cover of the northern geobotanical subzone of Belarus by origin and degree of disturbance

Единицы геоботанического районирования	Растительность				Антропогенно-трансформированные территории*	
	коренная		производная			
	га	%	га	%	га	%
Западно-Двинский геоботанический округ	**1027780,9**	**55,1**	**837477,0**	**44,9**	**946967,7**	**33,7**
Браславский район	27515,8	78,9	7356,0	21,1	15799,5	31,2
Дисненский район	188604,9	63,6	108019,7	36,4	322915,0	52,1
Полоцкий район	450051,5	60,4	294695,5	39,6	261022,4	26,0
Суражско-Лучесский район	361608,7	45,8	427405,8	54,2	347230,8	30,6
Оршанско-Могилевский геоботанический округ	**899201,4**	**66,1**	**461860,5**	**33,9**	**1208953,7**	**47,0**
Березинско-Друтский	255801,2	77,9	72513,0	22,1	88309,3	21,2
Беседский	142362,6	53,7	122828,4	46,3	138247,9	34,3
Оршанско-Приднепровский	274866,1	61,2	174235,5	38,8	748275,5	62,5
Сожский	226171,5	71,0	92283,6	29,0	234121,0	42,4
Ошмянско-Минский геоботанический округ	**1186758,8**	**76,4**	**366362,8**	**23,6**	**1209007,4**	**43,8**
Верхнеберезинский	170972,5	81,4	39099,7	18,6	48912,4	18,9
Минско-Борисовский	675071,9	72,7	253038,3	27,3	869257,0	48,4
Нарочано-Вилейский	340714,4	82,1	74224,8	17,9	290838,0	41,2
В целом по подзоне	**3113741,1**	**65,1**	**1665700,3**	**34,9**	**3364928,8**	**41,3**

Примечание. * – в антропогенно-трансформированные территории включены сельскохозяйственные земли, постройки, дороги и т.п.

Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Растительный покров занимает 58,7% исследуемой территории и представляет собой сложное сочетание природных и антропогенно-трансформированных фитоценозов.

2. Лесистость района исследования составляет 51,8%. Здесь представлены хвойные (38,5% лесопокрытой площади), широколиственно-хвойные (13,5%), широколиственные (2,0%), мелколиственные производные (32,1%) и лиственные леса (13,9%).

3. Открытые (нелесные) болота на территории северной геоботанической подзоны занимают 171,1 тыс. га (3,5%). Среди естественной болотной растительности преобладают фитоценозы олиготрофного (74,0 тыс. га – 1,0%) и евтрофного экологического ряда (72,3 тыс. га – 0,8%).

4. Луга представлены 2 крупными категориями: пойменными (68,8 тыс. га – 1,4%) и внепойменными (215,6 тыс. га – 4,5%). Наибольшие площади пойменных лугов района сохранились в долинах крупных рек Березина, Друть, Днепр, Проня, Сож, Остер. В силу невыровненности поверхности пойм в них выделяются луга с неодинаковой обеспеченностью влагой и питательными веществами: остепненные (ксеромезофитные мелкотравно-злаковые сообщества союза AGROSTION VINEALIS), настоящие (мезофитные злаковые сообщества порядка ARRHENATHERETALIA ELATIORIS), сырые (гидромезофитные разнотравно-злаковые сообщества порядка MOLINIETALIA CAERULEAE) и болотистые (мезогигрофитные крупноосоковые и крупнозлаковые сообщества союза MAGNOCARICION GRACILIS, а также сообщества порядка MOLINIETALIA CAERULEAE). Среди внепойменных лугов преобладают мезофитные сообщества порядка ARRHENATHERETALIA ELATIORIS.

5. В границах подзоны дубово-темнохвойных лесов кустарники занимают площадь 28,3 тыс. га (или 0,3%). Имеют тенденцию активного распространения, их генезис, главным образом, связан с активным заболачиванием и зарастанием земель, выведенных из хозяйственного оборота. Распространена кустарниковая растительность (FRANGULETEA, SALICETEA PURPUREAE), главным образом, небольшими изолированными участками.

6. По специфике геоботанической структуры и комплекса взаимодействующих природных фак-торов территория исследования подразделяется на 3 округа и 11 районов. В пределах этих территориальных единиц наблюдаются, с одной стороны, изменения ценотической структуры, а с другой стороны, им присущи фитоценотические устойчивые подзональные черты основных типов растительности.

7. Анализ соотношение площадей коренной и производной растительности ($V_{k/p}$) свидетельствует, что на значительной части исследуемой территории процессы трансформации растительности имеют интенсивный характер. Участки с сохранившейся коренной растительностью приурочены к территории Верхнеберезинского (81,4%), Нарочано-Вилейского (82,1%), Браславского (78,9%), Березинского-Друтского (77,9%) геоботанических районов. Наибольшая площадь антропогенно-трансформированных территорий характерна для Дисненского (52,1%) и Оршанско-Приднепровского (62,5%) геоботанических районов.

Литература

1. Котлов, И. П. Пространственная структура лесного покрова Московской области: оценка на основе количественных метрик фрагментации : автореф. дис. … канд. биол. наук : 01.05.15 / И. П. Котлов ; Рос. акад. наук, Ин-т проблем экологии и эволюции. – М, 2023. – 25 с.

2. Сочава, В. Б. Растительный покров на тематических картах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, Сиб. отдние, 1979. – 189 с.

3. Белов, А. В. Картографическое изучение биоты / А. В. Белов, В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова ; отв. ред. В. А. Снытко. – Иркутск : Облмашинформ, 2002. – 160 с.

4. Белов, А. В. Картографирование растительности и эколого-географические проблемы юга Восточной Сибири : автореф. дис. … д-ра геогр. наук : 25.00.23 / А. В. Белов ; Ин-т географии Рос. акад. наук. – Иркутск, 2003. – 49 с.

5. Faliński, J. B. Kartografia geobotaniczna : w 3 cz. / J. B. Faliński. – War¬szawa ; Wroclaw : PPWK, 1991. – Cz. 3 : Kartografia geobotaniczna ogólna i sto¬sowana. – 355 s.

6. Pedrotti, F. Cartografia geobotanica / F. Pedrotti. – Bologna : Pitagora, 2004. – 236 p.

7. Юрковская, Т. К. Растительность в географическом пространстве / Т. К. Юрковская // Актуальные проблемы геоботаники : сб. ст. и лекций IV Всерос. шк.-конф. (1–7 окт. 2012 г.) / Ин-т биологии Уфим. науч. центра Рос. акад. наук. – Уфа, 2012. – С. 67–104.

8. Юркевич, И. Д. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1965. – 288 с.

9. Растительность Европейской части СССР / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко. Е. М. Лавренко ; под ред. С. А. Грибовой и др. ; АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – Л. : Наука. Ленинградское отделение, 1980. – 425 с.

10. Грибова, С. А. Картирование растительности в съемочных масштабах / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко // Полевая геоботаника : [в 5 т.] / Акад. наук СССР, Ботан. ин-т ; под общ. ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. – Л., 1972. – Т. 4. – С. 137–330.

11. Современное состояние геоботанического картографирования в СССР и за рубежом / Акад. наук СССР, Всесоюз. ин-т науч. и техн. информ. ; под ред. Т. В. Котовой. – М. : [б. и.], 1990. – 174 с.

12. Ozenda, P. La cartographie ecologique et ses applications = Ecological mapping and its applications / P. Ozenda. – Paris ; New York ; Barcelone : Masson, 1986. – 159 p.

13. Озанда, П. Картография растительности и фитоэкологическое картографирование в лаборатории биологии растительности Альп Гренобльского университета, Франция / П. Озанда // Геоботаническое картографирование, 1994–1995 / Рос. акад. наук, Ботан. ин-т ; отв. ред. Т. К. Юрковская, С. С. Холод. – СПб., 1996. – С. 31–39.

14. Potential natural vegetation of the Czech Republic / Z. Neuhäuslová [et al.]. – Camerino : Univ. Camerino, 2001. – 80 p. – (Braun-Blanquetia ; 30).

15. Рачковская, Е. И. Новая карта ботанико-географического районирования Казахстана и Средней Азии в пределах пустынной области / Е. И. Рачковская, И. Н. Сафронова // Геоботаническое картографирование, 1992 / Рос. акад. наук, Ботан. ин-т ; отв. ред. Т. К. Юрковская, С. С. Холод. – СПб., 1994. – С. 33–49.

16. Potencjalna roślinność naturalna Polski : mapa przeglądowa / J. M. Matuszkiewicz [et al.]. – Skala 1 : 300 000. – Warszawa : IGiPZ PAN i WZKart, 2008. – Ark. 1–12.

17. Холод, С. С. Карта растительности государственного природного заповедника «Остров Врангеля» : поясн. текст и легенда к карте / С. С. Холод ; оформл. карты: Н. В. Анисимова [и др.]. – СПб. : Астерион, 2015. – 55 с.

18. Огуреева, Г. Н. Картографические подходы к оценке биоразнообра¬зия / Г. Н. Огуреева, Т. В. Котова // Биогеография : материалы Моск. центра Рус. геогр. о-ва / отв. ред. Д. А. Криволуцкий. – М., 2000. – Вып. 8 : География биоразнооб¬разия. – С. 25–30.

19. Александрова, В. Д. Классификация растительности: обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах / В. Д. Александрова. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1969. – 275 с.

20. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Мн. : Наука и техника, 1982. – 326 с.

21. Mucina, L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bultmann, K. Dierßen // Applied Vegetation Science. – 2016. – V. 19. – Suppl 1. – P. 3–264. DOI: 10.1111/avsc.12257.

22. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 990 с.

23. Ignatov, M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov [et al.] // Arctoa. – 2006. – Vol. 15. – P. 1–131.

24. *Sphagnum divinum* (sp. nov.) and *S. medium* Limpr. and their relationship to *S. magellanicum* Brid. / K. Hassel [et al.] // Journal of Bryology. - 2018. - Vol. 40. - Is. 3. - P. 197–222. http://doi.org/10.1080/03736687.2018.1474424.

25. Пидопличко, А. П. Торфяные месторождения Белоруссии / А. П. Пидопличко ; ред. М. И. Нейштадт. – Минск : Изд-во АН БССР, 1961. – 192 с.

Поступила в редакцию 05.11.2024 г.

УДК 574.58; 581.55

Е. В. МОЙСЕЙЧИК

ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КЛАССА *POTAMETEA* ТРАСФОРМИРОВАННЫХ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА Р. ПРИПЯТЬ

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

Аннотация. Проанализированы данные о разнообразии, ценотических особенностях, экологии и распространении растительности класса Potametea трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять в пределах Республики Беларусь. В работе использованы 117 полных геоботанических описаний, выполненных в период максимального развития водной растительности (июль-август 2007–2022 гг.). Ценотическое разнообразие класса Potametea составило 12 ассоциаций, относящихся к 2 союзам и 1 порядку по эколого-флористической классификации Браун-Бланке, что составляет 46% от всех ассоциаций класса Potametea, отмеченных на водных объектах Беларуси. Наиболее широкое распространение на водотоках из класса Potametea получили ассоциации *Elodeetum canadensis* (34,7% от всех выполненных описаний) и *Nymphaeo albae-Nupharetum luteae* (29,7%). Ценозы данных ассоциаций отмечены на меандрированных и канализированных участках русел, на разной глубине и типах грунта.

Ключевые слова: малые водотоки, бассейн Припяти, классификация Браун-Бланке, синтаксономия, Potametea.

E. V. MOJSEJCHIK

POTAMETEA-CLASS AQUATIC VEGETATION OF THE TRANSFORMED SMALL STREAM COURSES OF THE PRIPYAT RIVER BASIN

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

Annotation. Information on the diversity, coenotic features, ecology and distribution of aquatic vegetation of the Potametea class of small transformed streams of the Pripyat river basin within the Republic of Belarus given in the article. The work used 117 geobotanical descriptions made during the period from July to August 2007–2022. The coenotic diversity of the class Potametea is described by 12 associations, 2 unions, 1 order according to the ecologicalfloristic classification of J. Braun-Blanquet. This accounts 46% of all associations of the Potametea class recorded in water bodies of Belarus. The most widespread associations in watercourses from the Potametea class are *Elodeetum canadensis* (34.7% of all descriptions completed) and *Nymphaeo albae-Nupharetum luteae* (29.7%). Cenoses of these associations were noted in meandered and transformed sections of streams, at different depths and types of soil.

Keywords: small rivers, Pripyat river basin, Braun-Blanquet approach, syntaxonomy, Potametea.

Введение

На малые водотоки приходится значительная часть гидрографической сети страны в целом, и бассейна реки Припяти в частности. Однако, в связи с зарегулированностью стока и спрямлением русел, которые привели к упрощению гидрографической сети [1, 2], изучение гидрофильного компонента растительности водных объектов страны является актуальным. Водные и прибрежные сообщества редко становились объектами изучения синтаксономического разнообразия. Внимание, кроме мониторинговых исследований особо охраняемых природных территорий [3–7], уделялось, в основном, изучению продуктивности высшей водной растительности озер [7, 8 и др.]. Вместе с тем, в настоящее время синтаксономия класса Potametea Klika in Klika et Novák 1941 достаточно активно обсуждается, и специалисты дискутируют о необходимости укрупнения и выделения в пределах класса только порядка Potametalia Koch 1926 с подчиненными союзами (так же рассмотрен класс и в данной работе) или выделении нескольких порядков (Potametalia, Callitricho-Batrachietalia Passarge 1978, Zannichellietalia pedicellatae Schamanée et al. 1990 и Ranunculo-Myriophylletalia Passarge 1996) [9].

Цель исследования – установить фитоценотическое разнообразие класса Potametea малых трансформированных водотоков бассейна р. Припять в пределах Республики Беларусь.

Объекты (материалы) и методы исследования

Работа базируется на материалах полевых исследований (июль-август 2007–2022 гг.) водной растительности малых водотоков, протяжённость которых не превышает 100 км, бассейна р. Припять [10, 11]. Собрано свыше 2500 гербарных листов (в т.ч. дублетов), которые хранятся в коллекционных сборах Национального гербария (MSK), а также в фондах гербариев Гродненского государственного университета (GRSU), Института биологии внутренних вод РАН (IBIW), Московского государственного университета (MW), Ботанического института РАН (LE). Автором выполнено 117 полных геоботанических описаний, из них 60 представлено в сводных таблицах. Некоторые описания-аналоги широко распространенных синтаксонов с одного и того же водотока не представлены.

Природные условия региона исследований и расположение изученных объектов охарактеризованы в [12].

Сбор геоботанического материала и его обработку проводили с применением подходов эколого-флористической классификации Браун-Бланке [13]. При описании водных ценозов количество и размер пробных площадей зависели от площади растительного сообщества: если размер сообщества составлял менее 100 м^2, то его описание выполняли в естественных пределах (по контуру, но не менее 1 м^2), если более – на площади 100 м^2 [14–17]. Месторасположение пробных площадей закреплено на местности при помощи системы спутниковой навигации (GPS). Для оценки обилия видов использовали следующую шкалу (Westoff, Maarel, 1978, цит. по: [18]): 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 их табличной обработки использована программа Juice 7.1.107 [19, 20]. Номенклатура крупных единиц (классов, порядков, союзов) сверена с данными [21], номенклатура ассоциаций также приведена с использованием современной синтаксономической литературы [22–24]. В работе мы придерживаемся узкого понимания ассоциации (т.е. без выделения субассоциаций) и практикуем выделение ассоциаций водной растительности на основе доминирования одного вида растений.

Результаты исследования и их обсуждение

В изученных трансформированных малых водотоках Припятского Полесья для класса Potemetea описаны 12 ассоциаций, относящихся 2 союзам и 1 порядку.

Диагностическими видами класса являются элодея канадская (*Elodea canadensis*), ряска малая (*Lemna minor*), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*), рдесты курчавый (*Potamogeton crispus*), плавающий (*Potamogeton natans*), малый (*Potamogeton pusillus* agg.), штукения гребенчатая (*Stuckenia pectinata*).

Продромус представлен далее:

CL. **POTAMETEA** Klika in Klika et Novák 1941

ORD. ***POTAMETALIA*** Koch 1926

ALL. **NYMPHAEION ALBAE** Oberdorfer 1957

Ass. *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* Nowiński 1927

Ass. *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958

Ass. *Potametum natantis* Hild 1959

Ass. *Potamo natantis–Polygonetum natantis* Knapp et Stoffers 1962

Ass. *Trapetum natantis* Kárpáti 1963

ALL. **POTAMION** Miljan 1933

Ass. *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967

Ass. *Myriophyllo spicati–Potametum compressi* Chepinoga et al. 2013

Ass. *Potametum berchtoldii* Krasovskaja 1959

Ass. *Potametum friesii* Tomaszewicz ex Šumberová in Chytrý 2011

Ass. *Potametum perfoliati* Miljan 1933

Ass. *Potametum tenuifolii* Kiprijanova et Laščinskij 2000

Ass. *Potametum trichoidis* Tüxen 1974

Ценофлора изученных сообществ класса Potemetea состоит из 58 видов (табл. 1). Среди описанных ассоциаций наибольшее число описаний отмечено для ассоциаций *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* и *Elodeetum canadensis*, как и самый богатый видовой состав. Помимо диагностических видов класса Potemetea встречаются виды классов Lemnetea (5 видов) и Phragmito-Magnocaricetea (>10 видов).

Класс **POTAMETEA** Klika in Klika et Novák 1941.

Синоним (син.): Potametea Tüxen et Preising 1942, Nymphaeetea Klika in Klika et Hadač 1944, Platyhypnidio–Fontinalietea antipyreticae Philippi 1956, Fontinalietea antipyreticae von Hübschmann 1957 p. p., Ruppietea maritimae J. Tüxen ex den Hartog et Segal 1964.

Объединяет сообщества макрофитов, в основном многолетников, укореняющихся на дне водоемов или ручьев, с широкой экологической амплитудой [22, 23]. Они либо полностью погружены в воду, либо имеют плавающие на поверхности воды листья, либо с возвышающимися над поверхностью воды листьями [23]. Некоторые ассоциации в этом классе требовательны к высокому уровню воды в течение всего года, в то время как другие переносят кратковременное, но не полное обсыхание грунта. Этот класс является космополитным, но он наиболее распространен и разнообразен в богатых осадками районах умеренной зоны [22].

Порядок Potametalia W. Koch 1926

Является центральным синтаксоном класса и не имеет собственных диагностических и константных видов [23].

Объединяет сообщества макрофитов, для которых характерны условия с постоянным уровнем воды, т.к. его резкие и частые колебания приводят к их выпадению из растительного покрова [23].

Союз Nymphaeion albae Oberdorfer 1957.

Син.: Potamion eurosibiricum Koch 1926 p. p. (§ 34), Brasenio–Nymphaeion tetragonae Shimoda 1985.

Включает сообщества, среди которых доминируют крупные двудольные водные макрофиты, которые укореняются в дне и имеют листовые розетки или отдельные листья, плавающие на поверхности воды. Часто встречаются в мелководных водоемах с олигомезотрофной или эвтрофной, стоячей или медленно текущей водой в умеренных и бореальных зонах. В сукцессионном ряду водной макрофитной растительности сообщества союза сменяют растительность погруженных макрофитов [22].

Ассоциация (асс.) *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* Nowiński 1927.

Син.: *Myriophyllo verticillati–Nupharetum* Koch 1926 p. p. (§ 2b, nomen nudum), *Nupharo luteae–Nymphaeetum albae* Tomaszewicz 1977 p. p.

Диагностические виды (д.в.): *Nuphar lutea* (см. таблицу 1, синтаксон 1). Сообщества кубышки желтой (*Nuphar lutea*).

Состав. По материалам 34 описаний ценофлора ассоциации представлена 33 видами, среди которых отмечен один вид печеночников (риччия плавающая *Riccia fluitans*). В описаниях от 1 до 13 видов (в среднем – 4,9). Кроме хорошо представленных диагностических видов классов Lemnetea и Potametea отмечены и виды других классов (табл. 2).

Таблица 1. Синоптическая таблица часто встречаемых ассоциаций водной растительности класса Potemetea малых водотоков бассейна реки Припять

Table 1. Synoptic table of widespread associations of aquatic vegetation of the Potemetea class of small rivers in the Pripyat River basin

Номер ассоциации	1	2	3	4	5	6	7
Количество описаний	34	18	2	5	41	8	4
Видовое богатство ассоциации	33	22	6	7	40	15	15
Среднее количество видов в описании	4,9	3,8	5,5	3,4	4,9	5,6	6,5
Среднее проективное покрытие, %	66,6	73,2	83,3	80,7	69,6	75,4	58,2
Nymphaeo albae-Nupharetum luteae							
Nuphar lutea	100^{3-5}	33^{r-2}	100^{2-3}	20^{+}	32^{r-2}	13^{1}	25^{r}
Potametum natantis							
Potamogeton natans	18^{r-2}	100^{3-4}	.	20^{2}	7^{r}	13^{r}	.
Trapetum natantis							
Trapa natans s.l.	.	.	100^{3-4}	.	.	.	25^{r}
Potametum perfoliate							
Potamogeton perfoliatus	.	.	.	100^{4-5}	.	.	.
Elodeetum canadensis							
Elodea canadensis	.	17^{r-2}	.	.	100^{3-5}	50^{r-2}	50^{2}
Potametum tenuifolii							

Номер ассоциации	1	2	3	4	5	6	7
Potamogeton alpinus	.	.	.	.	.	100^{3-4}	.
Potametum berchtoldii							
Potamogeton berchtoldii	.	.	.	.	5^{+}	.	100^{2-3}
Прочие виды							
Agrostis stolonifera	3^{r}	11^{r-1}	.	.	2^{r}	13^{+}	25^{r}
Alisma plantago-aquatica	6^{r-1}	.	100^{r}	.	7^{r-+}	38^{r-+}	50^{+}
Berula erecta	.	.	.	.	2^{1}	.	.
Bidens cernua	3^{r}	.	.	.	7^{r-+}	13^{r}	.
Bidens frondosa	.	6^{r}	.	.	.	.	.
Bidens tripartita	.	.	.	.	2^{r}	.	.
Callitriche palustris	.	6^{1}	.	.	5^{r-1}	.	.
Cardamine amara	.	6^{r}	.	.	.	.	.
Carex rostrata	.	.	.	.	2^{1}	.	.
Ceratophyllum demersum	9^{r-1}	6^{1}	.	.	10^{1}	.	25^{r}
Eleocharis palustris	.	.	100^{r-+}	.	.	.	.
Equisetum fluviatile	.	.	.	.	2^{r}	.	.
Galium palustre	3^{+}	6^{1}	.	.	.	.	.
Glyceria fluitans	3^{2}	.	.	.	2^{r}	13^{r}	.
Glyceria maxima	15^{1}	11^{r-1}	.	.	20^{r-1}	38^{r-1}	.
Hydrocharis morsus-ranae	29^{r-2}	33^{r-2}	.	20^{1}	5^{r}	25^{+}	50^{r}
Lemna gibba	3^{1}	.	.	.	.	.	.
Lemna minor	71^{r-2}	50^{r-3}	.	60^{r-2}	76^{r-4}	88^{r-2}	100^{r-2}
Lemna trisulca	9^{r}	.	.	.	17^{r-2}	25^{r}	25^{2}
Mentha aquatica	3^{+}	.	.	.	.	.	.
Myosotis palustris	3^{r}	6^{1}	.	.	2^{r}	.	.
Myriophyllum verticillatum	3^{r}	6^{r}	.	.	.	.	.
Nymphaea candida	3^{2}	.	.	.	.	.	.
Oenanthe aquatica	6^{r}	.	.	.	.	.	.
Persicaria amphibium	6^{r-1}	.	.	.	.	.	.
Persicaria hydropiper	3^{1}	.	.	.	2^{r}	.	.
Phalaroides arundinacea	6^{r}	.	.	.	2^{r}	.	.
Phragmites australis	3^{1}	.	.	.	.	.	.
Potamogeton alpinus	.	6^{+}	.	.	2^{r}	.	.
Potamogeton crispus	.	6^{+}	.	.	5^{1}	.	50^{+}
Potamogeton obtusifolius	.	.	.	.	2^{1}	.	.
Potamogeton perfoliatus	3^{+}	.	.	.	.	.	.
Potamogeton sp.	.	.	.	.	2^{+}	.	.
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	2^{r}	.	.
Riccia fluitans	3^{r}	.	.	.	7^{r}	.	.
Rorippa amphibia	18^{r-1}	.	.	.	5^{r}	.	.
Rumex hydrolapathum	3^{r}	.	.	.	.	.	.
Sagittaria sagittifolia	50^{r-2}	17^{r-2}	100^{r}	60^{r-2}	15^{r-1}	13^{1}	.
Schoenoplectus lacustris	.	.	50^{2}	.	.	.	.
Scirpus sylvaticus	.	.	.	.	2^{+}	.	.
Sium latifolium	15^{r-+}	.	.	.	7^{r}	.	.
Sparganium emersum	18^{r-2}	28^{r-2}	.	.	32^{r-2}	75^{+-3}	50^{r-+}
Sparganium erectum	6^{1-2}	6^{1}	.	.	15^{1-2}	.	.
Spirodella polyrhiza	53^{r-2}	.	.	60^{r-2}	32^{r-2}	50^{r-1}	25^{+}
Spirogyra spp.	.	6^{2}	.	.	12^{r-2}	.	25^{+}
Stratoides aloides	6^{2}	.	.	.	.	.	.
Typha latifolia	.	.	.	.	10^{r-1}	.	.
Utricularia vulgaris	.	.	.	.	5^{r-1}	.	.
Veronica anagalis-aquatica	9^{r-1}	11^{r}	.	.	7^{r-+}	.	25^{r}
Veronica beccabunga	.	.	.	.	10^{r-1}	.	.

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 – *Nymphaeo albae-Nupharetum luteae*, 2 – *Potametum natantis*, 3 – *Trapetum natantis*, 4 – *Potametum perfoliati*, 5 – *Elodeetum canadensis*, 6 – *Potametum tenuifolii*, 7 – *Potametum berchtoldii*.

Таблица 2. Ассоциация *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae*

Table 2. Association *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae*

Площадь описания, м^2	50	50	50	50	50	65	15	15	25	30	25	20
Суммарное проективное покрытие, %	65	66	72	80	71	60	76	76	75	86	68	66
Глубина, см	40	85	82	58	53	45	40	18	>100	45	21	50
Скорость течения	1	2	3	2	5	4	5	3	4	1	1	1
Механический состав грунта	и-п	п-и	п-и	п-и	и-п	п-и	и-п	п-и-к	и-п	и-п	и-п	п-и
Участок реки	м	м	к	к	к	м	к	к	к	к	к	к
Число видов	4	4	7	4	5	2	3	4	3	3	4	4
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер описания в базе данных	257	298	301	309	441	506	523	629	722	827	831	954
Д.в. ассоциации *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae*												
Nuphar lutea	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
Д.в. класса Lemnetea												
Lemna minor	2	r	+	.	2	.	.	.	2	2	2	r
Spirodella polyrhiza	r	.	r	r	.	.	.	.	.	+	r	.
Д.в. класса Potametea												
Potamogeton natans	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.
Прочие виды												
Glyceria maxima	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Sagittaria sagittifolia	.	r	r	r	.	r	1	.	.	.	1	.
Sium latifolium	r	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Sparganium emersum	.	+	.	r	.	.	.	1	.	.	.	.
Sparganium erectum	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1

Примечание. Скорость течения: 1 – нет видимого течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 4 – умеренное, 5 – сильное. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, к – камни (небольшие), п – песчаный. Д. в. – диагностический вид. 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 %.

Отмечены в одном описании: *Potamogeton perfoliatus* 3 (+), *Rorippa amphibia* 9 (1), *Rumex hydrolapathum* 3 (r).

Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Томашевка, 53º05.278′ с.ш., 26º55.977′ в.д.; 2 – р. Мажа, 52º59.228′ с.ш., 26º59.721′ в.д.; 3 – р. Мажа, 52º59.139′ с.ш., 26º59.911′ в.д.; 4 – р. Весейка, 53º03.017′ с.ш., 27º39.060′ в.д.; 5 – р. Девица, 52º56.455′ с.ш., 27º29.657′ в.д.; 6 – р. Сколодина, 52º05.118′ с.ш., 28º38.352′ в.д.; 7 – р. Мытва, 51º42.984′ с.ш., 29º31.295′ в.д., 8 – р. Цекра, 53º04.804′ с.ш., 26º44.932′ в.д., 9 – р. Тремля, 52º36.291′ с.ш., 29º09.967′ в.д., 10 – р. Закованка, 52º07.556′ с.ш., 29º30.761′ в.д., 11 – р. Неначь, 52º10.942′ с.ш., 29º25.244′ в.д., 12 – р. Худра, 52º11.078′ с.ш., 29º25.184′ в.д.

С т р у к т у р а . Площадь описания от 15 до 65 м^2. Суммарное проективное покрытие сильно колеблется в диапазоне 60–85%. Обилие *Nuphar lutea* изменяется значительно с 35 до 80%. Участие содоминантов, ряски малой (*Lemna minor*) и многокоренника обыкновенного (*Spirodella polyrhiza*) со встречаемостью 68,6 и 51,4% соответственно, от незначительного повышается до 20%. Среди макрофитов с плавающими на поверхности воды листьями высоко участие водокраса лягушачьего (*Hydrocharis morsus-ranae*), рдеста плавающего (*Potamogeton natans*), жерушника земноводного (*Rorippa amphibia*), стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*).

Э к о л о г и я . Основные местообитания у береговой линии на глубинах от 20 и ближе к центру русла (глубина свыше 100 см), на которых скорость течения изменяется от еле выраженного для сильного. Грунты илистые и песчаные, изредка с наличием мелких камней.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Самая часто встречаемая из ассоциаций класса и союза как на канализированных, так и меандрированных участках русел малых водотоков. *Nuphar lutea* является евро-азиатским бореально-субмеридиональным водным видом и формируемая им ассоциация распространена в Восточной Сибири [23], Северо-Восточной России [25], Южном Урале [26], Восточном Поволжье [27], Европейской части России [28, 29], в Южной [30] и Восточной [9, 31, 32] Европе.

А с с . *Potametum natantis* Hild 1959.

С и н . : *Potametum natantis* von Soó 1927 (§ 2b, nomen nudum), *Polygono–Potametum natantis* Soó 1964, *Myriophyllo alterniflori–Potametum natantis* Rivas-Martínez et al. 2001, *Potametum natantis* Lashchinsky et Kipriyanova 2009.

Д . в . : *Potamogeton natans* (см. таблицу 1, синтаксон 2). Сообщества рдеста плавающего (*Potamogeton natans*).

В данной работе мы придерживаемся точки зрения, которая принята в работах [23, 27, 29, 31–33 и др.]: сообщества *Potametum natantis* морфологически (единственный из отмеченных видов рдестов на малых водотоках, имеющий плавающие на поверхности воды листья) соответствуют больше союзу Nymphaeion albae и Potamion [23].

Состав. Ценофлора ассоциации по материалам 18 описаний представлена 21 видом сосудистых растений и 1 видом зеленых нитчатых водорослей. В описаниях от 1 до 8 видов (в среднем – 3,8) (табл. 3).

Структура. Площадь сообществ сильно варьирует (от 10 до 50 м^2). Основу ценозов ассоциации составляет ковер из плавающих на поверхности воды листьев *Potamogeton natans* (с покрытием 30–75%). Сообщества имеют простую структуру.

Экология. Местообитания ценозов данной ассоциации – участки с песчано-илистыми грунтами и разнообразым течением, глубины от 18 и свыше 100 см, как на канализированных, так и меандрированных участках русел рек.

Распространение. Ассоциация достаточно часть встречается на исследованной территории, занимает как открытые, так защищенные от ветра участки малых водотоков.

Ареал *Potamogeton natans* – голарктический бореально-субмеридиональный, поэтому ассоциация широко распространена на территории всего Поволжья [17, 27, 33], Западной [34] и Восточной [35] Сибири, Северо-Восточной России [36] и Южном Урале [37, 38], в Северной [39], Западной [40, 41] и Восточной [9, 22, 32, 42–46] Европе, Северном Казахстане [47].

Асс. *Trapetum natantis* Kárpáti 1963.

Син.: *Trapo natantis–Nymphoidetum peltatae* Oberdorfer 1957 p. p. (§ 36, nomen ambiguum), *Trapetum natantis* Müller et Görs 1960 (fantom), *Trapa natans–Bestände* Müller et Görs 1960.

Д. в.: *Trapa natans* s.l. (см. табл. 1, синтаксон 3). Сообщества водяного ореха (рогульника) плавающего (*Trapa natans* s.l.).

Состав. Число видов ассоциации составляет 6 по материалам 2 описаний, в ценозах отмечено по 5 и 6 видов (в среднем – 5,5) (табл. 4, оп. 1–2).

Таблица 3. Ассоциация *Potametum natantis*

Table 3. As5sociation *Potametum natantis*

Площадь описания, м^2	10	10	10	10	50	50	50	30	30	25	15	25
Суммарное проективное покрытие, %	95	97	100	35	95	75	80	78	40	78	65	78
Глубина, см	40	72	19	20	63	63	38	18	35	60	50	40
Скорость течения	3	5	1	1	1	3	5	3	2	1	2	1
Механический состав грунта	п-и	п-и	п-и	п-и	и-п	п-и	и-п	п-и-к	и-п	и-п	п-н	п-и
Участок реки	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к
Число видов	8	7	4	1	2	3	4	3	2	4	2	4
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер описания в базе данных	105	215	221	224	387	391	520	628	843	905	980	994
Д.в. ассоциации *Potametum natantis*												
Potamogeton natans	4	4	5	3	4	3	5	4	3	4	4	4
Д.в. класса Lemnetea												
Ceratophyllum demersum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	
Lemna minor	2	2	2	1	3	3	.	.	.	2	.	.
Д.в. класса Potametea												
Elodea canadensis	.	2	1	+	.	.	.	.	.	.	.	1
Прочие виды												
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	.	.	.	.	r	1	.	.	2	1
Nuphar lutea	r	.	.	.	.	.	r	2	.	.	.	r
Sagittaria sagittifolia	.	.	.	.	.	.	1	.	r	.	.	.
Sparganium emersum	1	2	1	r	.	.	.	.	.	.	.	.

Примечание. Скорость течения: 1 – нет видимого течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 5 – сильное. Участок реки: к – канализированный. Механический состав грунта: и – илистый, к – камни (мелкие), н – наилок (небольшой) вдоль берега, п – песчаный. Д. в. – диагностический вид. 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 %.

Отмечены в одном описании: *Agrostis stolonifera* 1 (+), *Cardamine amara* 1 (r), *Galium palustre* 2 (1), *Glyceria maxima* 2 (r), *Myosotis palustris* 1 (1), *Rorippa amphibia* 1 (1), *Potamogeton crispus* 10 (+), *Sparganium erectum* 6 (1), *Veronica anagalis-aquatica* 2 (r).

Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Нератовка, 52º41.450′ с.ш., 29º00.450′ в.д.; 2 – р. Зарудечча, 52º57.290′ с.ш., 28º40.921′ в.д.; 3 – р. Талица, 52º59.709′ с.ш., 27º57.025′ в.д.; 4 – р. Цекра, 53º04.804′ с.ш., 26º44.932′ в.д.; 5 – р. Неначь, 52º11.348′ с.ш., 29º20.044′ в.д.; 6 – р. Ипа, 52º32.225′ с.ш., 29º29.457′ в.д.; 7 – р. Свиновод, 51º52.710′ с.ш., 28º04.982′ в.д.; 8 – р. Дымарка, 52º02.232′ с.ш., 29º27.208′ в.д., 9 – р. Мытва, 51º43.012′ с.ш., 29º31.264′ в.д., 10 – р. Талица, 52º59.614′ с.ш., 27º57.103′ в.д., 11 – р. Зарудечча, 52º57.436′ с.ш., 28º41.602′ в.д., 12 – р. Зарудечча, 52º57.013′ с.ш., 28º40.144′ в.д.

Таблица 4. Ассоциация *Trapetum natantis* (описания 1–2) и ассоциация *Potametum tenuifolii* (описания 3–10)

Table 4. Association *Trapetum natantis* (descriptions 1–2) and association *Potametum tenuifolii* (descriptions 3–10)

Площадь описания, м^2	100	100	10	10	20	20	35	50	35	30
Суммарное проективное покрытие, %	66	100	85	69	110	108	56	79	49	46
Глубина, см	38	37	29	127	63	72	65	40	32	40
Скорость течения	3	2	2	3	5	5	4	3	4	2
Механический состав грунта	и-п	и-п	п-и	п-и	п-и	п-и	п-и	и-п	п-и	п-и
Участок реки	м	к	к	к	к	к	к	к	к	к
Число видов	5	6	9	6	6	7	4	4	6	3
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер описания в базе данных	503	508	135	207	217	218	385	894	947	966
Д.в. ассоциации *Trapetum natantis*										
Trapa natans s.l.	3	4	.	.	.	.	.	.	.	.
Д.в. ассоциации *Potametum tenuifolii*										
Potamogeton alpinus	.	.	4	4	4	4	3	4	3	3
Sparganium emersum	.	.	2	1	3	2	+	1	.	.
Д.в. класса Lemnetea										
Lemna minor	.	.	1	2	2	1	r	3	1	.
Lemna trisulca	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r
Spirodella polyrhiza	.	.	+	r	.	.	.	1	r	.
Прочие виды										
Alisma plantago-aquatica	r	r	1	.	r	+	.	.	.	.
Eleocharis palustris	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Elodea canadensis	.	.	1	.	r	2	2	.	.	.
Glyceria maxima	.	.	.	.	r	1	.	.	1	.
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+
Nuphar lutea	2	3	.	.	.	.	.	.	1	.
Sagittaria sagittifolia	r	r	1	.	.	.	.	.	.	.
Schoenoplectus lacustris	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.

Примечание. Скорость течения: 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 4 – умеренное, 5 – сильное. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д. в. – диагностический вид. 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 %.

Отмечены в одном описании: *Agrostis stolonifera* 4 (+), *Bidens cernua* 3 (r), *Glyceria fluitans* 3 (r), *Potamogeton natans* 6 (r), *Schoenoplectus lacustris* 2 (2).

Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Сколодина, 52º04.272′ с.ш., 28º38.087′ в.д.; 2 – р. Сколодина, 52º04.244′ с.ш., 28º37.893′ в.д.; 3 – р. Нератовка, 52º39.040′ с.ш., 28º56.597′ в.д.; 4 – р. Зарудечча, 52º56.557′ с.ш., 28º39.569′ в.д.; 5 – р. Зарудечча, 52º57.012′ с.ш., 28º40.342′ в.д.; 6 – р. Зарудечча, 52º57.013′ с.ш., 28º40.144′ в.д.; 7 – р. Талица, 52º59.686′ с.ш., 27º57.044′ в.д.; 8 – р. Виша, 52º28.204′ с.ш., 29º15.134′ в.д.; 9 – р. Обедовка, 52º14.590′ с.ш., 29º18.691′ в.д.; 10 – р. Закованка, 52º02.904′ с.ш., 29º21.733′ в.д.

С т р у к т у р а . Площадь каждого описания по 100 м^2. Формируются моновидовые фитоценозы. Общее проективное покрытием изменяется от 66 до 100%. На долю доминирующего вида (*Trapa natans* s.l.) приходится 45–60%. *Trapa natans* s.l. – является охраняемым видом в Республике Беларусь и имеет IV (NT) категорию охраны [47, 48]. Содоминантом выступает *Nuphar lutea* с обилием 20–30%. Участие остальных видов незначительно.

Э к о л о г и я . Приурочены сообщества, как и ценозы Lemnetum minoris, к мелководьям с илисто-песчаными грунтами на участках со слабо выраженным течением. Глубины до 40 см.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Сообщества ассоциаций редко встречаются на малых водотоках в виду охраняемого статуса ценозообразующего вида (*Trapa natans* s.l.). Ареал *Trapa natans* – евро-азиатский температурно-субмеридиональный. Ассоциация распространена в Среднем [17] и Нижнем [33, 50] Поволжье, Восточной Сибири [23], Юго-Западном Нечерноземье России [51], в Западной [31, 40, 41, 45, 52–54] и Восточной [9, 42, 46] Европе, Северном Казахстане [47].

С о ю з Potamion Miljan 1933.

С и н . : Potamion eurosibiricum Koch 1926 p. p. (§ 34a), Magno–Potamion eurosibiricum Vollmar 1947, Parvo–Potamion eurosibiricum Vollmar 1947,

Eu-Potamion (Koch 1926) Oberdorfer 1957, Magno-Potamion (Vollmar 1947) den Hartog et Segal 1964, Parvo-Potamion (Vollmar 1947) den Hartog et Segal 1964, Potamion pusilli (Vollmar 1947) den Hartog et Segal 1964 (fantom), Potamion pectinati (Koch 1926) Görs 1977.

Этот союз включает водную растительность, в которой доминируют различные виды *Potamogeton*, а в некоторых случаях также *Elodea*, *Myriophyllum*, *Najas*. Большинство из них с узкими подводными листьями, хотя некоторые имеют крупные цельные листья, которые либо погружены в воду, либо с плавают на поверхности воды [22]. Ряд диагностических видов ассоциаций союза имеют широкую экологическую амплитуду и способны формировать сообщества в стоячей и проточной воде с различным уровнем минерализации [23].

Асс. ***Potametum perfoliati*** Miljan 1933.

Син.: *Potametum perfoliato-crispi* Bellot 1951 p. p., *Potametum pectinato-perfoliati* den Hartog et Segal 1964 p. p., *Potametum perfoliati* Passarge 1964, *Potametum perfoliati cordato-lanceolati* Arendt 1982, *Potametum perfoliato-lucentis* Blaženčić et Blaženčić 1989 p. p.

Д. в.: *Potamogeton perfoliatus* (см. табл. 1, синтаксон 4). Сообщества рдеста пронзённолистного (*Potamogeton perfoliatus*).

Состав. По материалам 5 описаний сообщества ассоциации насчитывают от 1 до 5 видов на пробной площади (в среднем – 3,4). Видовой состав описан 7 видами (табл. 5, оп. 1–4).

Таблица 5. Ассоциация *Potametum perfoliati* (описания 1–4) и ассоциация *Potametum berchtoldii* (описания 5–9)

Table 5. Association *Potametum perfoliati* (descriptions 1–4) and *Potametum berchtoldii* (descriptions 5–9)

Площадь описания, м^2	10	50	50	50	25	25	30	30	25
Суммарное проективное покрытие, %	85	91	80	72	65	68	76	63	25
Глубина, см	71	67	85	70	65	32	>100	45	20
Скорость течения	1	2	4	2	2	3	4	4	3
Механический состав грунта	и-п	и-п	и-п	п-и	и-п	и-п	п-и	п-и	и-п
Участок реки	м	к	к	к	к	к	к	к	к
Число видов	5	5	1	2	4	8	4	8	6
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер описания в базе данных	252	303	713	873	887	417	715	718	720
Д.в. ассоциации *Potametum perfoliati*									
Potamogeton perfoliatus	4	4	5	4	.	.	.	.	.
Д.в. ассоциации *Potametum berchtoldii*									
Potamogeton berchtoldii	.	.	.	.	.	3	4	3	3
Д.в. класса Lemnetea									
Lemna minor	r	1	.	.	2	2	2	2	r
Spirodella polyrhiza	r	2	.	.	1	+	.	.	.
Д.в. класса Potametea									
Elodea canadensis	.	.	.	.	.	.	2	2	.
Potamogeton crispus	.	.	.	.	.	.	+	+	.
Potamogeton natans	2	.	.	.	r	.	.	.	r
Прочие виды									
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Hydrocharis morsus-ranae	1	.	.	.	.	r	.	.	r
Nuphar lutea	.	+	.	.	.	.	.	.	r
Sagittaria sagittifolia	.	2	.	1	3	.	.	.	.
Sparganium emersum	.	.	.	.	.	.	.	+	r
Veronica anagalis-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	0.1	.

Примечание. Скорость течения: 1 – нет видимого течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 4 – умеренное. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д. в. – диагностический вид. 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 %.

Отмечены в одном описании: *Agrostis stolonifera* 6 (r), *Ceratophyllum demersum* 8 (r), *Lemna trisulca* 6 (2), *Spirogyra* spp. 6 (+), *Veronica anagalis-aquatica* 8 (r).

Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Нача, 52º52.305′ с.ш., 26º35.669′ в.д.; 2 – р. Мажа, 52º59.088′ с.ш., 26º59.934′ в.д.; 3 – р. Нача, 52º53.039′ с.ш., 26º33.390′ в.д.; 4 – р. Неначь, 52º09.907′ с.ш., 29º13.559′ в.д.; 5 – р. Виша, 52º22.471′ с.ш., 29º10.261′ в.д.; 6 – р. Весейка, 53º12.488′ с.ш., 27º45.952′ в.д.; 7 – р. Тремля, 52º41.852′ с.ш., 29º08.944′ в.д.; 8 – р. Тремля, 52º41.816′ с.ш., 29º08.937′ в.д., 9 – р. Тремля, 52º38.832′ с.ш., 29º10.592′ в.д.

Структура. Площадь сообществ 10–50 м^2. Общее проективное покрытие сообществ колеблется в диапазоне 72–91%. Плавающие на поверхности воды макрофиты встречаются единично в составе фитоценозов и не имеют ценотической значимости (см. табл. 5, оп. 1–4). В ярус погруженных растений входит только доминирующий *Potamogeton perfoliatus*.

Экология. Сообщества ассоциации *Potamogeton perfoliatus* неправильной формы отмечены на глубинах 67–80 см с илистыми и песчаными грунтами на участках с невыраженным и умеренным течением.

Распространение. Ареал *Potamogeton perfoliatus* – голарктический плюризональный. Ассоциация широко распространена в Среднем Поволжье [17], Восточной [23, 55] и Западной [34, 56] Сибири, Южном Урале [26, 37, 38, 57], Юго-Западном Нечерноземье России [51], на Северо-Востоке России [36], в Восточной [9, 22, 32, 42, 46, 54, 58, 61], Западной [41, 52, 59, 60], Северной [39] и Южной [62] Европе, на территории Северного Казахстана [47].

Acc. *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967.

Син.: *Helodeetum canadensis* Eggler 1933 (§ 2b, nomen nudum), *Aggrpm. ad Anacharis canadensis–Potamogeton crispus* Pignatti 1953 (§ 3c), *Elodeetum canadensis* Pignatti 1953 (fantom), *Elodeetum canadensis* Soó 1964 (§ 2b, nomen nudum), *Sparganio-Elodeetum* Weber-Oldecop 1977.

Д. в.: *Elodea canadensis* (см. табл. 1, синтаксон 5). Ценозы элодеи канадской (*Elodea canadensis*).

Состав. По материалам 41 описания число видов фитоценозов ассоциации составляет 40, из которых 38 – сосудистых растений, 1 вид печеночных мхов и 1 зеленых нитчатых водорослей. Видовое богатство сообществ – 1–12 видов (в среднем – 4,9) (табл. 6).

Структура. Сообщества ассоциации формируют различные по площади ценозы: от 10 до 70 м^2. Общее проективное покрытие – 30–110% (обилие *Elodea canadensis* колеблется от 30 до 100%). Большое количество видов, отмеченных в ходе работ, не имеет ценотического значения и характеризуется низкой встречаемостью, т.к. *Elodea canadensis* является выраженным доминантом сообществ.

Экология. Местообитания сообществ ассоциации – в основном центральные части русел (меандированных и канализированных) с различной степенью выраженности скорости течения. Глубин широкий диапазон: от мелководий до 100 см, грунты песчаные и/или илистые.

Распространение. Ценозы с преобладанием *Elodea canadensis* часто встречаются в водотоках бассейна реки Припять.

Elodea canadensis – американский температно-меридиональный вид, который занесен на другие континенты, где и натурализовался. Ассоциация имеет почти космополитное распространение: представлена в Среднем [17] и Восточном [27] Поволжье, Восточной Сибири [23], Европейской части России [29], Южном Урале [26, 57], Юго-Западном Нечерноземье России [51], в Восточной [9, 22, 32, 42, 45, 46, 54, 61], Западной [41, 59] и Северной [63] Европе, в Северном Казахстане [47].

Acc. *Potametum tenuifolii* Kiprijanova et Laščinskij 2000.

Син.: *Potametum alpini* Br.-Bl. 1949 (§ 2b, nomen nudum), *Potametum alpini* Podbielkowski 1967 (§ 3c).

Д. в.: *Potamogeton alpinus* (=*P. tenuifolius*), *Sparganium emersum* (см. табл. 1, синтаксон 6). Сообщества рдеста альпийского (*Potamogeton alpinus*).

Состав. По материалам 8 описаний ценофлора ассоциации представлена 15 видами, в составе сообществ – от 3 до 9 видов (в среднем – 5,6).

Структура. Площадь описаний – 10–50 м^2 (табл. 4, оп. 3–10). Общее проективное покрытие сообществ ассоциации *Potametum tenuifolii* составляет 49–110%, из них 40–60% доля участия ценозообразователя *Potamogeton alpinus*.

Экология. Сообщества ассоциации *Potametum tenuifolii* встречаются, как правило, на песчано-илистых грунтах с глубинами 29–127 см на канализированных и меандрированных участках водотоков с разной скоростью течения.

Распространение. Ценозы рдеста альпийского редко встречаются в районе исследований. Ареал *Potamogeton alpinus* – голарктический плюризональный. Ассоциация представлена в Восточной [23, 35, 64, 65] и Западной [66, 67] Сибири, в Восточной Европе [22, 32].

Acc. *Potametum berchtoldii* Krasovskaja 1959.

Син.: *Potametum berchtoldii* Wijsman ex Schipper et al. in Schaminée et al. 1995.

Д. в.: *Potamogeton berchtoldii* (см. табл. 1, синтаксон 7). Сообщества рдеста Берхтольда (*Potamogeton berchtoldii*).

Состав. По материалам 4 описаний ценофлора ассоциации представлена 15 видами (14 сосудистых растений и 1 нитчатая зеленая водоросль), в составе сообществ – от 4 до 8 видов (в среднем – 6,5). Из всех выявленных видов 53% отмечены лишь единожды.

Таблица 6. Ассоциация *Elodeetum canadensis*

Table 6. Association *Elodeetum canadensis*

Площадь описания, м^2	10	10	70	50	50	25	50	30	25	20	50	30
Суммарное проективное покрытие, %	78	110	105	51	97	80	90	103	85	85	76	64
Глубина, см	23	42	91	37	24	43	40	39	30	30	42	70
Скорость течения	3	2	5	4	3	3	5	1	2	1	3	3
Механический состав грунта	п-и	п-и	п-и	п-и	п-и	и-п	п	и-п	п-и	и-п	и-п	п-и
Участок реки	к	к	к	к	к	к	м	к	к	к	к	к
Число видов	12	7	4	5	5	9	1	3	3	3	4	3
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер описания в базе данных	92	195	213	274	291	416	473	710	800	806	893	1005
Д.в. ассоциации *Elodeetum canadensis*												
Elodea canadensis	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4
Д.в. класса Lemnetea												
Ceratophyllum demersum	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1
Lemna minor	r	2	1	r	2	1	.	2	2	2	1	.
Spirodella polyrhiza	.	.	+	r	2	1	.	.	.	.	.	.
Д.в. класса Potametea												
Potamogeton berchtoldii	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Прочие виды												
Bidens cernua	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Glyceria maxima	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Nuphar lutea	.	.	.	1	2	r	.	.	.	r	.	.
Sagittaria sagittifolia	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
Sparganium emersum	2	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.

Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено, 3 – слабое, 4 – умеренное, 5 – быстрое. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, п – песчаный. Д. в. – диагностический вид. 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 %.

Отмечены в одном описании: *Agrostis stolonifera* 6 (r), *Alisma plantago-aquatica* 6 (+), *Berula erecta* 2 (1), *Bidens tripartita* 1 (r), *Callitriche palustris* 1 (1), *Glyceria fluitans* 1 (1), *Lemna trisulca* 6 (+), *Potamogeton alpinus* 1 (1), *Potamogeton natans* 11 (r), *Potamogeton obtusifolius* 6 (1), *Ranunculus sceleratus* 1 (r), *Scirpus sylvaticus* 2 (+), *Sparganium erectum* 2 (2), *Spirogyra* spp. 11 (+), *Utricularia vulgaris* 6 (r), *Veronica beccabunga* 1 (+).

Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Нератовка, 52º37.974′ с.ш., 28º51.930′ в.д.; 2 – р. Комаринка, 52º58.898′ с.ш., 28º40.419′ в.д.; 3 – р. Зарудечча, 52º57.012′ с.ш., 28º39.937′ в.д.; 4 – р. Локнея, 53º03.075′ с.ш., 27º23.404′ в.д.; 5 – р. Ужанка, 53º02.967′ с.ш., 27º22.915′ в.д.; 6 – р. Весейка, 53º12.536′ с.ш., 27º46.073′ в.д.; 7 – р. Тур, 52º02.831′ с.ш., 29º06.982′ в.д.; 8 – р. Нератовка, 52º44.695′ с.ш., 29º05.959′ в.д., 9 – р. Закованка, 52º02.901′ с.ш., 29º21.648′ в.д., 10 – р. Дымарка, 52º02.283′ с.ш., 29º27.309′ в.д., 11 – р. Виша, 52º28.145′ с.ш., 29º15.084′ в.д., 12 – р. Тремля, 52º41.896′ с.ш., 29º08.951′ в.д.

Структура. Площадь описании небольшая (25–30 м^2) (см. табл. 5, оп. 5–9). Общее проективное покрытие сообществ ассоциации *Potametum berchtoldii* составляет 25–76%.

Экология. Сообщества *Potametum berchtoldii* встречаются, как правило, на песчано-илистых грунтах на глубинах от 20 до 100 см на канализированных участках водотоков с разной проточностью. За исключением вида ценозообразователя и диагностических видов классов Lemnetea и Potametea, другие отмченные виды не имеют ценотической значимости.

Распространение. Ценозы рдеста Берхтольда редко встречаются в районе исследований. Ареал *Potamogeton berchtoldii* – голарктический плюризональный. Ассоциация широко распространена в Восточной [23] и Западной [66, 68] Сибири, в Западной [24, 33, 41, 59, 69] и Восточной [22, 54, 70] Европе.

В ходе полевых исследований единожды описан ряд сообществ (табл. 7).

Acc. *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958.

Син.: *Potamo natantis–Nymphaeetum candidae* Hejný 1948 ms. (§ 1), *Potamo natantis–Nymphaeetum candidae* Hejný et Husák in Dykyjová et Květ 1978.

Д. в.: *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*. Сообщество кувшинки чисто-белой (*Nymphaea candida*).

Состав. Видовой состав сообщества включает 4 вида сосудистых растений (см. табл. 7, оп. 1).

Структура. Сообщество занимает большую площадь – 100 м^2. Суммарное проективное покрытие видов достигает 93%, из которых 80% принадлежит доминирующим видам – *Nuphar lutea* и *Nymphaea candida*.

Таблица 7. Характеристика некоторых ассоциаций класса Potemetea

Table 7. Characteristics of some associations of the class Potametea

Площадь описания, м^2	100	50	10	50	20
Суммарное проективное покрытие, %	93	53	89	65	75
Глубина, см	37	32	29	100	94
Скорость течения	2	1	4	4	2
Механический состав грунта	и-п	и-п	п-и-к	и-п	и-п
Участок реки	к	м	к	к	м
Число видов	4	3	11	4	6
Табличный номер описания	1	2	3	4	5
Номер описания в базе данных	507	420	227	379	247
Nuphar lutea*	**3**	.	.	.	1
Nymphaea candida	**4**	.	.	.	.
Sagittaria sagittifolia	1	.	.	.	.
Sparganium erectum	2	.	.	.	.
Persicaria amphibium	.	**3**	.	.	.
Spirodella polyrhiza	.	2	.	1	2
Spirogyra spp.	.	1	.	.	.
Alisma plantago-aquatica	.	.	r	.	.
Bidens cernua	.	.	r	.	.
Bidens frondosa	.	.	r	.	.
Elodea canadensis	.	.	2	2	.
Glyceria maxima	.	.	1	.	.
Lemna minor	.	.	2	2	2
Myriophyllum verticillatum	.	.	1	.	.
Persicaria hydropiper	.	.	r	.	.
Potamogeton friesii	.	.	**3**	.	.
Sparganium emersum	.	.	+	.	.
Veronica beccabunga	.	.	r	.	.
Potamogeton trichoides	.	.	.	**3**	.
Potamogeton compressus	.	.	.	.	**3**
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	.	.	1
Potamogeton pectinatus	.	.	.	.	1

Примечание. Скорость течения: 1 – нет выраженного течения, 2 – слегка выражено, 4 – умеренное. Участок реки: к – канализированный, м – меандрированный. Механический состав грунта: и – илистый, к – камни (мелкие), п – песчаный. 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 %. Местонахождение пробных площадей: 1 – р. Сколодина, 52º04.332′ с.ш., 28º36.062′ в.д.; 2 – р. Сивельга, 52º53.072′ с.ш., 27º35.180′ в.д.; 3 – р. без названия, 52º53.713′ с.ш., 28º41.105′ в.д.; 4 – р. Солянка, 53º02.272′ с.ш., 28º12.316′ в.д.; 5 – р. Нача, 52º53.250′ с.ш., 26º33.269′ в.д.

Ассоциации: 1 – *Nymphaeetum candidae*, 2 – *Potamo natantis-Polygonetum natantis*, 3 – *Potametum friesii*, 4 – *Potametum trichoidis*.

***** – обозначены диагностические виды соответствующих ассоциаций.

Экология. Ценоз описан на канализированном участке русла водотока с илисто-песчаным грунтом, где скорость течения едва выражена, а глубина – 37 см.

Распространение. Ареалы ценозообразователей – евро-азиатские бореальные. Ассоциация распространена в Северо-Восточной России [25] и Восточной Сибири [71], в Восточной [32, 72] и Западной [40, 41] Европе, в Монголии (Šumberová, 2011, цит. по [71]).

Acc. *Potamo natantis–Polygonetum natantis* Knapp et Stoffers 1962.

Син.: *Polygonetum natantis* von Soó 1927 (§ 2b, nomen nudum), Stad. *Polygonum amphibium* (Pohjala 1933) Tímár 1950 (§ 3d), *Polygonum amphibium aquaticum*–Gesellschaft Görs in Oberdorfer et al. 1977, *Polygonetum natantis* Soó ex Brzeg et Wojterska 2001.

Д. в.: *Persicaria amphibia*. Сообщество горца земноводного (*Persicaria amphibia*).

Состав. Видовой состав ассоциации описан двумя видами сосудистых растений и 1 нитчатой зеленой водорослью (см. табл. 7, оп. 2).

Структура. Имеет сообщество простую структуру: на поверхности воды среди плавающих листьев *Persicaria amphibia* встречаются листецы *Spirodella polyrhiza*.

Экология. Площадь сообщества достаточно большая (50 м^2), отмечена на меандриро-

ванном участке русла с глубиной 32 см на илисто-песчаном грунте без выраженного течения.

Распространение. Ареал *Persicaria amphibia* – голарктический бореально-субмеридиональный. Ассоциация распространена в Восточной Сибири [71, 73–76], в Восточной [32] и Западной [41] Европе, в Монголии (Šumberová, 2011, цит. по [71]), Японии (Šumberová, 2011, цит. по [71]) и США (Šumberová, 2011, цит. по [71]).

Acc. *Potametum friesii* Tomaszewicz ex Šumberová in Chytrý 2011.

Син.: *Potametum friesii* Iversen 1929 (fantom), *Potametum mucronati* Miljan 1933 (§ 2b, nomen nudum), *Potametum mucronati* Sauer 1937 (fantom), *Potametum perfoliati potametosum mucronati* Sauer 1937, *Potametum mucronati* Tomaszewicz 1979 (§ 5).

Д. в.: *Potamogeton friesii*. Сообщество рдеста Фриса (*Potamogeton friesii*).

Состав. В составе фитоценоза описано 11 видов цветковых растений (см. табл. 7, оп. 3).

Структура. Ценозообразователем является *Potamogeton friesii*, ему содоминирует *Elodea canadensis* в погруженном ярусе. Высока доля участия *Lemna minor*. Обилие остальных видов, слагающих сообщество низкое.

Экология. Сообщество на канализированном участке небольшое по площади – 10 м^2. Грунт илисто-песчаный с мелкими камнями. Скорость течения умеренная.

Распространение. У рдеста Фриса ареал голарктический бореально-субмеридиональный. Ассоциация распространена в Восточной Сибири [74, 76] и Восточной Европе (Šumberová, 2011, цит. по [71]) [23].

Acc. *Potametum trichoidis* Tüxen 1974.

Син.: *Potamogeton trichoides*–Gesellschaft Freitag et al. 1956 (§ 3c), *Potametum trichoidis* (Freitag, Markus & Schwipel 1958) Tiixen 1974, *Myriophyllo alterniflori–Potametum trichoidis* Velayos et al. 1989 p. p.

Д. в.: *Potamogeton trichoides*. Сообщество рдеста волосовидного (*Potamogeton trichoides*).

Состав. Описан 4 видами сосудистых растений (см. табл. 7, оп. 4)

Структура. Простая структура у сообщества слагается погруженными *Potamogeton trichoides* (доминант) и *Elodea canadensis*. На поверхности воды с невысоким обилием отмечены *Lemna minor* и *Spirodella polyrhiza*.

Экология. Фитоценоз, площадью 50 м^2, описан на канализированном участке русла с умеренным течением и илисто-песчаным грунтом. Глубина 100 см.

Распространение. Ареал *Potamogeton trichoides* – евро-западно-азиатский температно-субмеридиональный, в этой связи ассоциация имеет ограниченное распространение. Отмечена на Южном Урале [36, 56], в Восточной [21, 31], Западной [40] и Южной [29] Европе.

Acc. *Myriophyllo spicati–Potametum compressi* Chepinoga et al. 2013.

Син.: *Potametum compressi* Tomaszewicz 1979, *Ceratophyllo–Potamogetonetum compressi* Passarge 1996 (§ 7).

Д. в.: *Potamogeton compressus*. Сообщество рдеста сплюснутого (*Potamogeton compressus*).

Состав. Отмчено 6 видов сосудистых растений слагающих ценоз (см. табл. 7, оп. 5).

Структура. Ярус погруженных растений сложен ценозообразователем – *Potamogeton compressus*. Ярус надводный состоит из плавающих на поверхности воды листецов *Lemna minor* и *Spirodella polyrhiza*. Ценотическая роль остальных видов незначительна.

Экология. Фитоценоз описан на меандрированном достаточно глубоком (94 см) участке русла с илисто-песчаным грунтом и плавным течением. Занимает незначительную площадь в 20 м^2.

Распространение. Ареал *Potamogeton compressus* – голарктический бореально-субмеридиональный. Ассоциация распространена в Восточной Сибири [23, 35], Южном Урале [37, 77], Южном Нечерноземье России [78], в Восточной [22] и Южной [79] Европе.

В ходе проведенных нами исследований установлено, что в составе класса Potametea малых трансформированных водотоков бассейна реки Припять описано 12 ассоциаций, относящихся к 2 союзам и 1 порядку. Распространение сообществ ассоциаций *Trapetum natantis* ограничено местами произрастания диагностирующего и доминирующего вида – *Trapa natans* s.l.

Ценофлора класса насчитывает суммарно 58 видов, из которых один вид (*Trapa natans* s.l.) относится к охраняемым на территории Беларуси [48]. Кроме того, в составе ценофлоры отмечено по одному виду зеленых водорослей (*Spirogyra* spp.) и печеночных мхов (*Riccia fluitans*). Наибольшее видовое богатство характерно для сообществ ассоциаций *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* (всего 33 вида) и *Elodeetum canadensis* (суммарно 40 видов). Причиной такого высокого флористического разнообразия, вероятнее всего, является задерживание неприкрепленных ко дну макрофтов среди плавающих на поверхности воды листьев *Nuphar lutea* и *Nymphaea candida*, а также непосредственная близость сообществ *Ny-*

mphaeo albae–Nupharetum luteae и *Elodeetum canadensis* к береговой линии, что создает возможности произрастания нетипичных видов для данных сообществ.

Согласно литературным данным растительность класса Potametea водных объектов Беларуси представлена 26 ассоциациями [6, 80]. Из них в 5 ассоциациях ценообразователями или константными видами являются охраняемыми в республике растения: гидрилла мутовчатая (*Hydrilla verticillata*), наяды большая (*Najas major*) и морская (*Najas marina*), кувшинка белая (*Nymphaea alba*), *Trapa natans* s.l. На трансформированных малых водотоках бассейна реки Припять нами отмечено 12 ассоциаций, относящихся к классу Potametea.

Заключение

По результатам проведённых геоботанических исследований водных фитоценозов трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять выявлено 12 ассоциаций класса Potametea, относящихся к 2 союзам и 1 порядку. Ассоциации *Elodeetum canadensis* и *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* имеют самое широкое распространение среди всех выявленных сообществ: на их долю приходится 34,7 и 29,7% выполненных описаний. У ценозов, которые входят в данные ассоциации, не отмечено тяготения к конкретной части русла реки: встречаются на меандрированных и канализированных участках русел с разнообразными типами грунта и глубинами. Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано для ассоциаций *Nymphaeo albae–Nupharetum luteae* и *Elodeetum canadensis*: их ценофлора состоит из 33 и 40 видов соответственно.

Благодарности

Выражаем искреннюю признательность д.б.н. О. В. Созинову, к.б.н. Р. В. Цвирко, н.с. Д. Ю. Жилинскому и н.с. Г. В. Ермоленковой за содействие в проведении полевых исследований.

Литература

1. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. М. Ю. Калинина, А. Г. Ободовского. – Мн. : Белсэнс, 2003. – 269 с.

2. Синякевич, Л. Н. Антропогенные изменения ландшафтно-гидрологических условий в бассейне реки Неман / Л. Н. Синякевич // 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.

3. 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.

4. Савицкая, К. Л. Видовое и фитоценотическое 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.

5. 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.

6. Савицкая, К. Л. Синтаксономическая структура растительности малых рек Минской области / К. Л. Савицкая // Гидроботаника 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. Лапиров, Д. А. Филиппов, Э. В. Гарин. – Ярославль, 2015. – С. 212–214.

7. Латышев, С. Э. Высшая водная растительность озера Нещедро / С. Э. Латышев, Л. М. Мержвинский, Ю. И. Высоцкий // Геоботанические исследования естественных экосистем : проблемы и пути их решения ; международная науч.-практическая конф. (2015 ; Гомель). Международная научно-практическая конференция «Геоботанические исследования естественных экосистем : проблемы и пути их решения», 26–27 ноября 2015 г. [посвящ. 80-летию со дня рождения известного белорусского геоботаника Сапегина Леонида Михайловича : материалы] / редкол. : Н. М. Дайнеко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – С. 81–84.

8. Власов, Б. П. Водная растительность озера Черствятское / Б. П. Власов, С. Э. Латышев, Л. М. Мержвинский, Ю. И. Высоцкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2020. – № 4. – С. 39–45.

9. Дубина, Д. В. Синтаксономическое разнообразие растительности устьевой области Днепра. IV. Класс Potametea Klika in Klika et Novák 1941 // Д. В. Дубына, Т. П. Дзюба // Растительность России. – 2010. – № 16. – С. 3–26.

10. Полевая геоботаника : в 5 т. / под общ. редакцией Е. В. Лавренко, А. А. Корчагин. – Издательство академии наук СССР Москва–Ленинград, 1959. – Т. I. – 444 с.

11. Ипатов, В. С. Методы описания фитоценоза / В. С. Ипатов. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2000. – 89 с.

12. Мойсейчик, Е. В. Растительность класса Lemnetea трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять / Е. В. Мойсейчик // Ботаника (исследования): сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество. – Минск, 2024. – Выпуск 53. – С. 139–151.

13. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien; New York, 1964. – 865 s.

14. Киприянова, Л. М. Современное состояние водной и прибрежно-водной растительности Чановской системы озер / Л. М. Кипрянова // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 201–213.

15. Бобров, А. А. Растительный покров малой южнотаёжной реки и его изменение при зарегулировании стока (на примере реки Куекша, Костромская область) / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Труды Карельского научного центра РАН. – 2012. – № 1. – С. 33–47.

16. Вейсберг, Е. И. Структура и динамика сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника / Е. И. Вейсберг. – Миасс : ИГЗ УрО РАН, 1999. – 122 с.

17. Папченков, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Положья : Монография / В. Г. Папченков. – Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. – 200 с.

18. Миркин, Б. М. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг, Л. Г. Наумова. – М., 1989. – 223 с.

19. JUICE version 7.1 [Electronic resource]. – 2024. – Mode of access: https://www.sci.muni.cz/botany/juice/.

20. Мойсейчик, Е. В. Флористическая классификация растительности: методические приемы обработки в программе JUICE / Е. В. Мойсейчик // Ботаника (исследования) : Сборник научных трудов. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2013. – Выпуск 42. – С. 232–242.

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 водоёмов Байкальской Сибири / В. В. Чепинога ; отв. ред. О. А. Аненхонов. – Иркутск : Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 468 с.

24. Passarge, H. Pflanzengesellschaften Nordostdeutsch- lands. 1. Hydro und Therophytosa / H. Passarge. – Berlin; Stuttgart, 1996. – 298 s.

25. Тетерюк, Б. Ю. Водная и прибрежно-водная растительность озера Донты (Республика Коми) / Б. Ю. Тетерюк // Растительность России. – 2008. – № 12. – С. 76–96.

26. 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.

27. Чемерис, Е. В. Растительный покров истоковых ветландов Верхнего Поволжья / Е. В. Чемерис. – Рыбинск, 2004. – 187 с.

28. Кузьмичев, А. И. Типологическая дифференциация гидрофито-ценосистем озер зоны краевых оледенений Ярославского и Вологодского Поозерий / А. И. Кузьмичев // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Материалы 4-й науч.-практ. конф. – Ярославль, 2008. – Вып. 4. – Т. 1. – С. 148–154.

29. Бобров, А. А. Очерк растительного покрова малых рек Колокша и Вожа (Ярославская область) / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2005. – Т. 110. – Вып. 5. – С. 52–64.

30. Melendo, M. Synopsis of aquatic plant-communities of the class Potametea in the southern Iberian Peninsula / M. Melendo, E. Cano, Fr. Valle // Acta Botanica Gallica. – 2003. – Vol. 150. – № 4. – P. 429–444. DOI: 10.1080/12538078.2003.10516011.

31. Jermacāne, S. Latvijā aprakstīto augu sabiedrību sintaksonu saraksts / S. Jermacāne, M. Laiviņš // Latvijas Veģetācija. – 2001. – Vol. 4. – P. 115–132.

32. Продромус рослинності України / Д. В. Дубина, Т. П. Дзюба, С. М. Ємельянова [та ін.]. – Київ, Наукова думка, 2019. – 784 с.

33. Лосев, Г. А. Дополнения к синтаксономии макрофитных сообществ дельты р. Волги / Г. А. Лосев, В. Б. Голуб. – М, 1988. – 23 с. – Деп. в ВИНИТИ 10.11.88. № 7947–В 88.

34. 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.

35. Chytrý, M. Syntaxonomy of vegetation of Svjatoj Nos Peninsula, Lake Baikal, Non-forest communities / M. Chytrý, P. Pešout, P. Anenchonov // Folia Geobot. Phytotax. – 1993. – V. 28, No. 3. – P. 337–383.

36. Тетерюк, Б. Ю. Водная и прибрежно-водная растительность озера Ямозеро (Республика Коми) / Б. Ю. Тетерюк // Растительность России. – 2011. – № 19. – С. 101–116.

37. Петров, С. С. Синтаксономия водной растительности Башкирии. III. Классы Lemnetea Tx. 1955 и Potametea Klika in Klika et Novak 1941 / С. С. Петров, Л. И. Онищенко. -- М, 1991. – 68 с. – Деп. в ВИНИТИ 09.10.91. № 3887–В 91.

38. Григорьев, И. Н. Синтаксономия водной растительности Башкирии. I. Классы Lemnetea Tx. 1955 и Potametea Klika in Klika et Novak 1941 / И. Н. Григорьев, А. И. Соломещ. – М, 1987. – 48 с. – Деп. в ВИНИТИ 07.09.87. № 6555–В 87.

39. Balevičienė, J. Qualitative and quantitative parameters of phytocenoses in Lithuanian lakes of different trophic state / J. Balevičienė, A. Balevičius. // Ekologija. – 2006. – P. 34–43.

40. Passarge, H. Zur Syntaxonomie mitteleuropäische Nymphaiden-Gesellschaften / H. Passarge // Tuxenia. – 1992. – N 12. – S. 257–273.

41. Felzines, J.-C. Contribution au prodrome des végétations de France : les Potametea Klika in Klika & V. Novák 1941 / J.-C. Felzines // Documents Phytosociologiques, Nouvelle série / Bailleul : Association amicale francophone de Phytosociologie. Série 3. – 2016. – Vol. 3. – P. 218–437.

42. Дубына, Д. В. Синтаксономическое разнообразие растительности устьевой области Днепра. IV. Класс Potametea Klika in Klika et Novak 1941 / Д. В. Дубына, Т. П. Дзюба // Растительность России. – 2010. – № 16. – С. 3–26.

43. Matuszkiewicz, W. Przewodnik do oznacznia zbiorowisk roślinnych Polski / W. Matuszkiewicz. – Warszawa, 1981. – 298 s.

44. Čhernohous, F. Macrophyte vegetation of Eastern and North-eastern Bohemia / F. Čhernohous, S. Husák. // Folia Geobot. Phytotax. – 1986. – Vol. 21. – N 2. – P. 114–161.

45. Borhidi, A. An annotated checklist of the Hungarian plant communities I. The non-forest vegetation / A. Borhidi // Acta. Bot. Hung. – 1996. – Vol. 39. – N 3–4. – P. 43–94.

46. Дубина, Д. В. Вища водна рослинність. Lemnetea, Potametea, Ruppietea, Zosteretea, Isoëto-Littorelletea (Eleocharition acicularis, Isoëtion lacustris, Potamion graminei, Sphagno-Utricularion), PhragmitoMagnocaricetea (Glycerio-Sparganion, Oenanthion aquaticae, Phragmition communis, Scirpion maritimi) / Д. В. Дубина // Рослинність України / Відп. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – Київ, 1996. – 412 с.

47. Свириденко, Б. Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана / Б. Ф. Свириденко. – Омск, 2000. – 196 с.

48. 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 : Беларуская энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.

49. Мойсейчик, Е. В. Новые находки охраняемых видов растений на малых трансформированных водотоках бассейна реки Припять / Е. В. Мойсейчик // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского (7–9 октября 2015, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол. : В. В. Титок [и др.]. – Минск, Конфидо, 2015. – С. 143–146.

50. Лосев, Г. А. К синтаксономии сообществ водных макрофитов в дельте р. Волги / Г. А. Лосев, В. Б. Голуб. – М., 1987. – 55 с. – Деп. в ВИНИТИ 30.07.87, № 5425–В 87.

51. Анищенко, Л. Н. Флора и растительность настоящих водных макрофитов водоёмов и водотоков Юго-Западного Нечерноземья России / Л. Н. Анищенко, Т. Н. Буховец. – Брянск, 2009. – 187 с.

52. Schubert, R. Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts / R. Schubert, H. Herdam, H. Weinitschke, J. Frank // Mitteilung zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt 2. – Halle, 2001. – 689 s.

53. Tzonev, R. T. Syntaxa according to the Braun-Blanquet approach in Bulgaria / R. T. Tzonev, M. A. Dimitrov, V. H. Roussakova // Phytologia Balcanica. – 2009. – Vol. 15. – N 2. – P. 209–233.

54. Matuszkiewicz, W. Przewodnik do oznaczania zbiorovisk roślinnych Polski. Ed. 3 / W. Matuszkiewicz. – Warszawa, 2007. – 537 s.

55. Гринина, Г. Т. Цветковая растительность мелководных озер, проток и соров дельты р. Селенги / Г. Т. Гринина // Экология растительности дельты реки Селенги. – Новосибирск, 1981. – С. 73–92.

56. Таран, Г. С. Водная растительность (*Lemnetea*, *Potametea*) поймы р. Оби (в пределах Александровского района Томской области) / Г. С. Таран // Растительность России. – 2008. – № 12. – С. 68–75.

57. Голованов, Я. М. Водная растительность Южного Урала (Республика Башкортостан). II. Класс Potametea / Я. М. Голованов, С. М. Ямалов, З. Б. Бактыбаева, С. С. Петров // Растительность России. – 2015. – № 27. – С. 40–77.

58. Чинкіна, Т. Синтаксономічна схема заплавної рослинності гирлової ділянки Дніпра / Т. Чинкіна // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2006. – Вип. 42. – С. 32–37.

59. Pott, R. Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Ed. 2 / R. Pott. – Stuttgart, 1995. – 622 s.

60. Dierßen, K. Vegetation Nordeuropas / K. Dierßen. – Stuttgart, 1996. – 838 s.

61. Moravec, J. Rostlinna spolecenstva Ceske republicy ajejichochrozem. 2 vyd. / J. Moravec, E. Balátová-Tuláčková, D. Blažková et al. – Priloha, 1995. – S. 92–103.

62. Rivas-Martínez, S. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level / S. Rivas-Martínez, F. Fernández-González, J. Loidi, M. Lousã, A. Penas // Itinera Geobot. – 2001. – Vol. 14. – P. 5–341.

63. Rodwell, J. S. British plant communities. 4. Aquatic communities, swamps and tall-herb fens / J. S. Rodwell. – Cambridge, 1995. – 296 p.

64. Азовский, М. Г. Высшая водная растительность олиготрофных озер бассейна оз. Байкал / М. Г. Азовский // Проблемы экологии, биоразнообразия и охраны природных экосистем Прибайкалья : Сб. ст. к 80-летию каф. ботаники и генетики Иркутского гос. ун-та. – Иркутск, Изд-во Иркутс. ун-та, 2000. – С. 6–15.

65. Чепинога, В. В. Речная растительность подтаёжной подзоны юга Иркутской области / В. В. Чепинога, А. А. Бобров // Экосистемы малых рек : биоразнообразие, экология, охрана. Лекции и материалы докл. Всерос. шк.-конф. (18–21 нояб. 2008, Борок). – Борок, Принтхаус, 2008. – С. 331–334.

66. Киприянова, Л. М. Синтаксономический очерк растительности малых рек Новосибирской области / Л. М. Киприянова, М. А. Клещев // Растительность России. – 2019. – № 35. – С. 3–27.

67. Киприянова, Л. М. Растительность рек Бердь и её притоков (Новосибирская область, Западная Сибирь) / Л. М. Киприянова // Растительность России. – 2008. – № 12. – С. 201–213.

68. Киприянова, Л. М. Новые синтаксоны водной и прибрежно-водной растительности / Л. М. Киприянова, Н. Н. Лащинский // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 2. – С. 209–213.

69. Schratt, L. Potametea / L. Schratt, G. Grabherr, L. Mucina (eds.) // Die Pflanzengesellschaften Österreichs. II. Natürliche waldfreie Vegetation. – Jena; Stuttgart; New York, Gustav Fischer Verlag. – P. 55–78.

70. Šumberová, K. Vegetace vodních rostlin zakořeněných ve dně (Potametea) / K. Šumberová // M. Chytrý (ed.) Vegetace České republiky. 3. Voodní a mokřadní vegetace. – Praga, Academia. 2011. – S. 102–249.

71. Chepinoga, V. V. Classification of aquatic vegetation (Potametea) in Baikal Siberia, Russia, and its diversity in a northern Eurasian context / V. V. Chepinoga, E. Bergmeier, S. A. Rosbakh, K. M. Fleckenstein // Phytocoenologia. – 2013. – Vol. 43. – Iss. 1–2. – P. 127–167.

72. Kłosowski, S. Habitat conditions of the *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958 and *Nupharo-Nymphaeetum albae* Tomaszewicz 1977 dominated by *Nymphaea albae* / S. Kłosowski, H. Tomaszewicz // Acta Socieatatis botanicorum Poloniae. – 1989. – Vol. 58, nr. 4. – P. 613–624.

73. Гагарин, П. К. Водная растительность прибрежных участков / П. К. Гагарин // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала / Н. А. Флоренсов (ред.). – Новосибирск : Наука, 1977. – С. 142–148.

74. Гагарин, П. К. Высшая водная растительность залива Мухор (оз. Байкал) / П. К. Гагарин // География и природные ресурсы. – 1991. – № 4. – С. 92–98.

75. Азовский, М. Г. Особенности распространения высших водных растений вдоль восточного берега озера Байкал / М. Г. Азовский // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 59–64.

76. Растительность речных экосистем Северного Прибайкалья / Г. И. Галазий [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1992. – 175 с.

77. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / С. М. Ямалов, В. Б. Мартыненко, Л. М. Абрамова, В. Б. Голуб, Э. З. Баишева, А.В. Баянов. – Уфа : АН РБ, Гилем, 2012. – 100 с.

78. Анищенко, Л. Н. Фитоценотическое разнообразие, продуктивность и биоиндикационное значение сообществ макрофитной растительности водных объектов бассейна р. Десны и Ипути (в пределах Брянской области) / Л. Н. Анищенко // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – № 4 (2). – С. 98–102.

79. Zervas, D. A phytosociological survey of aquatic vegetation in the main freshwater lakes of Greece / D. Zervas, I. Tsiripidis, E. Bergmeier, V. Tsiaoussi // Vegetation Classification and Survey. – 2020. – Vol. 1. – P. 53–75. DOI: 10.3897/VCS/2020/48377.

80. Латышев, С. Э. Продромус водной растительности Белорусского Поозерья / С. Э. Латышев, Л. М. Мержвинский, Ю. И. Высоцкий // Флора и растительность в меняющемся мире:проблемы изучения, сохранения и рационального использования : материалы II Международной научной конференции, Минск, 24–27 сентября 2024 г. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – С. 118–123.

Поступила в редакцию 08.11.2024 г.

УДК 630*182:581.526.42:581.9(476)

А. В. ПУЧИЛО

ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕНОВНИКА КИСЛИЧНОГО В БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. Приведены результаты многолетних эколого-фитоценотических исследований кленовников кисличного типа, полученные на основе анализа лесоводственно-таксационных характеристик древесного яруса, видового разнообразия подроста, подлеска, живого напочвенного покрова, а также почвенно-гидрологических условий и физико-химических свойств почв. Показано, что кленовник кисличный (*Aceretum oxalidosum*) является самым распространенным на территории Беларуси типом кленовых лесов, занимающий 62,9% площади кленовой формации. Установлено, что клен остролистный в кисличной серии типов леса может преобладать в составе древостоя и формировать фитоценозы со своим господством, содоминировать со всеми основными лесообразующими породами, оказывать существенное влияние на фитоценотическое разнообразие лесов республики, главным образом, широколиственных.

Ключевые слова: клен остролистный, кленовые леса, геоботанические подзоны Беларуси, распространение, типы леса, кленовник кисличный, древостои, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, фитоценоз, формация, занимаемая площадь, почвенно-грунтовые условия, генетические горизонты почв, широколиственные леса.

A. V. PUCHILO

ACERETUM OXALIDOSUM GEOBOTANICAL CHARACTERISTIC IN BELARUS

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

Annotation. The results of long-term ecological-phytocenotic studies of the *oxalidosum*-type maple forests obtained on the basis of analysis of silvicultural and taxonomic characteristics of tree stand, species diversity of young growth, undergrowth, ground cover, as well as soil-hydrological conditions and physical and chemical properties of soils are presented. It is shown that wood sorrel maple forest (*Aceretum oxalidosum*) is the most widespread type of maple forests on the territory of Belarus, occupying 62.9% of the area of maple formation. It has been established that the norway maple in the wood sorrel type of forest can prevail in the composition of the stand and form phytocenoses with its dominance, co-dominate with all the main forest-forming species, have a significant impact on the phytocenotic diversity of the forests of the republic and mainly – broad-leaved forests.

Key words: maple, maple forests, geobotanical subzones of Belarus, distribution, forest types, wood sorrel maple, forest stands, young growth, undergrowth, ground cover, phytocenosis, formation, occupied area, soil and groundwater conditions, genetic soil horizons, broadleaved forests.

Введение

Клен остролистный, как типичная сопутствующая порода смешанных лесов Европы, является компонентом дубрав, ясенников и елово-широколиственных насаждений и очень часто формирует фитоценозы со своим господством. И. Д. Юркевичем и В. С. Адерихо [1] выявлены и описаны 5 типов кленовых лесов (черничный, кисличный, снытевый, крапивный и папоротниковый). Выделенные типы кленовников охватывают ряд ассоциаций, отличающихся по примеси древесных пород, сочетанию и обилию растений напочвенного покрова, подлеска, подроста присущих данному типу. В пределах кленовой формации типы леса являются общими для всей территории республики, поскольку они отражают однородные почвенно-грунтовые условия, но зональные климатические особенности накладывают отпечаток на их фитоценотическую структуру. Поэтому типы кленовых лесов в северной, центральной и южной частях Беларуси в большей или меньшей степени различаются по составу сопутствующих видов, кустарниковому, кустарничковому и травяно-моховому ярусам. Такие варианты одного и того же типа кленовников называются климатически замещающими.

На территории Беларуси по данным РУП «Белгослес» на 01.01.2023 г. кленовые леса занимают 11 693,3 га или 0,16% лесопокрытой площади.

В сравнение с 1978 г. площадь кленовников увеличилась в 14,8 раза. Большая часть кленовых насаждений (38,63%), расположена в северной геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов. В центральной и южной геоботанических подзонах занимаемая ими площадь составляет 31,81 и 29,56% площади кленовников республики.

Материалы (объекты) и методы их исследования

Объектами исследований послужили кленовые леса Беларуси. Геоботанические исследования проводили в лесхозах республики со значительным сосредоточением указанных лесов методом маршрутного изучения на типологических пробных площадях (ТПП) согласно «Методическим указаниям к изучению типов леса» [2] и «Программы и методики биогеоценологических исследований» [3] с применением лесотипологических методических разработок лаборатории геоботаники и картографии растительности ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси».

Детальному изучению кленовых фитоценозов предшествовало рекогносцировочное обследование лесных участков. В наиболее типичных местах закладывали типологические пробные площади, размер которых определялся, во-первых, достаточной площадью выявленной ассоциации и, во-вторых, необходимым методическим требованиям лесной таксации. Всего заложено 19 ТПП, из них 4 в кисличных условиях местопроизрастания. Помимо перечисленных работ, анализировали базы данных ЛРУП «Белгослес» повыдельной таксации лесных насаждений Беларуси 1978 и 2019 гг.

Название растений (русские и латинские) в работе приведены по «Определителю растений Беларуси» [4] с уточнением по С. К. Черепанову [5].

В лабораторных условиях определяли: гранулометрический состав почвы по Н. А. Качинскому, содержание гумуса (по И. В. Тюрину), pH в солевой вытяжке (потенциометрическим методом), гидролитическую кислотность (по Каппену), сумму поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу), подвижный фосфор (по А. Т. Кирсанову), обменный калий (по А. А. Масловой), подвижное железо (фотоэлектрометрически), Al_2O_3 (по А. В. Соколову). Кроме того, вычисляли максимальную емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями. Все анализы выполняли в двух-трёхкратной повторности.

Результаты исследований и их обсуждение

Кленовник кисличный (*Aceretum oxalidosum*) является самым распространенным на территории Беларуси типом кленовых лесов, занимающий 62,9% площади кленовой формации. Встречается повсеместно, но чаще в северных, центральных и восточных геоботанических районах республики (Борисовский, Осиповичский опытный, Костюковичский лесхозы, ГПУ НП «Беловежская пуща» и другие).

В кисличном типе кленовников редко образуются фитоценозы с преобладанием в господствующей части древесного полога клена остролистного. Как правило, в этих условиях формируются смешанные, высокопродуктивные (II–I бонитета) с хорошо выраженной ярусностью древостои (табл. 1). В примеси с кленом растут ель обыкновенная, дуб черешчатый, граб обыкновенный, береза повислая, ясень обыкновенный, липа мелколистная, осина обыкновенная. Общий запас насаждений в возрасте 115–190 лет составляет 300–700 м^3/га. Средний прирост древесины за год в зависимости от возраста и полноты насаждения колеблется от 1,5 (190 лет) до 6,2 м^3/га (115 лет).

Зональные особенности кленовника кисличного на территории республики в направлении с севера на юг проявляются в геоботанических подзонах по примеси к клену других лесообразующих пород: ели – дубово-темнохвойных; ели, дуба и граба – грабово-дубово темнохвойных; дуба и граба – широколиственно-сосновых лесов. В кленовнике кисличном по содоминантам к основному эдификатору (клену) и доминантам напочвенного покрова выделены следущие ассоциации: кленовник елово-зеленчуково-кисличный (*Pieeeto–Aceretum galeobdoloso-oxalidosum*), елово-дубово-зеленчуково-кисличный (*Piceeto–Querceto–Aceretum galeobdoloso-oxalidosum*), елово-грабово-зеленчуково-кисличный (*Piceeto–Carpineto–Aceretum galeobdoloso-oxalidosum*), елово-грабово-звездчатково-кисличный (*Piceeto–Carpineto–Aceretum stellarioso-oxalidosum*). В них отражены климатические и эдафофитоценотические особенности строения кленовых фитоценозов.

Подлесок в кленовнике кисличном по площади расположен более-менее равномерно. Он хорошо развит и состоит из малины обыкновенной, рябины обыкновенной, лещины обыкновен-

ной, жимолости лесной, бересклета бородавчатого и волчьего лыка (табл. 2). Количество лещины колеблется от 0,4 до 2,1 тыс. шт./га. Она достигает высоты 4–6 м. В кусте насчитывается от 2 до 12 (в среднем 5) порослевин. Наиболее обильна в подлеске 30–95 сантиметровая поросль малины и рябины обыкновенной, максимальное количество которой может составлять соответственно 16,5–4,5 тыс. шт./га.

В составе естественного возобновления кленовника кисличного участвуют семь основных лесообразующих пород, из которых пять относятся к группе широколиственных лесов (табл. 3). Среди них наиболее обилен в зависимости от региона подрост клена остролистного, дуба черешчатого и граба обыкновенного. Долевое участие в составе подроста ели обыкновенной, ильма шершавого и ясеня обыкновенного составляет 0,3–2,8%. В центральной части республики подрост состоит в основном на 54,8–90,8% из дуба и клена соответственно. В южном направлении на фоне уменьшения численности в составе подроста клена значительно увеличилось участие граба до 95,7–99,1%.

Таблица 1. Лесоводственно-таксационная характеристика кленовника кисличного

Table 1. Forestry and taxation characteristics of the wood sorrel maple forest

№ ТПП	ГПУ НП, лесхоз, лесничество	Ассоциация	Состав*	Бонитет	Возраст, лет	Полнота	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечения, м²/га	Количество стволов, шт./га	Запас, м³/га		Средний прирост, м³/га
											древостоя	в т.ч. клена	
115	Борисовский, Неманецкое	Елово-зеленчуково-кисличная	7Кл3Е+Д 9Е1Кл ед.Г	I	115	0,9 0,2	29,5 7,0	41,4 11,5	34,7 2,0	258 196	459 14	294	4,0
114	Борисовский, Неманецкое	Елово-дубово-зеленчуково-кисличная	4Кл3Д2Е1Б+Я 10Е ед.Г	I	115	0,9 0,1	29,9 9,2	39,6 6,7	29,0 1,2	235 325	711 6	56	6,2
121	ГПУ НП «Беловежская пуща», Хвойникское	Елово-грабово-зеленчуково-кисличная	5Кл4Г1Е+Я 3Е3Лп2Г2Яед.Яб(л)	II	190	0,6 0,3	27,0 11,8	40,1 9,5	23,2 6,1	183 871	281 38	132	1,48
120	ГПУ НП «Беловежская пуща», Хвойникское	Елово-грабово-звездчатково-кисличная	7Кл1Г1Е1Яед.ЛпОс 6Г3Е1Я ед.Кл	II	139	0,8 0,3	27,7 10,8	39,3 8,1	26,3 4,5	780 880	334 23	218	2,4
Примечание. * – в числителе – I ярус, в знаменателе – II ярус.													

Таблица 2. Характеристика подлеска кленовника кисличного

Table 2. Characteristics of the undergrowth of the wood sorrel maple forest

№ ТПП	Ассоциация	Растение	Количество, тыс. шт./га	Высота, см		
				минимальная	максимальная	средняя
115	Елово-зеленчуково-кисличная	*Corylus avellana* L.	1,5	150	450	300
		Sorbus aucuparia L.	4,5	45	95	70
		Euonymus verrucosa Scop.	0,01	65	75	70
		Daphne mesereum L.	0,4	40	80	60
114	Елово-дубово-зеленчуково-кисличная	*Corylus avellana* L.	2,1	200	400	300
		Sorbus aucuparia L.	1,2	40	70	55
		Lonicera xylosteum L.	2,0	30	70	50
		Padus racemosa (Lam.) Gilib.	1,6	70	110	90
		Rubus idaeus L.	2,8	40	80	60
121	Елово-грабово-зеленчуково-кисличная	*Corylus avellana* L.	0,6	350	450	400
		Rubus idaeus L.	16,4	30	70	45
120	Елово-грабово-звездчатково-кисличная	*Corylus avellana* L.	0,4	30	350	190

Таблица 3. Характеристика естественного возобновления кленовника кисличного

Table 3. Characteristics of the natural renewal of the wood sorrel maple forest

№ ТПП	Ассоциация	Порода*						Итого	Возраст, лет
		клен	дуб	ель	ильм	граб	ясень		
115	Елово-зеленчуково-кисличная	102,8 / 17	7,6 / 23	2,4 / 43	0,4 / 22	–	–	113,2 / 18	1–10
114	Елово-дубово-зеленчуково-кисличная	38,8 / 18	30,0 / 22	2,0 / 41	–	–	–	70,8 / 20	1–10
121	Елово-грабово-зеленчуково-кисличная	1,6 / 26	–	1,6 / 13	–	90,0 / 8	0,8 / 40	94,0 / 9	1–15
120	Елово-грабово-звездчатково-кисличная	–	–	–	–	46,8 / 8	0,4 / 30	47,2 / 8	1–10
В среднем для типа леса:		35,8	9,4	1,5	0,1	34,2	0,3	81,3	–
Примечание. * – в числителе – количество, тыс. шт., в знаменателе – средняя высота, см.									

Для всего подроста характерной особенностью является его низкая средняя высота 8–43 см, обусловленная 1–3-летним возрастом. В ходе изучения естественного возобновления под пологом елово-грабовых дубрав И. Д. Юркевичем и А. З. Тютюновым [6] установлено, что средний возраст самосева клена, граба, дуба и липы составляет 2,5–3 года, а у ели он значительно выше – 7 лет.

Отсутствие в подросте более высоких экземпляров, видимо, связано с его периодическим отмиранием и обновлением. По данным О. В. Смирновой [7] высокая возобновляемость клена остролистного в спелых и перестойных насаждениях обеспечивается его участием в составе древостоев господствующей части полога, регулярным интенсивным плодоношением с малой дальностью распространения семян (до 250 м), так как клены, входящие в состав растительности нижних ярусов, практически не плодоносят. Однако, у самосева клена под пологом леса, из-за недостатка света верхушечные побеги слабо одревесневают и после перезимовки молодые растения часто отмирают [8]. Большой отпад наблюдается и у подроста граба, так как он в 2–3 летнем возрасте достаточно светолюбив.

Структура живого напочвенного покрова в кленовнике кисличном довольно сложна. Наилучшего развития напочвенный покров достигает в высоковозрастных насаждениях. В составе покрова насчитывается 32 вида (табл. 4).

Наибольшее распространение и наивысший процент участия в данных условиях получили растения мезофитно-мегатрофной группы, характеризующиеся средней требовательностью к влажности почвы и повышенной к ее плодородию. Основным индикатором условий произрастания фитоценозов данного типа является кислица обыкновенная, она же создает и общий фон напочвенного покрова. В покрове широко представлены сныть, крапива двудомная, зеленчук желтый, перелеска благородная, голокучник Линнея и другие виды.

Флористическое разнообразие напочвенного покрова кленовника кисличного составляют 32 вида растений, относящихся к 29 родам, 22 семействам, 17 порядкам, 4 классам, 3 отделам (табл. 5, см. табл. 4). К отделу Хвощеобразные (*Equisetophyta*), включающему один класс Хвощевидные (*Equisetopsida*), один порядок Хвощи (*Equisetales*), одно семейство Хвощовые (*Equisetaceae*), один род Хвощ (*Equisetum*), относится один вид – Хвощ лесной (*Eguisetum sylvaticum* L.). Отдел Папоротникообразные (*Polypodiophyta*) представлен одним классом Папоротниковидные (*Polypodiopsida*), одним порядком Многоножки (*Polypodiales*), и тремя семействами. В семейство Кочедыжниковые (*Athyriaceae*) входит один род Кочедыжник (*Athyrium*) и один вид – Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*), семейство Щитовниковые (*Dryopteridaceae*) насчитывает два рода – Щитовник и Голокучник. Род Щитовник (*Dryopteris*), включает в себя два вида – Щитовник шартрский или игольчатый (*Dryopteris carthusiana*) и Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), а род Голокучник (*Gymnocarpium*), представлен одним видом – Голокучником трехраздельным, или Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*). Семейство Гиполеписовые (*Hypolepidaceae*) включает один род Орляк (*Pteridium*) и один вид – Орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*). К отделу Покрытосеменные (*Magnoliophyt*а) относится два класса, 15 порядков и 18 семейств, включающих 23 рода и 26 видов, причем на класс Двудольные (*Magnoliopsida*) приходится 10 порядков, 12 семейств, 16 родов и 16 видов, а на класс Однодольные (*Liliopsida*) – 5 порядков, 6 семейств, 8 родов и 10 видов. В этом отделе содержится 81,8% флоры кленовника кисличного.

Таблица 4. Характеристика живого напочвенного покрова кленовника кисличного

Table 4. Characteristics of the ground cover of the wood sorrel maple forest

Экологическая группа растений по отношению к увлажнению и плодородию почвы		Растение	Среднее для типа леса					Балл обилия в ассоциации			
			Постоянство, %	Встречаемость, %	Проективное покрытие, %	Обилие, балл	Высота, см	елово-зеленчуково-кисличная (ТПП-115)	елово-дубово-зеленчуково-кислич-ная (ТПП-114)	елово-грабово-звездчатково-кисличная (ТПП-120)	елово-грабово-зеленчуково-кисличная (ТПП-121)
Мезофиты	Олиготрофы	*Luzula pilosa* (L.) Willd.	25,0	1,0	0,1	1	12,0	1	–	–	–
	Мезотрофы	*Dryopteris carthusiana* (Will.) H.P. Fuchs	50,0	5,0	0,8	1	31,9	–	–	1	2
		Maianthtmum bifolium (L.) F.W. Schmidt	100,0	59,0	3,6	4	15,4	4	3	4	4
		Viola canina L	50,0	2,0	0,2	1	10,2	–	1	1	–
		Rubus saxatilis L.	25,0	2,0	0,3	1	17,5	–	–	1	–
		Pteridium agilinum (L.) Kuhn	25,0	3,0	1,6	2	48,3	2	–	–	–
		Polygonatum odoratum (Mill.) Druce	25,0	1,0	0,1	1	25,0	–	1	–	–
	Мегатрофы	*Aegopodium podagraria* L.	75,0	31,0	3,8	3	26,2	4	4	1	–
		Oxalis acetosella L.	100,0	93,0	32,4	6	11,2	6	6	4	6
		Urtica dioica L.	50,0	5,0	0,5	1	34,0	–	–	1	1
		Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm.	100,0	49,0	5,6	4	20,6	3	3	4	5
		Hepatica nobilis Mill.	100,0	36,0	2,5	3	14,7	4	4	1	1
		Galeobdolon luteum Huds.	100,0	78,0	12,5	5	20,4	5	5	3	5
		Paris guadrifolia L.	75,0	5,0	1,0	2	23,6	1	1	1	–
		Stellaria holostea L.	100,0	36,0	4,8	3	23,0	2	4	4	3
		Anemonoides nemorosa L. Holub	75,0	43,0	4,6	3	19,1	4	4	1	–
		Poa nemoralis L.	25,0	5,0	2,0	2	40,0	–	2	–	–
		Asperula odorata L.	100,0	19,0	1,9	2	22,0	3	2	2	1
		Millium effusum L.	50,0	13,0	1,3	2	35,2	–	–	3	3
		Carex sylvatica Huds.	25,0	1,0	0,1	1	25,0	1	–	–	–
		Dryopteris filix-mas (L.) Schott	50,0	3,0	0,6	1	38,8	1	–	–	1
		Glechoma hederacea L.	50,0	11,0	0,8	1	14,6	3	–	1	–
		Dentaria bulbifera L.	25,0	5,0	0,4	1	76,0	*	–	1	–
		Sanicula europaea L.	25,0	2,0	0,3	1	32,5	1	–	–	–
		Polygonatum multiflorum (L.) All.	25,0	8,0	0,8	1	16,0	–	–	2	–
		Geranium robertianum L.	25,0	6,0	1,1	2	12,0	–	–	3	–
Мезогигрофиты	Мезотрофы	*Eguisetum sylvaticum* L.	25,0	1,0	0,1	1	30,0	–	–	–	1
	Мегатрофы	*Moehringia trinervia* (L.) Clairv.	25,0	4,0	1,3	2	6,8	–	–	2	–
		Impatiens noli-tangere L.	25,0	1,0	0,1	1	35,0	–	–	–	1
		Athyrium filix-femina (L.) Roth	50,0	12,0	2,9	2	40,8	3	2	–	–
		Dactylorhiza maculata (L.) Soó	25,0	1,0	0,1	1	30,0	–	1	–	–
Гигрофиты	Мегатрофы	*Carex remota* L.	25,0	2,0	0,2	1	32,5	–	–	–	1

Таблица 5. Характеристика систематических групп напочвенного покрова кленовника кисличного

Table 5. Characteristics of the systematic groups of the ground cover of the wood sorrel maple forest

Отделы, классы	Общее число		
	семейств	родов	видов
Хвощеобразные, Хвощевидные	1	1	1
Папоротникообразные, Папоротниковидные	3	4	5
Покрытосеменные, Двудольные	12	16	16
Покрытосеменные, Однодольные	6	8	10
Всего	**22**	**29**	**32**

Семейства кленовника кисличного содержат в основном весьма близкое число родов и видов 1–2. Из общего числа семейств, составляющих флористическое разнообразие этого типа леса, почти половина (48,3%) содержит один род и один вид. Пять семейств представлены двумя родами и двумя видами. И только два семейства: щитовниковые (щитовники картузианский и мужской, голокучник трехраздельный) и спаржевые (майник двулистный, купены душистая и многоцветковая) выделяются несколько более высоким трехвидовым разнообразием.

Большая часть флористического разнообразия напочвенного покрова кленовника кисличного представлена монотипными родами, содержащими по одному виду растений (табл. 6, 7). Битипные роды (по два вида), составляют незначительную часть в флористическом комплексе.

В напочвенном покрове кленовника кисличного преобладает лесной тип растительности, в котором в зависимости от способности видов приспособляться к другим условиям местопроизрастания выделяются несколько переходных групп: болотно-лесные, северно-лесные, южнолесные, опушечно-лесные, опушечно-прибрежно-лесные и опушечно-луговые (табл. 8).

Все его видовое разнообразие распределилось между четырьмя географическими элементами: бореальным, неморальным, понтическим и евросибирским (табл. 9). Бореальный и неморальный элементы характеризуются наибольшим количеством видов, видимо, в связи с географическим положением территории Беларуси, по которой согласно ботанико-географическому районированию бывшего СССР [9] проходит граница между двумя областями Голарктического домениона: Евразийской таежной (хвойно-лесной) и Европейской широколиственно-лесной. В выделенных географических элементах напочвенный покров составляют виды с ареалами, приуроченными к климату умеренных широт (табл. 10), которые широко распространены и в северной геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов Беларуси.

Согласно классификации И. Г. Серебрякова [10] в спектре жизненных форм напочвенного покрова кленовника кисличного 90,6% его видового разнообразия составляют многолетние травы (табл. 11). Среди них на долю вегетативно подвижных растений приходится 93,1%. Одно-двулетние и двулетние травы, а также полукустарники представлены единичными видами растений.

Таблица 6. Сравнительная характеристика богатства родами и видами семейств напочвенного покрова кленовника кисличного

Table 6. Comparative characterization of the richness of genera and species families of the wood sorrel maple forest ground cover

№ ПП	Названия семейств	Общее число	
		родов	видов
1	Хвощовые – *Equisetaceae* L.C. Richard ex DC.	1	1
2	Кочедыжниковые – *Athyriaceae* Alston	1	1
3	Щитовниковые – *Dryopteridaceae* Ching (= *Aspidiaceae*, nom. *illegit*)	2	3
4	Гиполеписовые – *Hypolepidaceae* Pichi-Sermolli	1	1
5	Лютиковые – *Ranunculaceae* Juss.	2	2
6	Крапивные – *Urticaceae* Juss.	1	1
7	Гвоздичные – *Caryophyllaceae* Juss.	2	2
8	Фиалковые – *Violaceae* Batsch	1	1
9	Крестоцветные – *Brassicaceae* Burnett (= *Cruciferae*)	1	1
10	Розовые – *Rosaceae* Juss.	1	1
11	Кисличные – *Oxalidaceae* R. Br.	1	1
12	Гераниевые – *Geraniaceae* Juss.	1	1
13	Недотроговые – *Balsaminaceae* A.Richard	1	1
14	Сельдерейные (= Зонтичные) – *Apiaceae* Lindl. (= *Umbelliferae*)	2	2
15	Мареновые – *Rubiaceae* Juss.	1	1
16	Яснотковые (= Губоцветные) – *Lamiaceae* Lindl. (= *Labiatae*)	2	2
17	Спаржевые – *Asparagaceae* Juss.	2	3
18	Трилистниковые – *Trilliaceae* Lindl.	1	1
19	Ятрышниковые – *Orchidaceae* Juss.	1	1
20	Ситниковые – *Juncaceae* Juss.	1	1
21	Осоковые – *Cyperaceae* Juss.	1	2
22	Мятликовые (= Злаки) – *Poaceae* Barnhart (= *Gramineae*)	2	2
Всего		**29**	**32**

Таблица 7. Родовой спектр флористического разнообразия напочвенного покрова кленовника кисличного

Table 7. Genus spectrum of floristic diversity of the ground cover of the wood sorrel maple forest

№ ПП	Названия родов	Число видов
1	Хвощ – *Equisetum* L.	1
2	Кочедыжник – *Athyrium* Roth	1
3	Щитовник – *Dryopteris* Adans.	2
4	Голокучник – *Gymnocarpium* Newm.	1
5	Орляк – *Pteridium* L.	1
6	Ветреничник – *Anemonoides* Mill.	1
7	Перелеска – *Hepatica* Mill.	1
8	Крапива – *Urtica* L.	1
9	Мерингия – *Moehringia* L.	1
10	Звездчатка – *Stellaria* L.	1
11	Фиалка – *Viola* L.	1
12	Зубянка – *Dentaria* L.	1
13	Рубус (Ежевика) – *Rubus* L.	1
14	Кислица – *Oxalis* L.	1
15	Герань – *Geranium* L.	1
16	Недотрога – *Impatiens* L.	1
17	Сныть – *Aegopodium* L.	1
18	Подлесник – *Sanicula* L.	1
19	Подмаренник – *Galium* L.	1
20	Зеленчук – *Galeobdolon* Adans.	1
21	Будра – *Glechoma* L.	1
22	Купена – *Polygonatum* Mill.	2
23	Майник – *Majanthemum* Wigg.	1
24	Вороний глаз – *Paris* L.	1
25	Пальчатокоренник – *Dactylorhiza* Nevski	1
26	Ожика – *Luzula* DC.	1
27	Осока – *Carex* L.	2
28	Бор – *Milium* L.	1
29	Мятлик – *Poa* L.	1
Всего		**32**

По способу преспособленности травянистых растений к условиям мест произрастания в соответствии с классификацией К. Раункиера выделено пять типов жизненных форм: гемикриптофиты, криптофиты (геофиты), фанерофиты (нанофанерофиты), хамефиты и терофиты, среди которых наиболее распространенными являются гемикриптофиты – 18 видов (56,2%) и криптофиты (геофиты) – 9 видов (28,1%), что вполне соответствует климату умеренных широт (табл. 12).

Живой напочвенный покров кленовника кисличного как компонент лесного фитоценоза в биологическом плане имеет положительное и отрицательное значение, а некоторые его виды могут использоваться в отдельных отраслях народного хозяйства в качестве технического и лекарственного сырья, посадочного материала для озеленения городов и населенных пунктов (табл. 13).

Видовое разнообразие напочвенного покрова кленовника кисличного включает в себя три редких вида, подлежащих охране, один из них – зубянка луковичная, включен в Красную книгу Республики Беларусь, два других вида – перелеска благородная и пальчатокоренник пятнистый входят в «Список видов дикорастущих растений, нуждающихся в профилактической охране».

Зубянка луковичная, или клубненосная (*Dentaria bulbifera* L.) относится к IV категории национального природоохранного значения, как потенциально уязвимый вид. Включен в Красные книги Латвии и Псковской области Российской Федерации.

Перелеска благородная (*Hepatica nobilis* Mill.) – подлежит профилактической охране как «пограничный» лесной декоративный вид, требующий внимания (LC).

Пальчатокоренник пятнистый (*Dactylorhiza maculata* (L.) Soy) – подлежит профилактической охране как болотно-луговой декоративный и лекарственный вид семейства орхидных, включенный в Приложение II к Конвенции СИТЕС, требующий внимания (LC).

Таблица 8. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по эколого-фитоценотическим группам

Table 8. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by ecological-phytocenotic groups

Лесные
Eguisetum sylvaticum L. – Хвощ лесной
Dryopteris carthusiana (Will.) H.P. Fuchs – Щитовник шартрский, или игольчатый
Dryopteris filix–mas (L.) Schott – Щитовник мужской
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Geranium robertianum L. – Герань Роберта
Galium odoratum (L.) Scop.(= *Asperula odorata* L.) – Подмаренник душистый
Galeobdolon luteum Huds. (= *Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Paris quadrifolia L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
Luzula pilosa (L.) Willd. – Ожика волосистая
Milium effusum L. – Бор развесистый
Poa nemoralis L. – Мятлик дубравный, или лесной
Болотно-лесные
Athyrium filix-femina (L.) Roth – Кочедыжник женский
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Impatiens noli-tangere L. – Недотрога обыкновенная
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Carex remota L. – Осока раздвинутая
Carex sylvatica Huds. – Осока лесная
Северно-лесные
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный, или Линнея
Oxalis acetosella L. – Кислица обыкновенная
Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
Южно-лесные
Dentaria bulbifera L. – Зубянка луковичная, или клубненосная
Sanicula europaea L. – Подлесник европейский
Опушечно-лесные
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn ex Decken – Орляк обыкновенный
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Moehringia trinervia (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
Stellaria holostea L. – Звездчатка ланцетолистная, или ланцетовидная, жестколистная
Aegopodium podagraria L. – Сныть обыкновенная
Glechoma hederacea L. – Будра плющевидная
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Опушечно-прибрежно-лесные
Rubus saxatilis L. – Ежевика скальная, каменистая, или костяника
Опушечно-луговые
Viola canina L. – Фиалка собачья

Кленовники кисличные формируются чаще всего на дерново-подзолистых-контактно-оглеенных и дерново-подзолисто-глееватых слабо- и среднеоподзоленных супесчаных и суглинистых почвах ровных несколько пониженных в рельефе мест. Уровень грунтовых вод в меженный период колеблется от 1,2 до 2,0 м и глубже. По характеру увлажнения и воздушному режиму – это хорошо дренированные почвы, со слабо выраженным нанорельефом. Гранулометрический состав почвенных горизонтов на 71,1–95,6% состоит из физического песка и крупнозема (табл. 14). Однако, в фракционном составе верхних слабо- и среднедерновых перегнойно-аккумулятивных горизонтах содержится незначительная доля крупнозема 0,1–5,9%, что указывает на их невысокую каменистость. Они представлены в основном физическими песком (77,5–82,1%) и глиной (12,0–22,4%). В нижележащих почвенных горизонтах на фоне уменьшения в фракционном составе мелкозема содержание крупнозема постепенно увеличивается. В подстилающих высококаменистых породах его долевое участие может составлять более 70%.

Таблица 9. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по принадлежности к географическому элементу флоры

Table 9. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by belonging to the geographical element of the flora

	Бореальные
1	*Athyrium filix-femina* (L.) Roth – Кочедыжник женский
2	*Oxalis acetosella* L. – Кислица обыкновенная
3	*Rubus saxatilis* L. – Ежевика скальная, каменистая, или костяника
4	*Impatiens noli-tangere* L. – Недотрога обыкновенная
5	*Dryopteris carthusiana* (Will.) H.P. Fuchs – Щитовник шартрский, или игольчатый
6	*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott – Щитовник мужской
7	*Luzula pilosa* (L.) Willd. – Ожика волосистая
8	*Eguisetum sylvaticum* L. – Хвощ лесной
9	*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный, или Линнея
10	*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn ex Decken – Орляк обыкновенный
11	*Polygonatum multiflorum* (L.) All. – Купена многоцветковая
12	*Majanthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
13	*Milium effusum* L. – Бор развесистый
14	*Poa nemoralis* L. – Мятлик дубравный, или лесной
15	*Moehringia trinervia* (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
	Неморальные
1	*Anemonoides nemorosa* (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
2	*Hepatica nobilis* Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
3	*Sanicula europaea* L. – Подлесник европейский
4	*Urtica dioica* L. – Крапива двудомная
5	*Stellaria holostea* L. – Звездчатка ланцетолистная, или ланцетовидная, жестколистная
6	*Viola canina* L. – Фиалка собачья
7	*Aegopodium podagraria* L. – Сныть обыкновенная
8	*Carex sylvatica* Huds. – Осока лесная
9	*Geranium robertianum* L. – Герань Роберта
10	*Galeobdolon luteum* Huds. (=*Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
11	*Carex remota* L. – Осока раздвинутая
12	*Galium odoratum* (L.) Scop.(= *Asperula odorata* L.) – Подмаренник душистый, Ясменник душистый
13	*Glechoma hederacea* L. – Будра плющевидная
14	*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
15	*Paris quadrifolia* L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
	Понтические
1	*Dentaria bulbifera* L. – Зубянка луковичная, или клубненосная
	Евросибирские
1	*Dactylorhiza maculata* (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый

В перегнойно-акумулятивных горизонтах почв иследуемого типа леса содержится 1,6–4,2% гумуса. Его количество в лежащих ниже почвенных горизонтах резко уменьшается до 0,1% и ниже. Почвы в зависимости от содержания гумуса в верхнем горизонте представлены следующими категориями: слабо-, средне- и сильногумусные. Они имеют очень- и сильнокислую реакцию среды (pH_{cl} 3,5–4,3). По профилю кислотность почвенных горизонтов изменяется от очень сильнокислой до нейтральной (pH_{cl} 4,6–7,5).

Сильнокислые почвенные горизонты, за исключением лесной подстилки, с малой емкостью катионного обмена менее 10 и 10–15 мг-экв / 100 г почвы, соответственно, характеризуются в основном очень низкой и низкой поглатительной способностью. Лишь, в отдельном подстилающем почвенном горизонте из супеси оглееной (ТПП – 121) емкость катионного обмена в пределах средней поглотительной способности (15–30) составляла 29,6 мг-экв / 100 г почвы.

Верхние почвенные горизонты характеризуются в основном малым содержанием оснований (1,6–12,5%). Они имеют очень низкую и низкую степень насыщенности основаниями (не более 30 и 50% соответственно). Иногда в этих горизонтах наблюдается и более высокая насыщенность основаниями (55,7–73,3%), относящаяся к степеням среднего и повышенного их содержания (50,1–70,0 и 70,1–90,0%). Наибольшая насыщенность основаниями (24,4–81,6%) наблюдается в

нижележащих глеевых горизонтах, оглеенных материнских и подстилающих породах.

Одним из важных показателей плодородия почв служит наличие в ней подвижных форм элементов минирального питания. По их потреблению древесные породы располагаются в следующем порядке: ясень > вяз > клен остролистый > дуб > осина > липа > береза > ель и сосна. Расположение древесных пород по степени потребления элементов питания не всегда совпадает с расположением по этому параметру насаждений соответствующих пород. Наименьшее количество элементов питания берет из почвы сосновый лес. Далее в порядке возрастания потребления следуют ельники, дубняк, липняк, осинник, березняк. Смешанные хвойно-широколиственные леса берут из почвы больше элементов питания, чем чистые хвойные. В лесных почвах чаще всего наблюдается недостаток доступного азота, кальция, калия, фосфора, серы и реже магния [11].

Почвы кленовника кисличного согласно шкале Н. Ф. Ганжара [12] характеризуются в основном очень низким и низким содержанием обменного калия, так как в большинстве исследуемых почвенных горизонтов в 100 г почвы имелось соответственно менее 5,5 и не более 10,0 мг K_2O. В некоторых почвах в перегнойно-акумулятивном и в нижележащих глеевых и оглеенных горизонтах материнских и подстилающих пород со средним и повышенным содержанием обменного калия в 100 г почвы находилось 11,3–20,9 мг K_2O.

Таблица 10. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по принадлежности к климатипу

Table 10. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by belonging to the climatype

Арктический умеренный
Eguisetum sylvaticum L. – Хвощ лесной
Luzula pilosa (L.) Willd. – Ожика волосистая
Milium effusum L. – Бор развесистый
Умеренный
Athyrium filix-femina (L.) Roth – Кочедыжник женский
Dryopteris carthusiana (Will.) H.P. Fuchs – Щитовник шартрский, или игольчатый
Dryopteris filix-mas (L.) Schott – Щитовник мужской
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный, или Линнея
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn ex Decken – Орляк обыкновенный
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Moehringia trinervia (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
Stellaria holostea L. – Звездчатка ланцетолистная, или ланцетовидная, жестколистная
Viola canina L. – Фиалка собачья
Rubus saxatilis L. – Ежевика скальная, каменистая, или костяника
Oxalis acetosella L. – Кислица обыкновенная
Geranium robertianum L. – Герань Роберта
Impatiens noli-tangere L. – Недотрога обыкновенная
Aegopodium podagraria L. – Сныть обыкновенная
Sanicula europaea L. – Подлесник европейский
Galium odoratum (L.) Scop.(= *Asperula odorata* L.) – Подмаренник душистый, Ясменник душистый
Galeobdolon luteum Huds. (=*Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
Glechoma hederacea L. – Будра плющевидная
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
Paris quadrifolia L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Carex remota L. – Осока раздвинутая
Carex sylvatica Huds. – Осока лесная
Poa nemoralis L. – Мятлик дубравный, или лесной
Южный умеренный
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Dentaria bulbifera L. – Зубянка луковичная, или клубненосная

Таблица 11. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по жизненным формам (по И. Г. Серебрякову)

Table 11. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by life forms (according to I. G. Serebryakov)

Вегетативно подвижные поликарпические многолетние травы
Equisetum sylvaticum L. – Хвощ лесной
Athyrium filix-femina (L.) Roth – Кочедыжник женский
Dryopteris carthusiana (Will.) H.P. Fuchs – Щитовник шартрский, или игольчатый
Dryopteris filix-mas (L.) Schott – Щитовник мужской
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный, или Линнея
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn ex Decken – Орляк обыкновенный
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Stellaria holostea L. – Звездчатка ланцетолистная, или ланцетовидная, жестколистная
Dentaria bulbifera L. – Зубянка луковичная, или клубненосная
Oxalis acetosella L. – Кислица обыкновенная
Aegopodium podagraria L. – Сныть обыкновенная
Sanicula europaea L. – Подлесник европейский
Galium odoratum (L.) Scop.(= *Asperula odorata* L.) – Подмаренник душистый, Ясменник душистый
Galeobdolon luteum Huds. (=*Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
Glechoma hederacea L. – Будра плющевидная
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
Paris quadrifolia L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Luzula pilosa (L.) Willd. – Ожика волосистая
Carex remota L. – Осока раздвинутая
Carex sylvatica Huds. – Осока лесная
Milium effusum L. – Бор развесистый
Poa nemoralis L. – Мятлик дубравный, или лесной
Moehringia trinervia (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
Поликарпические многолетние травы
Moehringia trinervia (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
Viola canina L. – Фиалка собачья
Однолетние травы
Impatiens noli-tangere L. – Недотрога обыкновенная
Одно-двулетние травы
Geranium robertianum L. – Герань Роберта
Полукустарники
Rubus saxatilis L. – Ежевика скальная, каменистая, или костяника

На фоне высокого содержания P_2O_5 (37,1–41,2 мг-экв / 100 г почвы) в лесной подстилке в перегнойно-акумулятивных и нижележащих в пределах основного корнеобитаемого слоя песчаных почвенных горизонтах наблюдается значительное его уменьшение до 0,2–6,5 мг, что соответствует согласно шкале Т. А. Керсанова [12] для дерново-подзолистых почв очень низкой, низкой и средней обеспеченности растений подвижным фосфором.

С глубиной содержание P_2O_5 в почвенных горизонтах увеличивается до 8,1–37,7 мг-экв / 100 г почвы, что обуславливает их повышенную (10,1–15,0) – высокую (15,1–25,0) и очень высокую (более 25,0 мг-экв / 100 г почвы) обеспеченность подвижным фосфором.

Почвы кленовника кисличного имеют очень низкую и низкую степень обеспеченности растений подвижным железом. Почти во всех исследуемых почвенных горизонтах содержится 4,1–30,9 мг-экв / 100 г почвы Fe_2O_3. Необходимо отметить, что в глеевых горизонтах с песчаным механическим составом наблюдается более высокое содержание Fe_2O_3 (58,9–87,2 мг-экв / 100 г почвы), соответствующее средней степени обеспеченности растений подвижным железом.

Таблица 12. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по жизненным формам (по К. Раункиеру)

Table 12. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by life forms (according to C. Raunkier)

Гемикриптофиты
Athyrium filix-femina (L.) Roth – Кочедыжник женский
Dryopteris carthusiana (Will.) H.P. Fuchs – Щитовник шартрский, или игольчатый
Dryopteris filix-mas (L.) Schott – Щитовник мужской
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный, или Линнея
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn ex Decken – Орляк обыкновенный
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Viola canina L. – Фиалка собачья
Sanicula europaea L. – Подлесник европейский
Galium odoratum (L.) Scop.(= *Asperula odorata* L.) – Подмаренник душистый, Ясменник душистый
Glechoma hederacea L. – Будра плющевидная
Luzula pilosa (L.) Willd. – Ожика волосистая
Carex remota L. – Осока раздвинутая
Carex sylvatica Huds. – Осока лесная
Milium effusum L. – Бор развесистый
Poa nemoralis L. – Мятлик дубравный, или лесной
Aegopodium podagraria L. – Сныть обыкновенная
Moehringia trinervia (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая
Криптофиты (геофиты)
Equisetum sylvaticum L. – Хвощ лесной
Oxalis acetosella L. – Кислица обыкновенная
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Dentaria bulbifera L. – Зубянка луковичная, или клубненосная
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
Paris quadrifolia L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Фанерофиты (нанофанерофиты)
Rubus saxatilis L. – Ежевика скальная, каменистая, или костяника
Хамефиты
Stellaria holostea L. – Звездчатка ланцетолистная, или ланцетовидная, жестколистная
Galeobdolon luteum Huds. (=*Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
Терофиты (гемикриптофиты)
Geranium robertianum L. – Герань Роберта
Impatiens noli-tangere L. – Недотрога обыкновенная

Содержание подвижного алюминия в почвенных горизонтах кленовника кисличного колеблется в широком диапозоне от 0,4 до 28,7 мг-экв / 100 г почвы. Наибольшее количество Al_2O_3 содержится в лесной подстилке и верхних перегнойно-акумулятивных и нижележащих оглеенных суглинистых горизонтах. Обычно подвижный алюминий образуется в почвах в результате разложения лесной подстилки в кислой среде с pH_{KCl} менее 5,0–5,3. Повышенные концентрации его в почве (более 3–4 мг/100 г) являются токсичными для растений и микроорганизмов [13, 14].

Заключение

Кленовник кисличный (*Aceretum oxalidosum*) чаще всего формируется на дерново-подзолистых-контактно-оглеенных и дерново-подзолисто-глееватых слабо- и среднеоподзоленных супесчаных и суглинистых почвах ровных, несколько пониженных в рельефе мест. Данный тип леса является самым распространенным на территории Беларуси среди кленовых лесов, занимающий 62,9% их площади. В условиях с относительно благоприятными физическими свойствами почв и не совсем подходящими по содер-жанию для интенсивного роста древесных растений химических показателей верхних наиболее корнеобитаемых почвенных горизонтов (высокая кислотность, малое содержание гумуса, низкие емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями, обеспеченность элементами минирального питания (подвижные формы калия, фосфора, железа)) на фоне высокого содержания оксида алюминия, повышаюшего обменную кислотность, формируются смешанные, высокопродуктивные (II–I

Таблица 13. Распределение растений напочвенного покрова кленовника кисличного по хозяйственной ценности

Table 13. Distribution of plants of the ground cover of the wood sorrel maple forest by economic value

Декоративные
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Galeobdolon luteum Huds. (=*Lamium galeobdolon* (L.) L.) – Зеленчук желтый
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Лекарственные
Eguisetum sylvaticum L. – Хвощ лесной
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Aegopodium podagraria L. – Сныть обыкновенная
Glechoma hederacea L. – Будра плющевидная
Dactylorhiza maculata (L.) Soy – Пальчатокоренник пятнистый
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная
Технические
Urtica dioica L. – Крапива двудомная
Ядовитые
Anemonoides nemorosa (L.) Holub или *Anemone nemorosa* L. – Ветреничник дубравный
Hepatica nobilis Mill. – Перелеска благородная, или печеночница обыкновенная
Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt – Майник двулистный
Paris quadrifolia L. – Вороний глаз четырехлистный, или обыкновенный
Polygonatum multiflorum (L.) All. – Купена многоцветковая
Polygonatum odoratum (Mill.) Druce – Купена душистая, или лекарственная

Таблица 14. Физико-химические свойства почв кленовника кисличного

Table 14. Physico-chemical properties of soils of the wood sorrel maple forest

Генетический горизонт	Глубина залегания генетического горизонта	Гранулометричееский состав фракции в мм и их содержание, %							Химический состав								
									гумус, %	pH в KCl	в мг-экв. на 100 г почвы		степень насыщенности почвы основаниями, %	подвижные формы в мг на 100 г почвы			
		<1	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001			гидролитическая кислотность	сумма поглощенных оснований		P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	Al_2O_3
Кленовник елово-зеленчуково-кисличный (ТПП – 115)																	
A_0	0–2	–	–	–	–	–	–	–	–	5,6	29,9	66,2	68,9	37,1	231,3	19,7	19,8
A_1	2–20	2,3	6,8	32,0	38,7	5,0	4,9	10,3	1,90	4,3	6,0	0,8	12,2	1,2	5,2	15,5	11,2
A_2B_1	20–50	2,9	8,5	49,3	28,2	3,8	2,9	4,4	0,81	4,6	2,4	0,1	4,1	23,3	3,7	14,5	3,1
B_2g	50–100	4,4	13,7	40,8	16,6	4,0	5,9	14,6	0,01	4,1	2,2	3,3	60,1	10,6	9,9	7,6	4,9
G	100–180	4,6	13,5	42,1	10,9	4,9	6,1	17,9	0,05	3,8	4,0	3,0	42,8	13,8	9,4	23,1	14,5
Кленовник елово-дубово-зеленчуково-кисличный (ТПП – 114)																	
A_0	0–1	–	–	–	–	–	–	–	–	5,3	35,1	72,3	68,6	41,2	254,1	15,2	25,2
A_1	1–18	0,1	3,1	32,1	42,3	6,1	5,7	10,6	3,14	3,8	11,2	0,8	6,8	0,2	8,8	30,9	25,4
A_2B_1	18–40	0,2	2,3	34,5	46,0	5,2	3,4	8,4	0,29	4,5	2,8	0,4	12,5	15,6	3,6	25,7	5,4
B_2g	40–70	6,7	14,7	63,6	6,3	1,1	0,7	6,9	0,07	4,5	1,1	0,9	47,0	8,1	5,0	9,3	0,7
G	70–150	5,3	13,5	37,2	13,9	6,2	3,8	20,1	0,12	3,7	4,0	3,6	47,3	11,0	12,3	18,0	14,7
Кленовник елово-грабово-зеленчуково-кисличный (ТПП – 121)																	
A_0	0–2	–	–	–	–	–	–	–	–	5,3	49,2	64,2	56,6	38,1	157,0	58,9	28,7
A_1	2–15	2,8	29,4	48,5	3,6	1,8	6,1	7,8	1,57	3,5	5,4	0,1	2,2	1,9	6,8	23,3	7,2
A_2B_1	15–30	5,3	25,2	54,8	4,5	1,4	2,3	6,5	0,78	4,4	3,9	0,4	9,6	2,3	3,3	25,0	5,7
B_2g	30–105	15,4	19,2	54,6	4,8	1,8	0,1	4,1	0,15	4,5	2,0	0,7	24,4	8,2	3,4	29,1	2,8
D_1g	105–130	57,3	9,7	10,1	4,9	1,9	1,5	14,6	0,40	3,9	6,0	23,6	79,8	28,0	20,9	16,5	8,2
G	130–200	70,8	9,4	9,1	4,3	1,7	0,5	4,2	0,20	7,5	0,5	–	–	0,5	11,3	87,2	–
Кленовник елово-грабово-звездчатково-кисличный (ТПП – 120)																	
A_0	0–1	–	–	–	–	–	–	–	–	5,2	34,3	70,3	67,2	38,1	157,7	16,4	19,8
A_1	1–6	5,9	26,1	42,7	13,3	2,8	1,9	7,3	4,23	4,2	5,6	7,0	55,7	6,5	14,1	10,8	2,3
A_2	6–15	15,9	26,9	41,3	7,1	1,1	1,4	6,3	0,72	6,0	1,1	2,9	73,3	1,1	3,5	4,1	0,4
B_1	15–45	18,7	28,6	41,0	4,3	2,3	0,4	4,7	0,72	4,3	3,7	0,1	1,6	29,9	3,9	26,5	4,9
B_2	45–80	16,2	35,0	40,7	3,7	0,5	1,4	2,5	0,15	4,5	1,6	0,1	3,8	33,5	3,4	11,1	1,0
B_3g	80–130	12,1	36,0	33,4	5,4	2,4	1,8	8,9	0,09	4,6	1,1	0,7	36,3	19,6	3,5	6,9	0,4
G	130–200	58,0	18,5	12,3	2,8	0,8	0,9	6,7	0,05	4,5	2,2	9,7	81,6	37,7	14,3	58,9	0,8

бонитета) фитоценозы с хорошо выраженной ярусностью их структурных элементов, состоящих в основном из видов неморальной и бореальной флоры. В древесном ярусе в примеси с кленом растут ель обыкновенная, дуб черешчатый, граб обыкновенный, береза повислая, ясень обыкновенный, липа мелколистная и осина обыкновенная. Общий запас насаждений в возрасте 115–190 лет составляет 300–700 м^3/га. Средний прирост древесины за год в зависимости от возраста и полноты насаждения колеблется от 1,5 до 6,2 м^3/га.

Благодарности

Автор статьи благодарит н.с. лаборатории геоботаники и картографии растительности Г. В. Ермоленкову за оказанную помощь в обработке материалов полевых исследований.

Литература

1. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустраительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 120 с.
2. Сукачев, В. Н. Методические указания к изучению типов леса / В. Н. Сукачев, С. В. Зон. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
3. Программа и методика биогеоценологических исследований / редкол.: Д. Ф. Дылис [и др.]. – М. : Наука, 1974. – 402 с.
4. Определитель растений Беларуси / под ред.: Б. К. Шишкин [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 1967. – 872 с.
5. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья-95, 1995. – 992 с.
6. Юркевич, И. Д. Грабовые леса Белоруссии: Типология, структура, продуктивность / И. Д. Юркевич, А. З. Тютюнов. – Минск : Наука и техника, 1985. – 206 с.
7. Восточноевропейские леса: история в голцене и современность : в 2 т. / под ред. О. В. Смирновой. – М. : Наука, 2004. – Т. 2. – 575 с.
8. Мушинская, Н. И. Экология семенного размножения клена остролистного и липы мелколистной в Башкирском Предуралье : автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.00.05 / Н. И. Мушинская; АН СССР, Уральск. науч. центр, Ин-т экологии растений и животных. – Свердловск, 1977. – 24 с.
9. Исаченко, Т. И. Ботанико-географическое районирование / Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко // Растительность европейской части СССР / под ред. С. А. Грибовой [и др.]. – Л.: Наука, 1980. – С. 10–23.
10. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М. : Высшая школа, 1962. – 378 с.
11. Ремезов, Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк. – М. : Лесная промышленность, 1965. – 324 с.
12. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с.
13. Зон, С. В. Алюминий. Роль в почвообразовании и влиянии на растения / С. В. Зон, А. П. Травлеев. – Днепропетровск : Изд-во ДГУ, 1992. – 224 с.
14. Наркевич, Е. М. Содержание подвижного алюминия в профиле дерново-подзолистых почв / Е. М. Наркевич // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск, 1970. – Вып. 3. – С. 43–45.

Поступила в редакцию 01.11.2024 г.

УДК 630*232.311.9

С. В. РЕБКО[1], А. И. НОВИКОВ[2], Т. П. НОВИКОВА[2], Е. П. ПЕТРИЩЕВ[2]

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) СОРТА «НЕГОРЕЛЬСКАЯ»

[1]*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, e-mail: rebko@belstu.by*
[2]*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru*

Аннотация. В работе представлена подробная характеристика происхождения исходного материала, явившегося основой для получения отечественного сорта сосны обыкновенной «Негорельская» селекции Белорусского государственного технологического университета. Данный сорт отличается интенсивным ростом в высоту, ранним и обильным семеношением (в том числе гроздевидным со скученным расположением шишек на ветвях и побегах). Приведено описание мест заготовки семян сосны обыкновенной и дан анализ климатических показателей лесосеменных районов и подрайонов, в которых произрастали исследуемые древостои сосны обыкновенной – исходный материал для получения сорта. Также в статье проанализирована динамика сохранности климатипов сосны обыкновенной при произрастании в географических лесных культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза в возрасте молодняков, средневорастном и приспевающем классах возраста, изучено строение исследуемых древостоев по диаметру и дана их таксационная харастеристика.

Ключевые слова: климатический экотип, географические лесные культуры, сохранность, рост, семеношение, продуктивность.

S. U. RABKO[1], A. I. NOVIKOV[2], T. P. NOVIKOVA[2], YE. P. PETRISHCHEV[2]

CHARACTERISTICS OF THE SOURCE MATERIAL ORIGIN OF *PINUS SYLVESTRIS* L. VARIETY «NEGORELSKAYA»

[1]*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, e-mail: rebko@belstu.by*
[2]*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru*

Annotation. The paper presents a detailed description of the origin of the source material that served as the basis for obtaining the domestic variety of pine "Negorelskaya", which was obtained at the Belarusian State Technological University. This variety is characterized by intensive growth in height, early and abundant seed production (including the grape-like arrangement of cones on branches and shoots). A description of the places of harvesting pine seeds is given and an analysis of the climatic indicators of forest seed regions and subregions in which the studied pine stands grew – the source material for obtaining the variety. The article also analyzes the dynamics of preservation of climatypes of pine when growing in geographic forest plantations of the Negorelsky educational and experimental forestry enterprise at the age of young, middle-aged and maturing age classes, studies the structure of the studied stands by diameter and provides their taxation characteristics.

Key words: climatic ecotype, geographical forest plantations, preservation, growth, seed production, productivity.

ВВЕДЕНИЕ

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является главной лесообразующей древесной породой Беларуси и по состоянию на 01.01.2024 г. долевое участие данного вида в лесном фонде по площади составляет 48,3% и имеет тенденцию к снижению [1, 2]. В соответствии со «Стратегическим планом развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы» площадь покрытых лесом земель по сосне как основной лесообразующей породе должна увеличиться и к 01.01.2030 г. достигнуть 51,8% [3]. Увеличить площади сосновой формации возможно, в том числе и путем использования в практике методов селекции.

Основными задачами лесного хозяйства в настоящее время являются повышение продуктивности и экологической устойчивости насаждений, особенно с учетом наметившейся в последние десятилетия тенденции изменений погодно-климатических условий, происходящих в рамках глобального потепления климата [4]. По имеющимся данным, в центральной части Беларуси в

подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов запасы стволовой древесины сосновых насаждений искусственного происхождения различных групп возраста и произрастающих в наиболее распространенных типах леса значительно выше по сравнению с древостоями естественного происхождения [5]. Кроме этого, широкое применение методов селекции в практике лесного хозяйства, по мнению многих исследователей, позволит добиться повышения продуктивности создаваемых древостоев и их устойчивости на 10–25% [6–10]. Все это говорит о необходимости использования в семеноводстве лесных растений и лесокультурном производстве страны наиболее ценных в селекционном отношении семян и селекционно улучшенного материала (в том числе сортового) основных лесообразующих пород для повышения продуктивности вновь создаваемых древостоев. На перспективность использования для повышения продуктивности лесов климатипов сосны обыкновенной различного географического происхождения, а также существующего у деревьев данной древесной породы формового разнообразия указывают работы исследователей как в Республике Беларусь [11–14], так и в Российской Федерации [15–17].

Семеноводство лесных растений в Беларуси имеет два направления развития – плантационное и популяционное. Всего по состоянию на 01.01.2024 г. в Беларуси создано 1929,16 га лесосеменных плантаций, из них аттестовано 1190,56 га, в том числе создано лесосеменных плантаций первого порядка – 788,81 га (из них аттестовано 574,60 га) и лесосеменных плантаций второго порядка – 1140,35 га (из них аттестовано 615,96 га), выделено 1455,7 га плюсовых лесных насаждений и 2734 плюсовых дерева, заложено и/или сформировано 227,9 га постоянных лесосеменных участков, выделено 5213,2 га хозяйственно-семенных насаждений и 4167,5 га лесных генетических резерватов.

Всего в 2023 г. заготовлено на объектах постоянной лесосеменной базы республики 26015,09 кг семян, в том числе на ЛСП – 16168,81 кг (в разрезе пород сосна обыкновенная – 3755,04 кг, ель европейская – 599,18 кг, дуб черешчатый – 11765,4 кг, лиственница европейская – 48,79 кг, берёза карельская – 0,4 кг), на ПЛСУ – 100,0 кг (дуб черешчатый – 100,0 кг), в плюсовых лесных насаждениях – 9662,17 кг (сосна обыкновенная – 7,55 кг, дуб черешчатый – 9021,1 кг, ольха черная – 25,11 кг, берёза повислая – 608,41 кг), с плюсовых деревьев – 84,11 кг (берёза повислая – 84,11 кг).

В пересчете на 1 га лесосеменных плантаций сосны обыкновенной среднее количество формируемых семян находится на уровне немногим более 2 кг, что является не совсем достаточным с точки зрения использования потенциала вводимых клонов плюсовых деревьев на объекты постоянной лесосеменной базы данного вида.

Одним из перспективных методов лесной селекции является отбор географических происхождений как один из наиболее ранних способов изучения наследственных различий между насаждениями (популяциями), произрастающими в разных частях ареала и выявления перспективных климатипов. Популяционная селекция базируется на отборе и изучении генетического разнообразия лучших насаждений и гарантирует устойчивый и надежно прогнозируемый селекционный эффект при сохранении высокого уровня генетической изменчивости древостоев, свойственного природным популяциям.

Применение такого подхода осуществлено при выведении сорта сосны обыкновенной «Негорельская», впервые полученного в Беларуси и отличающегося ранним и обильным семеношением (первое семеношение клонов на прививочной лесосеменной плантации начинается в 5-летнем возрасте; в возрасте 15–17 лет фактический урожай сортовых семян на гибридно-семенной плантации составляет 11–15 кг семян с 1 га), наличием необычного для сосны обыкновенной гроздевидного семеношения как одного из признаков репродуктивного гетерозиса (в одной грозди может находиться от 3 до 32 шишек), более интенсивным ростом сортового потомства в испытательных культурах по сравнению с растениями, выращенными из семян категории «нормальные» (по результатам проводимых сортоиспытаний превышения достигают по высоте 17%, а по диаметру деревьев – 20%). В настоящей работе предлагается подробно рассмотреть характеристику исходного материала, послужившего основой для получения сорта сосны обыкновенной «Негорельская» селекции Белорусского государственного технологического университета.

Объекты (материалы) и методы исследования

Исходным материалом для получения сорта сосны обыкновенной «Негорельская» являются климатические экотипы, произрастающие в географических лесных культурах, созданных в 1959 г. на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза Минской области Беларуси, который согласно лесосеменному районированию относится к Центральному подрайону Белорусского лесосеменного района. Следует отметить, что это первые в Беларуси географические

культуры сосны обыкновенной, заложенные в 1959 г. В. Г. Мишневым и Е. Д. Манцевичем в содружестве с Центральной контрольной станцией лесных семян и Белорусской контрольной станцией лесных семян на площади 8,7 га. Семена получены из 200 пунктов бывшего Советского Союза, однако большая их часть исключена из-за типологической неоднородности. В результате отобрано 65 образцов семян из насаждений группы типов леса боры-зеленомошники, посев которых осуществлен в апреле 1958 г. в постоянном лесном питомнике Негорельского учебно-опытного лесхоза. По гранулометрическому составу почва на питомнике представляет собой песок связный. Для получения одинаковой густоты стояния сеянцев в одной строке высевали одинаковое количество жизнеспособных семян на 1 п. м. После посева гряды покрывали мхом. До середины июля всходы отенялись драночными щитами. За сеянцами проводился уход, заключающийся в трехкратной прополке и рыхлении почвы.

Площадь под географические культуры отведена в кв. 15 и представляла собой вырубку 1958 г., имеющую правильную конфигурацию, вытянутую с севера на юг. Осенью лесосека была раскорчевана и выравнена бульдозером, затем вспахана на глубину 25 см. В апреле 1959 г. площадь повторно выравнивалась бульдозером и бороновалась дисковыми боронами в два следа. Перед посадкой культур производилась окончательная планировка площади вручную с выборкой и сжиганием корней.

Пространственное размещение культур произведено по принципу выделения крупных климатических районов территории бывшего Советского Союза. Эти районы располагаются на участке в направлении с севера на юг, а с запада на восток они группируются по признаку наибольшего географического различия. Каждая административная область представлена участком культур площадью 0,1 га. Эти участки ограничены со всех сторон 2-метровой дорогой и остолблены. С западной стороны ко всему участку примыкает 4-метровая дорога.

В настоящее время географические культуры сосны обыкновенной произрастают на площади 4,4 га и представлены 44 климатипами. Диапазон происхождения семян сосны обыкновенной: 48°–62° северной широты и 22°–111° восточной долготы и представлен 30 лесосеменными районами [18].

В 6-летнем возрасте в географических культурах в пяти вариантах климатипов – белгородском, воронежском, саратовском, кировском и минском происхождений, наблюдалось только женское цветение при полном отсутствии мужского пыления, следовательно, сформированные полнозернистые семена, извлеченные из шишек, оказались гибридными от переопыления указанных климатипов местной фоновой пыльцой от рядом расположенных сосновых насаждений. В дальнейшем были созданы из этих семян географические культуры второго поколения путем ручной посадки выращенных однолетних сеянцев, при этом в возрасте 18 лет на участках во всех представленных вариантах климатипов впервые в Беларуси отмечено гроздевидное семеношение (скученное расположение шишек на ветвях деревьев в количестве от 3 до 32 шт.). Выявленные особенности раннего и обильного семеношения, в том числе гроздевидного расположения шишек, послужили основой создания ряда селекционных объектов – клоновых гибридно-семенных плантаций первого и второго поколений, испытательных культур семенного потомства клоновых гибридно-семенных плантаций. Такие же особенности проявились и на участках испытательных культур семенного потомства клоновых гибридно-семенных плантаций, причем в испытательных культурах наблюдается интенсивный рост в высоту (прирост в высоту центрального побега за вегетационный период достигает 80–115 см), раннее и обильное семеношение (первое семеношение отмечено в 5-летнем возрасте, количество шишек на одном дереве достигает 15–20 шт., в т. ч. гроздевидной формы с количеством в одной грозди до 8 шт.).

На основании изучения особенностей роста и развития климатипов сосны обыкновенной в географических культурах первого и второго поколения, а также на клоновых гибридно-семенных плантациях первого и второго поколений и ряда испытательных культур семенного потомства гибридно-семенных плантаций, была подана заявка в государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (заявка №2009015 с датой приоритета от 27.03.2008 г.) на получение сорта с названием «Негорельская». Заявленный кандидатом в сорта селекционный посадочный материал, представленный климатипами сосны обыкновенной белгородского, воронежского, саратовского, кировского и минского происхождений, успешно прошел государственное сортоиспытание на Мозырской сортоиспытательной станции, в результате чего получены свидетельство на сорт и свидетельство селекционера (рис. 1).



Рис. 1. Свидетельство на сорт сосны обыкновенной «Негорельская» и свидетельство селекционера
Fig. 1. Certificate for the pine variety "Negorelskaya" and the breeder's certificate

Приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 142 от 31.12.2013 г. сосна обыкновенная сорта «Негорельская» включена с 01.01.2014 г. в Государственный реестр сортов древесных и кустарниковых пород и рекомендуется для районирования во всех геоботанических подзонах страны.

Изучение особенностей роста и определение средних показателей высоты и диаметра деревьев, класса бонитета насаждений и других показателей проводили по общепринятой в лесной таксации методике [19, 20]. У всех деревьев каждого климатипа измерены диаметр и высота. Высоты измеряли при помощи лазерного дальномера LEICA DISTO D8 с точностью 0,1 см, диаметры – с помощью мерной вилки на высоте груди с точностью до 0,5 см. Сохранность деревьев на участках климатипов сосны обыкновенной определяли исходя из сохранившегося их количества и исходной густоты с учетом схемы посадки. Запас стволовой древесины у произрастающих деревьев на участках климатипов определяли с помощью специальной программы «Forestry».

Взятие образцов древесины (кернов) у исследуемых климатипов осуществляли с помощью возрастного (приростного) бурава Пресслера. В дальнейшем проведена их подготовка к измерению и зачистка, фотографирование и измерение годичных колец древесины в программе QGIS с последующей статистической обработкой полученных данных в программе Excel и их анализом.

Результаты исследования и их обсуждение

Характеристика мест происхождения климатипов сосны обыкновенной, которые послужили основой для заготовки семян и последующего получения посадочного материала для создания географических культур, представлена в табл. 1.

Приведенные лесосеменные районы различаются климатическими показателями. Продолжительность вегетационного периода варьирует от 130 до 280 дней. Наиболее продолжительным вегетационным периодом 280 дней характеризуется Украинский степной лесосеменной район, куда относится донецкий климатип, а также Днепровский левобережный и Полесский (Волынско-Житомирский подрайон) лесосеменные районы с продолжительностью вегетационного периода 200 дней. К этим районам относятся климатипы сумский, полтавский и хмельницкий. Короткий вегетационный период (130–140 дней) характерен для Томского, Алтайского низкогорного, Вятского и Прибайкальского лесосеменных районов. Северные климатипы, которые относятся к Верхне-Двинскому, Южно-Карельскому и Средне-Зауральскому лесосеменным районам, также имеют более короткий вегетационный период в пределах 150–155 дней. Остальные лесосеменные районы имеют продолжительность вегетационного периода в пределах 160–175 дней. Среднегодовая температура воздуха и сумма эффективных температур выше 5ºС также сильно варьирует. Так, у бурят-монгольского климатипа (Прибайкальский лесосеменной район) среднегодовая температура воздуха составляет менее 1ºС, а сумма эффективных температур выше 5ºС находится в пределах 1400–2100°С.

Низкими температурными показателями характеризуются также климатипы, расположенные в Зауральском степном, Зауральском лесостепном, Южно-Уральском, Средне-Зауральском, Верхнеобском, Томском, Алтайском, а также Вятском и Верхне-Двинском лесосеменных районах.

Наиболее теплообеспеченными являются климатипы в Украинском степном, Нижнедонском, Поволжском, Волгоградском, Днепровском левобережном и Центрально-Черноземном (Воронежско-Тамбовский подрайон) лесосеменных районах. Важным показателем, характеризующим условия произрастания растений, является континентальность климата. Более мягким климатом характеризуются районы произрастания прибалтийских (эстонский, латвийский, литовский), белорусских (витебский, минский, гродненский), юго-западных (хмельницкий, волынский) и северо-западных (псковский, ленинградский, вологодский) климатипов, показатель континентальности климата у которых составляет 36–45%.

Таблица 1. Характеристика мест происхождения семян сосны обыкновенной

Table 1. Characteristics of origin places of pine seeds

Номер секции	Географическое происхождение семян		Координаты		Вегетационный период, дни	Сумма эффективн. тем-р > 5°С, °С	Среднегод. тем-ра воздуха, °С	Гидротермич. коэф.	Сумма осадков за год, мм	Континентальн. климата, %
	лесосеменной район, подрайон	область, район	с. ш.	в. д.						
1	Центрально-черноземный (Курско-Белгородский)	Курская, Рыльский	51	34	170	2600	4,8	1,3	520	49–55
2	Верхнеднепровский	Брянская, Бежицкий	53	34	165	2500	4,7	1,6	580	42–51
3	Днепровский левобережный (Приднепровский)	Сумская, Ямпольский	52	34	200	3000	6,7	1,1	500	46–50
4	Белорусский (Северный)	Витебская, Полоцкий	55	29	170	2500	5,2	1,8	615	38–42
5	Центрально-Черноземный (Курско-Белгородский)	Белгородская, Шаталинский	51	38	170	2600	4,8	1,3	520	49–55
6	Средневолжский (Пензенско-Ульяновский)	Татарская, Елабужский	56	52	160	2600	3,0	1,2	450	60–64
7	Центрально-Черноземный (Воронежско-Тамбовский)	Воронежская, Бугурли-новский	51	41	165	2800	5,0	1,2	500	55–61
8	Эстонский (Прибрежный)	Эстонская, Пылваский	58	27	160	2200	4,8	2,0	600	35–36
9	Волгоградский	Волгоградская, Михайловский	51	42	170	3200	7,7	0,6	300	60–64
10	Латвийский (Западный)	Латвийская, Вентспилский	57	22	165	2500	5,3	1,8	630	35–36
11	Южно-Уральский (Горно-лесной, восточный)	Башкирская, Белорецкий	54	58	159	1918–2294	0,3–1,1	1,9–3,0	396–650	49–57
12	Литовский (Средний)	Литовская, Паневежский	56	22	175	2500	6,3	1,8	630	35–36
13	Зауральский (Степной)	Челябинская, Багарякский	56	62	165–175	2100–2600	1,0–1,8	0,7–1,6	250–375	57–66
14	Средне-Зауральский (Равнинный)	Свердловская, Сосьсвинский	59	62	150–162	1944–2268	1,3	1,2–1,6	412–464	50–57
15	Белорусский (Центральный)	Гродненская, Волковысский	53	24	175	2550	5,3	1,7	665	36–43
16	Зауральский (Лесостепной)	Курганская, Шатровский	57	64	160–166	1900–2600	0,9–2,0	1,0–2,6	350–459	50–60
17	Средне-Зауральский (Равнинный)	Тюменская, Табольский	58	68	150–162	1944–2268	1,3	1,2–1,6	412–464	50–57
22	Верхнеобский (Присалаирский)	Новосибирская	54	82	159–164	2240–2300	0,2–0,8	1,0–1,33	420–625	65–75
23	Томский (Верхне-Кетский)	Томская, Верхне-Кетский	60	85	138–139	1786–1806	–0,7–0,9	1,33	635–721	60–70
26	Алтайский низкогорный	Алтайский	52	84	137–173	1540–2630	–1,5–3,0	0,8–1,3	391–826	75
36	Центральный (Верхнеокский)	Тульская, Заокский	55	37	160	2400	4,3	1,4	530	50–60
37	Центральный (Верхнеокский)	Рязанская, Бельковский	55	41	160	2400	4,3	1,4	530	50–60
39	Поволжский	Саратовская, Карабулакский	52	46	170	3200	7,7	0,8	300	64–67
40	Средневолжский (Пензенско-Ульяновский)	Пензенская, Кузнецкий	53	47	160	2600	3,0	1,2	450	60–64
41	Средневолжский (Пензенско-Ульяновский)	Ульяновский, Инзенский	54	46	160	2600	3,0	1,2	450	60–64
43	Прибайкальский (Западно-Байкальский)	Бурят-Монгольская, Ангарский	50	106	130–152	1441–2130	–2,1–0,4	0,6–1,33	213–675	70–80
44	Центрально-Черноземный (Воронежско-Тамбовский)	Томбовский, Рассказовский	53	42	165	2800	5,0	1,2	500	55–61
45	Центрально-Черноземный (Воронежско-Тамбовский)	Липецкая, Липецкий	53	40	165	2800	5,0	1,2	500	55–61

Номер секции	Географическое происхождение семян		Координаты		Вегетационный период, дни	Сумма эффективн. тем-р > 5°С, °С	Среднегод. тем-ра воздуха, °С	Гидротермич. коэф.	Сумма осадков за год, мм	Континентальн. климата, %
	лесосеменной район, подрайон	область, район	с. ш.	в. д.						
47	Нижнедонский	Ростовская	50	42	180	3400	9,2	0,8	525	50–60
48	Белорусский (Центральный)	Минская, Столбцовский	54	27	175	2550	5,3	1,7	665	36–43
49	Южно-Карельский	Карельская, Петрозаводский	62	34	150	1800	2,0	1,8	600	36–42
51	Украинский степной (Восточный)	Донецкая, Донецкий	49	38	280	3400	8,0	0,1	425	45–50
52	Верхнедвинский (Южно-Архангельский)	Архангельский, Шенкурский	62	43	148	1810	1.0	1.8	400	40–50
53	Северо-Западный (Ленинградский)	Ленинградская, Вознесенский	61	34	160	1900	5,0	2,0	650	38–45
55	Днепровский левобережный (Приднепровский)	Полтавская, Кременчугский	49	33	200	3000	6,7	1,1	500	46–50
56	Северо-Западный (Псковско-Новгородский)	Псковская, Гдовский	59	28	165	1950	5,9	2,0	530	38–45
57	Верхне-Двинский (Северо-Вологодский)	Вологодская, Устюженский	59	36	155	1940	1,9	2,0	580	42–50
59	Полесский (Волынско-Житомирский)	Хмельницкая, Славутский	50	27	200	2800	6,7	2,2	573	36–42
60	Вятский (Кировский)	Кировская, Тужинский	58	48	130	1800	1,3	1,4	500	50–58
61	Средне-Предуральский (Среднекамский)	Перьмская, Осинский	57	56	155	2000	-1.5	1.5	500	59–60
63	Полесский (Волынско-Житомирский)	Волынская, Волынский	51	24	200	2800	6,7	2,2	573	36–42
64	Центральный (Верхневолжский)	Тверская, Пеновский	57	33	150	2200	3,2	1,7	500	42–50
65	Приволжский (Марийский)	–	57	49	150	2400	2,7	1,4	470	56–60

Для лесосеменных районов с резко континентальным климатом (60–80%) характерна малая сумма осадков (250–460 мм) и низкий гидротермический коэффициент (менее 1,0). Сюда относятся: Зауральский, Поволжский, Среднеуральский, Волгоградский, Алтайский, Прибайкальский, Томский и Верхнеобский лесосеменные районы.

Материнские насаждения, в которых были заготовлены семена, в различных лесосеменных районах принадлежали к группе типов леса сосняки зеленомошные.

Характеристика материнских насаждений на момент заготовки семян представлена в табл. 2. Несмотря на схожесть условий произрастания, материнские насаждения различаются продуктивностью. Наиболее низкую продуктивность имеют насаждения сосны в степных условиях (волгоградский), а также северные климатипы (архангельский и карельский). Насаждения этих климатипов произрастают по IV классу бонитета, что объясняется неблагоприятными климатическими условиями данных регионов. Основная часть представленных климатипов растет по II и III классам бонитета, встречаются также насаждения и I класса бонитета (витебский, брянский, хмельницкий и др.).

Важным показателем успешности адаптации деревьев к новым условиям среды является сохранность растений в географических лесных культурах. Проведенные исследования показали, что культуры разного географического происхождения характеризуются различной сохранностью и энергией роста.

Результаты учета сохранности деревьев в географических лесных культурах сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза, проведенные в 1970, 1981, 2008 и 2024 гг., представлены в табл. 3.

На ранних периодах роста лучшей сохранностью деревьев (70–90%) отличались местные, юго-западные и северные климатипы, удаленные от местного климатипа на ±3° с.ш. и до 20° в.д. Низкая сохранность в этом возрасте отмечалась у юго-восточных климатипов, а также у северного (архангельского) климатического экотипа, произрастающего северней 61° с.ш. Во втором классе возраста, в период начала дифференциа-

ции деревьев, сохранность отдельных климатипов снизилась на 20–60% и составила в пределах 27–60%. Наиболее интенсивное снижение сохранности отмечено у быстрорастущих южных климатипов (волынский, хмельницкий, полтавский), это объясняется более напряженной внутривидовой конкуренцией у быстрорастущих популяций в новых для нее условиях. В третьем классе возраста средневозрастные насаждения подвергаются наиболее сильной дифференциации и происходит резкое снижение сохранности – от 1,8 до 7,9%. Сохранность деревьев ниже 3% наблюдается у юго-восточных климатипов из Южно-Уральского, Среднеуральского, Поволжского и Центрально-Черноземного лесосеменных районов.

Таблица 2. Характеристика материнских древостоев мест заготовки семян сосны обыкновенной

Table 2. Characteristics of parent forest stands of pine seed collection sites

Наименование климатипа сосны обыкновенной	Характеристика мест сбора семян				Показатели качества семян	
	состав насаждения	класс возраста	класс бонитета	тип леса или ТУМ	класс качества	масса 1000 семян, г
Курский	9С1Б	II	II	B_2	II	6,4
Брянский	7С2Б1Е	III	I	С. чер.	I	6,2
Сумский	9С1Б	IV	II	B_2	I	7,8
Витебский	10С	III	I	С. зел.-мш.	I	6,5
Белгородский	10С	II	II	B_2	I	6,3
Татарский	10С	III	I	С. кис.	I	6,0
Воронежский	10С	II	II-III	С. бр.	I	6,3
Эстонский	7С2Е1Б	II	II-III	С. зел.-мш.	II	5,9
Волгоградский	10С	II	IV	A_1	I	6,7
Латвийский	10С+Е	III	III	С. зел.мш.	I	5,4
Башкирский	7М2Б1Ос	III	II	С.зел.-мш.	I	6,4
Литовский	8С2Б	III	II-III	С. чер.	I	6,0
Челябинский	8С2Б	V	II	С. бр.	I	6,0
Свердловский	9С1Б	V	III	С. чер.	I	6,3
Гродненский	9С1Б	IV	II	С. мш.	I	6,0
Курганский	8С2Б	IV	II	С. бр.	I	6,7
Тюменский	8С2Б	IV	III	С. бр.	II	6,1
Новосибирский	10С	III	II	С. бр.	II	6,2
Томский	10С	V	III	С. кис.	II	5,0
Алтайский	10С	VI	III	С. бр.	I	7,6
Тульский	4С4Б2Ос	III	III	С.зел.-мш.	I	6,7
Рязанский	9С1Б	III	III	С.зел.-мш.	II	6,4
Саратовский	10Сед.Б	III	II	B_1–B_2	I	6,1
Пензенский	8С2Б	III	III	A_2	I	5,6
Ульяновский	10С	II	I	A_2	I	5,7
Бурят-Монгольский	10С	VI	III	A_1	I	4,8
Тамбовский	9С1Б	II	I	B_2	I	6,1
Липецкий	10С	III	II	A_2	I	5,9
Ростовский	10С	I	II-III	A_2	I	6,9
Минский	10С+Е	IV	II	С. мш.	I	6,0
Карельский	8С2Б	IV	IV	С. бр.	II	5,0
Донецкий	10С	II	II	A_2	I	7,9
Архангельский	10С	V	IV	С. бр.	I	5,0
Ленинградский	6С2Е2Б	V	III	С. чер.	I	6,1
Полтавский	10С	III	I-II	A_2–B_2	I	6,5
Псковский	10С	IV	II-III	С. вер.	I	6,0
Вологодский	10С	III	III	С. бр.	I	4,9
Хмельницкий	10С	III	I	С. бр	I	7,5
Кировский	4С3Е3Б	IV	II	С. бр.	II	6,3
Пермский	10С	IV	II	С. бр.	I	5,7
Волынский	10С	I	II	B_2	I	7,3
Тверский	7С3Б	III	II	С. бр.	II	6,1
Марийский	10С	II	I	С. зел.-мш.	I	6,4

Таблица 3. Сохранность климатипов сосны обыкновенной в географических культурах

Table 3. Preservation of pine climatypes in geographical cultures

Климатип	Координаты		Сохранность деревьев на участках, %			
	с.ш.	в.д.	1970 г.	1981 г.	2008 г.	2024 г.
Архангельский	62	43	41	51,1	7,0	2,8
Ленинградский	61	34	82	–	10,9	4,4
Томский	60	85	45	–	–	6,0
Вологодский	59	36	83	–	7,1	4,5
Эстонский	58	27	81	–	3,8	3,4
Латвийский	57	22	80	–	10,6	6,0
Витебский	55	29	83	–	4,8	3,4
Минский	54	27	88	60,3	5,3	4,4
Ульяновский	54	46	81	–	6,1	5,7
Башкирский	54	58	18	–	3,9	3,1
Гродненский	53	24	76	–	6,8	6,6
Курский	51	34	73	–	7,6	6,5
Белгородский	51	38	81	–	6,2	5,3
Волгоградский	51	42		–	8,4	3,8
Ростовский	50	42	48	–	6,1	3,7
Хмельницкий	50	27	81	44,9	8,4	7,9
Полтавский	49	33	67	27,2	7,8	5,7
Брянский	53	34	70	–	11,7	6,7
Сумский	52	34	87	–	8,4	7,8
Татарский	56	52	31	–	4,9	4,3
Воронежский	51	41	76	–	5,0	3,4
Литовский	56	22	73	–	5,3	4,8
Челябинский	56	62	53	–	–	2,3
Свердловский	59	62	39	–	3,1	2,1
Курганский	57	64	–	–	5,9	3,0
Тюменский	58	68	24	–	4,7	3,4
Новосибирский	54	82	41	–	7,0	4,3
Алтайский	52	84	38	–	5,8	–
Тульский	55	37	86	–	2,2	1,8
Рязанский	55	41	86	–	6,7	6,2
Саратовский	52	46	65	–	5,4	2,5
Пензенский	53	47	83	–	5,4	1,9
Бурят-Монгольский	50	106	48	–	8,7	4,9
Тамбовский	53	42	79	–	3,9	3,9
Липецкий	53	40	76	–	3,5	3,9
Карельский	62	34	63	51,7	6,6	5,2
Донецкий	49	38	18	–	6,2	5,1
Псковский	59	28	80	63,1	8,3	6,3
Кировский	58	48	76	–	8,6	4,1
Пермский	57	56	64	–	6,7	6,2
Волынский	51	24	83	48,1	5,6	4,8
Тверский	57	33	31	59,1	5,7	4,3
Марийский	57	49	81	–	3,6	3,0

В настоящее время сосновые насаждения географических культур перешли в разряд приспевающих и в основном закончили свое формирование. В результате проведенных исследований оказалось, что часть климатипов имеют очень низкую сохранность и представляют собой расстроенные насаждения с полнотой ниже 0,4. Резкое снижение сохранности наблюдается у северных климатипов. Так, у ленинградского и архангельского климатипов за последние 15 лет отпад деревьев составил более 50%. Это может свидетельствовать о том, что северные климатипы оказались неприспособленными к изменившимся климатическим условиям. Более высокая сохранность деревьев – у климатипов из Полесского лесосеменного района (хмельницкий), а также Днепровского левобережного и Верхнеднепровского (сумский и брянский) лесосеменных районов. Имея различную сохранность, географические культуры различаются также по

интенсивности роста в различные возрастные периоды, о чем свидетельствует динамика радиального прироста деревьев, представленная в табл. 4. В первые годы, в период от 1 до 15 лет, большим радиальным приростом деревьев (более 0,3 см) характеризовались местные (витебский, гродненский) и юго-восточные (курский, полтавский, белгородский, волгоградский, башкирский) климатипы.

Более низкий прирост был у северных (вологодский, архангельский) и южного (хмельницкий) климатипов. Во втором 15-летнем периоде у деревьев большинства климатипов радиальный прирост снизился, за исключением сосны витебского, томского, полтавского, архангельского и вологодского происхождений. Наиболее высоким приростом по диаметру в этот период отличались насаждения эстонского, витебского, полтавского, курского и томского климатипов, у которых радиальный прирост был более 0,3 см. Следует отметить, что у сосны томского, архангельского, вологодского и также полтавского климатипов в этот период роста радиальный прирост по сравнению с первым 15-летним периодом увеличился на 5–29%. Если полтавский климатип показал незначительное увеличение среднего прироста по диаметру (5%), то древостои сосны обыкновенной северного (томский, архангельский и вологодский) происхождения показали его значительное увеличение на 17–29%.

В возрасте от 30 до 45 лет наблюдается значительное снижение радиального прироста у деревьев в юго-восточном лесостепном и степном климатипах (курский, башкирский, ростовский, белгородский, волгоградский), снижение данного показателя составило от 9% у сосен волгоградского до 51% у курского происхождений. У северных вариантов (архангельский, ленинградский) также произошло снижение прироста по радиусу деревьев, однако по сравнению с юго-восточными климатипами оно незначительное и составляет всего от 2,5 до 4,9%. Максимальный средний радиальный прирост деревьев в этот период был у витебского и томского климатипов. Увеличение радиального прироста деревьев, хотя и незначительное, наблюдалось в насаждениях латвийского, вологодского, минского и хмельницкого климатипов.

В древостоях сосны обыкновенной в третьем классе возраста в большинстве своем наблюдается снижение радиального прироста, причем наибольшее снижение отмечено в насаждениях северного архангельского (68%) и степного волгоградского (37%) климатипов. В насаждениях минского, хмельницкого и ленинградского климатипов отмечено увеличение среднего радиального прироста на 2,5–17,1%.

Анализируя весь период исследования, можно отметить более стабильный прирост деревьев в насаждениях латвийского, витебского, томского и хмельницкого климатипов. Оценивая современное состояние географических культур, которые по возрастной характеристике перешли в класс приспевающих, следует признать, что лучшими таксационными показателями характеризуются древостои витебского, латвийского, эстонского, гродненского, полтавского и хмельницкого климатипов (табл. 5).

Таблица 4. Динамика изменения радиального прироста у сосны обыкновенной различного географического происхождения

Table 4. Dynamics of changes in radial growth in pine of different geographical origins

Климатип	Средний радиальный прирост по возрастным периодам, см			
	1–15 лет	16–30 лет	31–45 лет	46–65 лет
Архангельский	0,212	0,258	0,252	0,080
Ленинградский	0,299	0,244	0,232	0,280
Томский	0,269	0,316	0,345	0,233
Вологодский	0,152	0,197	0,248	0,165
Эстонский	–	0,362	0,201	0,171
Латвийский	0,296	0,229	0,285	0,265
Витебский	0,312	0,317	0,330	0,292
Минский	0,293	0,211	0,221	0,233
Ульяновский	0,267	0,192	0,199	0,174
Башкирский	0,342	0,232	0,169	0,114
Гродненский	0,330	0,242	0,169	0,123
Курский	0,427	0,347	0,168	0,106
Белгородский	0,326	0,276	0,145	0,113
Волгоградский	0,325	0,198	0,180	0,113
Ростовский	0,255	0,204	0,170	0,156
Хмельницкий	0,215	0,175	0,191	0,196
Полтавский	0,341	0,359	0,261	0,148

Таблица 5. Таксационная характеристика географических культур сосны обыкновенной

Table 5. Taxation characteristics of pine geographical cultures

Наименование климатипа	Количество деревьев на 1 га, шт.	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас, $м^3$/га
Архангельский	280	21,7	20,9	I	0,26	94
Ленинградский	440	18,2	21,6	I	0,56	192
Томский	600	23,7	27,0	I	0,90	364
Вологодский	450	21,4	21,5	I	0,44	159
Эстонский	340	24,4	24,8	I	0,73	311
Латвийский	600	23,7	25,4	I	0,80	356
Витебский	480	24,9	31,0	I^a	0,83	480
Минский	488	22,3	26,5	I	0,72	277
Ульяновский	670	21,4	18,3	I	0,46	170
Башкирский	310	22,6	24,6	I	0,36	140
Гродненский	660	23,5	26,0	I	0,85	320
Курский	413	21,0	23,5	I	0,49	174
Белгородский	300	22,1	26,0	I	0,43	160
Волгоградский	388	23,2	26,4	I	0,55	220
Ростовский	463	22,9	24,1	I	0,56	220
Хмельницкий	763	23,3	23,9	I	0,89	364
Полтавский	570	23,0	26,3	I	0,81	324

Насаждения этих климатипов имеют запас стволовой древесины выше 300 $м^3$, а витебский более 400 $м^3$ на 1 га, они являются высокополнотными и высокопродуктивными (произрастают по I и I^a классам бонитета). Хорошую сохранность и продуктивность в условиях Белорусского лесосеменного района имеет томский климатип.

Древостои остальных климатипов хоть и произрастают по I классу бонитета, однако являются низкополнотными и с низким запасом стволовой древесины. Среди этой группы худшими показателями отличается насаждение башкирского климатипа, у которого полнота составляет всего 0,36. Древесный ярус этого климатипа представлен отдельно стоящими деревьями и не может считаться полноценным лесным насаждением.

Климатипы лесостепной зоны (белгородский, курский) также являются низкополнотными, но на момент исследования не утратили своих функций как лесные насаждения. В целом климатипы этой зоны характеризуются более интенсивным ростом по диаметру, но замедленным ростом в высоту и низкой сохранностью.

Насаждения северных климатипов (архангельский, ленинградский, вологодский) уступают по интенсивности роста как местным, так и южным происхождениям и имеют низкие полноты и, соответственно, низкий запас стволовой древесины.

Необходимо также отметить, что продуктивность насаждений исследуемых климатипов (показатель класса бонитета) в условиях Белорусского лесосеменного района оказалась выше продуктивности материнских насаждений в местах их естественного произрастания.

В процессе формирования сосновых насаждений различного географического происхождения большое значение имеет особенность строения их древостоя по диаметру, которое свидетельствует об адаптации инорайонных экотипов к местным условиям.

Исследуемые насаждения являются одновозрастными и произрастают в одинаковых условиях, в связи с чем можно предположить, что границы варьирования по диаметру определяются их индивидуальной изменчивостью, обусловленной принадлежностью семян к соответствующим лесосеменным районам.

Строение одновозрастных приспевающих насаждений по данным многих авторов подчиняется закону нормального распределения со сдвигом в сторону больших диаметров. Так, по результатам исследований, проведенных в Воронежской области М. И. Михайловой [16], установлено, что у древостои местных лесостепных экотипов сосны обыкновенной имеют одновершинный характер распределения деревьев, типичный для нормального распределения, но с незначительной правой асимметрией.

Распределение деревьев инорайонных степных экотипов имеет также ассиметричное, но двухвершинное распределение, что связано с естественным циклично-волновым отпадом тонкомерных деревьев сосны степных экотипов, произрастающих в условиях лесостепи, где расположен объект исследования.

В культурах лесостепных экотипов сосны в пяти центральных ступенях толщины сосредоточено 65,3% деревьев, а у степных – только 52,0% от их общего количества.

В табл. 6 представлено распределение деревьев сосны обыкновенной различных климатипов по двухсантиметровым ступеням толщины, выраженное в процентах от общего их количества.

У северных климатипов (архангельский, ленинградский, вологодский) основная масса деревьев (54–57%) сконцентрирована в нижних ступенях толщины (12–22 см).

Строение древостоев по диаметру деревьев местных (витебский, минский гродненский) и хмельницкого климатипов характеризуются кривой нормального распределения со сдвигом в правую сторону и основная масса деревьев (66–70%) расположена в пределах четырех средних ступеней толщины (24–36 см). У прибалтийских климатипов основная масса деревьев находится в ступенях толщины от 20 до 28 см, строение древостоя подчиняется закону нормального распределения. Строение древостоев по диаметру деревьев юго-восточного климатипа (полтавский), который представляет степную зону, также имеет нормальное распределение, однако кривая имеет два явно выраженные пика.

Древостои башкирского и ульяновского климатипов, которые представляют Южно-уральский и Средневолжский лесосеменные районы, также описываются кривыми нормального распределения с достаточно равномерным распределение деревьев по ступеням толщины, а в средних ступенях толщины сосредоточено только 45–50% деревьев.

Таблица 6. Распределение деревьев в древостоях различных климатипов сосны обыкновенной по их диаметру

Table 6. Distribution of trees in stands of different pine climatypes of by their diameter

Климатип	Распределение деревьев по 2-сантиметровым ступеням толщины, %														
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Архангельский	21,4	25,0	10,7	3,5	7,0	–	3,5	3,5	7,0	3,5	3,5	7,0	3,5	–	–
Ленинградский	–	2,3	18,2	20,5	15,9	4,6	13,6	13,6	6,8	4,6	–	–	–	–	–
Томский	2,4	4,8	7,3	4,8	17,1	4,8	22,0	14,6	9,8	4,9	4,9	4,8	2,4	–	–
Вологодский	6,7	–	8,9	17,8	22,2	17,8	11,1	–	11,1	2,2	–	–	2,2	–	–
Эстонский	–	–		2,9	14,7	20,6	2,9	14,7	20,6	11,7	8,8	2,9	–	–	–
Латвийский	–	–	7,9	12,7	11,1	11,1	14,3	7,9	9,5	7,9	6,3	3,2	7,9	–	–
Витебский	–	–	4,2	2,1	2,1	2,1	4,2	8,3	18,7	6,2	18,7	12,5	14,5	2,1	6,2
Минский	–	–	4,8	9,6	2,4	4,8	19,0	2,4	19,0	11,9	14,3	4.8	4,8	2,4	–
Ульяновский	–	7,0	10,5	8,8	19,3	10,5	8,8	12,3	15,8	5,3	1,7	–	–	–	–
Башкирский	3,2	6,4	12,8	9,7	6,4	6,4	16,1	6,4	9,7	6,4	6,4	3,2	–	–	–
Гродненский	4,1	3,5	4,7	5,9	9,4	5,9	5,9	3,5	7,1	5,9	11,8	2,3	2,3	3,5	1,2
Курский	–	1,5	1,5	3,0	12,3	7,7	13,8	15,4	32,3	1,5	3,0	1,5	4,6	1,5	–
Белгородский	–	–	–	–	4,3	6,5	8,6	8,6	17,4	28,2	8,6	13,0	2,1	2,1	–
Хмельницкий	–	3,3	6,6	13,1	9,8	14,8	16,4	13,1	8,2	4,9	8,2	1,6	–	–	–
Ростовский	–	10,2	15,4	20,5	10,2	2,5	2,5	12,8	5,1	–	2,5	–	5,1	10,2	–
Полтавский	–	5,3	12,3	5,3	8,8	1,8	8,8	8,8	19,3	5,3	12,3	7,0	3,5	1,8	–

Заключение

В результате проведенных исследований дана характеристика происхождения исходного материала как основы для получения отечественного сорта сосны обыкновенной «Негорельская» селекции Белорусского государственного технологического университета. Проведено подробное описание древостоев сосны обыкновенной, произрастающих в различных лесосеменных районах и подрайонах на территории бывшего Советского Союза, в которых были заготовлены семена. Диапазон происхождения семян сосны обыкновенной составляет от 48° до 62° северной широты и от 22° до 111° восточной долготы. Приведена таксационная характеристика насаждений и климатические показатели 30 проанализированных лесосеменных районов и подрайонов, в которых произрастали материнские древостои сосны обыкновенной.

Выявлены различия среди исследуемых климатипов сосны обыкновенной по динамике сохранности деревьев в географических лесных культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза в молодняках, средневорастном и приспевающем классах возраста.

Изучено в приспевающем возрасте распределение деревьев по диаметру и строение исследуемых насаждений, выявлены имеющиеся различия в связи с их географическим происхождением.

В связи с тем, что исследуемые насаждения различных климатипов сосны обыкновенной на всех секциях имеют одинаковый биологический возраст, а также с учетом того, что все древостои произрастают в одинаковых лесорастительных условиях (тип условий местопроизрастания – B_2), то установленные границы варьирования диаметров деревьев на высоте 1,3 м при отсутствии рубок ухода можно объяснить только их индивидуальной изменчивостью, обусловленной принадлежностью семян к соответствующим лесосеменным районам.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00228, http://rscf.ru/project/23-26-00228/.

Литература

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2024 г. / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес». – Минск, 2024. – 87 с.

2. Таркан, А. В. Динамика лесного фонда Республики Беларусь / А. В. Таркан // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Жорновской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси, г. Осиповичи, 25–27 сент. 2024 г. / Институт леса НАН Беларуси ; редкол.: А.И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2024. – С. 174–177.

3. Продуктивность естественных и искусственных насаждений хвойных лесообразующих пород в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов Беларуси / В. В. Усеня [и др.] // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Жорновской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси, г. Осиповичи, 25–27 сент. 2024 г. / Институт леса НАН Беларуси ; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2024. – С. 182–185.

3. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы // Каталог библиотеки БГТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://diskstation.belstu.by:5001/sharing/1KzeTDojj. Дата доступа: 01.11.2024.

4. Пугачевский, А. В. Дифференциация и районирование территории Беларуси по характеру реакции хвойных лесов на изменение климата / А. В. Пугачевский // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Жорновской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси, г. Осиповичи, 25–27 сент. 2024 г. / Институт леса НАН Беларуси ; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2024. – С. 139–143.

5. Лесная селекция в России : достижения, проблемы, приоритеты (обзор) / В. В. Тараканов [и др.]. // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 1. – С. 100–143.

6. Исаков, Ю. Н. Эколого-генетическая изменчивость и селекция сосны обыкновенной : автореф. дисс. … д-ра биол. наук : 03.00.15; 06.01.05 / Ю. Н. Исаков; НИИ лесной генетики и селекции. – СПб., 1999. – 36 с.

7. Милютин, Л. И. Развитие лесной генетики в России / Л. И. Милютин, Е. Н. Муратова, А. Я. Ларионова // Сибирский лесной журнал. – 2018. – № 1. – С. 3–15.

8. Новиков, А. И. Совершенствование технологии получения высококачественного лесосеменного материала : автореф. дисс. … д-ра техн. наук : 05.21.01 / А. И. Новиков ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. – Воронеж, 2021. – 32 с.

9. Сравнительная оценка физико-механических свойств древесины различных климатипов сосны обыкновенной / С. В. Ребко [и др.]. // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 26–40.

10. Драгавцев, В. А. Решение технологических задач селекционного повышения урожаев, вытекающие из теории эколого-генетической организации количественных признаков / В. А. Драгавцев // АгроФорум. – 2019. – № 1. – С. 64–71.

11. Крук, Н. К. Искусственное восстановление и улучшение генофонда *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) Karst. на базе селекционного семеноводства в условиях Белорусского Поозерья : автореф. дисс. … канд. биол. наук : 06.03.01 / Н. К. Крук ; Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2002. – 21 с.

12. Ребко, С. В. Особенности роста и семеношения отдаленных внутривидовых гибридов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Беларуси : автореф. дисс. … канд. с.-х. наук : 06.03.01 / С. В. Ребко ; Бел. гос. технол. ун-т. – Мн., 2009. – 22 с.

13. Ивановская, С. И. Генетические ресурсы сосны обыкновенной в Беларуси, их сохранение и использование в селекционном семеноводстве : автореф. дисс. … канд. биол. наук : 06.03.01 / С. И. Ивановская ; Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2015. – 24 с.

14. Анализ влияния морфометрических характеристик семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на всхожесть в контейнерах / С. В. Ребко [и др.] // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Жорновской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси, г. Осиповичи, 25–27 сент. 2024 г. / Институт леса НАН Беларуси ; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2024. – С. 148–151.

15. Кузьмин, С. Р. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах разных лесорастительных условий / С. Р. Кузьмин, Н. А. Кузьмина // Лесоведение. – 2020. – № 5. – С. 451–465.

16. Михайлова, М. И. Состояние, рост и продуктивность экотипов сосны обыкновенной в географических лесных культурах Воронежской области : автореф. дисс. … канд. с.-х. наук : 06.03.01 / М. И. Михайлова; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. – Воронеж, 2022. – 22 с.

17. Федорков, А. Л. Фенотипический отбор в лесной селекции / А. Л. Федорков // Лесоведение. – 2019. – № 6. – С. 580–584.

18. Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 368 с.

19. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 532 с.

20. Таксационно-лесоустроительный справочник / М. В. Кузьменков [и др.]. – Минск : Редакция журнала «Лесное и охотничье хозяйство», 2019. – 336 с.

Поступила в редакцию 11.11.2024 г.

УДК 630*1; 630*2; 504.062

О. В. СОЗИНОВ[1], М. В. ЕРМОХИН[2], А. Ю. КОМАР[3], А. Р. НИКУЛИНА[4], К. А. НЕСТЕРОВА[4], П. А. ЧЕРНЕНКО[5], Н. П. СТРИГЕЛЬСКАЯ[6], А. С. РОМАНЮК[3], А. П. АМБРОСОВА[3], В. М. ЛАПИЦКИЙ[3], Н. А. ШЕСТАКОВ[7], М. Е. ЛЕГОТИН[4]

ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СТОЛЕТНИХ СОСНЯКАХ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА ЛЕСНЫХ И ПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ

[1]*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь*
[2]*Ботаническое общество, Минск, Беларусь*
[3] *Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: artur.komar@tut.by*
[4]*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*
[5]*Институт лесоведения Российской академии наук, Успенское, Россия*
[6]*Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Минск, Беларусь*
[7]*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

Аннотация. В рамках молодежной летней школы по лесной фитоценологии «SYLVAN-2024» проведены исследования динамики структуры древостоев, видового разнообразия, изменчивости радиального прироста деревьев *Pinus sylvestris* и влияния на него климатических факторов в двух насаждениях орлякового типа леса (*Pinetum pteridiosum*) в заповедной зоне национального парка «Беловежская пуща», возникших на сельскохозяйственных и лесных землях. Установлены особенности изменчивости вертикальной структуры и состава древостоев, выявлена значимая положительная связь между изменчивостью ширины годичных колец деревьев *Pinus sylvestris* и среднемесячными температурами января, февраля и марта, а также осадками июня и июля. Показано, что наибольшая изменчивость видового состава живого напочвенного покрова прослеживается вдоль градиента почвенно-грунтовых условий (увлажнение, трофность, кислотность) при существенном влиянии светового режима. Выявленные незначительные различия в динамике и климатически детерминированной изменчивости радиального прироста деревьев, видовом богатстве и разнообразии столетних насаждений *Pinus sylvestris* в этом возрасте могут быть связаны не с происхождением, а с вариациями в составе и структуре древостоев.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, заповедный режим, древостой, фитоценоз, живой напочвенный покров, радиальный прирост деревьев, Беловежская пуща, *Pinetum pteridiosum*, Vaccinio-Piceetea.

O. V. SOZINOV[1], M. V. YERMOKHIN[2], A. Yu. KOMAR[3], A. R. NIKULINA[4], K. A. NESTEROVA[4], P. A. CHERNENKO[5], N. P. STRIHELSKAYA[6], A. S. RAMANIUK[3], A. P. AMBROSAVA[3], V. M. LAPITSKIY[3], M. A. SHASTAKOU[7], M. E. LEGOTIN[4]

DYNAMICS OF ECOLOGICAL AND PHYTOCENOTIC CHARACTERISTICS IN CENTENNIAL PINE FORESTS FORMED ON FOREST AND ARABLE LANDS

[1]*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus*
[2]*Botanical society, Minsk, Belarus*
[3]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: artur.komar@tut.by*
[4]*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*
[5]*Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Russia*
[6]*International State Ecological Institute named after A. D. Sakharov, Minsk, Belarus*
[7]*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

Annotation. Within the framework of the summer school on forest phytocenology "SYLVAN-2024", the dynamics of tree stands structure, species diversity, variability of tree-ring width of *Pinus sylvestris* and the impact of climatic factors on it were studied in two forest stands (*Pinetum pteridiosum* forest type), which have developed on former agricultural and forest lands in the strict protected zone of the Belovezhskaya Pushcha National Park. The features of variability of the vertical structure and composition of tree stands were established. A significant positive correlation was revealed between the variability of the tree-ring width and the average monthly temperatures of January, February and March, as well as precipitation in June and July. It was shown that the greatest variability of the species composition

is traced along the soil conditions (moisture, nutrition, acidity) with a significant influence of the light regime. However, the minor differences identified in the dynamics and climatically determined variability of the tree-ring width, species richness and diversity of centennial pine phytocenoses at this age may be associated not with origin, but with some variations in the composition and structure of tree stands.

Keywords: *Pinus sylvestris*, protection, forest stand, phytocenosis, living ground cover, tree-rings, Belovezhskaya Pushcha, Pinetum pteridiosum, Vaccinio-Piceetea.

Введение

Структура лесов в Беларуси в значительной степени обусловлена хозяйственной деятельностью человека. Так, климатические изменения могут приводить к гибели лесов, но древостои, которые возникают на их месте, в большинстве случаев имеют искусственное происхождение. Ежегодно в стране создается около 40 тыс. га лесных культур [1], а древостои искусственного происхождения занимают 23,1% площади покрытых лесом земель [2]. Кроме того, сегодня лесистость Беларуси составляет 40,2% [2], но при этом сразу после Великой Отечественной войны она достигала своего исторического минимума в 21,5% [3]. Т.е., почти половина современных лесов возникла на месте бывших сельскохозяйственных или нарушенных земель в течение последних 80 лет. Некоторые из них в последствии оказались на особо охраняемых территориях и, даже, на участках с заповедным режимом. Так, в Березинском биосферном заповеднике леса, сформировавшиеся на бывших сельскохозяйственных землях, занимают более 4,5 тыс. га или 5,5% площади [4].

Исследования динамики лесных сообществ в Беларуси, в первую очередь, связаны непосредственно с изучением изменчивости в составе и структуре древостоев [5]. В научных работах, направленных на изучение живого напочвенного покрова в лесных фитоценозах на градиенте сукцессий, как правило, изучают: 1) возрастные ряды одного типа леса (в размерности классов возраста) [6], 2) проводят сравнение различных типов лесов одной формации (например, сосновых) разного возраста [7]. Исследователями показано, что характеристики живого напочвенного покрова зависят не только от типа лесорастительных условий, но и от стадии развития насаждения [8], что лежит в основе выделения возрастных ассоциаций лесных фитоценозов [9].

Сравнительные исследования структуры древостоев и нижних ярусов лесных фитоценозов различного происхождения на длительно заповедных территориях предоставляют уникальную возможность для ответов на многочисленные вопросы, связанные с их динамикой. Поэтому основной целью наших исследований, проведенных в заповедной зоне национального парка «Беловежская пуща», была оценка изменения эколого-ценотических характеристик и особенностей радиального прироста деревьев в одновозрастных 94-летних естественных насаждениях *Pinus sylvestris*, сформировавшихся на бывших сельскохозяйственных и лесных землях.

Материалы (объекты) и методы их исследования

Исследования проведены в 2024 г. на двух постоянных пробных площадях (ППП), заложенных в 2016 г. сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси в заповедной зоне национального парка «Беловежская пуща» (Новоселковское лесничество, окр. д. Войтов Мост, Свислочский р-н, Гродненская обл.) для долговременных наблюдений за естественной динамикой лесных фитоценозов (рис. 1).

ППП №5 размером 100×50 м расположена в выделе 7 квартала 147А Новосёлковского лесничества. Координаты: 52°49'53,0" с.ш., 24°16'17,8" в.д. Тип леса – сосняк орляковый (*Pinetum pteridiosum*) ассоциация мшисто-орляковая. Почва дерново-подзолистая, развивающаяся на рыхлом песке, залегающем на глубине 80 см, подстилаемая супесью, имеется пахотный горизонт глубиной 25–30 см. На момент закладки пробной площади это был трехъярусный древостой естественного происхождения, сформировавшийся на землях, которые использовались в сельском хозяйстве до 1920-х гг. (см. рис. 1б, в): первый ярус, высотой 26,2 м, представлен *Pinus sylvestris* с единичными деревьями *Picea abies*, второй ярус, высотой 19,7 м, – почти в равной пропорции *Pinus sylvestris* и *Picea abies* с единичными деревьями *Betula pendula*. Средний возраст деревьев *Pinus sylvestris* – 87 лет. Состав подроста – 8С1Б1Е+Д при общем количестве 1,4 тыс. шт/га, преобладали мелкие (до 0,5 м) экземпляры. В подлеске средней густоты встречался только *Juniperus communis* со средней высотой 2 м. В составе травяно-кустарничкового яруса преобладала *Vaccinium myrtillus* (26%), мохового – *Hylocomium splendens* (40%) и *Pleurozium schreberi* (21%).

ППП №6 размером 100×50 м расположена в выделе 6 квартала 157 Новосёлковского лесничества. Координаты: 52°49'39,2" с.ш., 24°15'57,0"

в.д. Тип леса – сосняк орляковый (*Pinetum pteridiosum*), ассоциация мшисто-орляковая. Почва дерново-подзолистая, развивающаяся на песке, залегающем на глубине 60 см, подстилаемая супесью. На момент закладки пробной площади это был трехъярусный древостой естественного происхождения, сформировавшийся на бывших лесных землях, вероятно после вырубки предыдущего древостоя (см. рис. 1б, в): первый ярус, высотой 27,9 м, представлен *Pinus sylvestris* (78%) и *Betula pendula* (19%) с единичными деревьями *Picea abies*, второй ярус, высотой 15,8 м, – почти в равной пропорции *Pinus sylvestris* (47%) и *Betula pendula* (41%), и незначительным (12%) участием *Picea abies*. Средний возраст деревьев *Pinus sylvestris* – 86 лет. Подрост немногочисленный – 0,4 тыс. шт/га, представлен *Quercus robur*, *Q. rubra*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula*, преимущественно мелкий (до 0,5 м). В подлеске высокой густоты со средней высотой 1 м встречаются *Juniperus communis*, *Corylus avellana*, *Sorbus aucuparia*. В составе травяно-кустарничкового яруса преобладает *Vaccinium myrtillus* (36%), мохового – *Hylocomium splendens* (41%) и *Pleurozium schreberi* (16%).

Работы на ППП выполняли по общепринятым методикам [10, 11]. На каждой ППП проведен поделовой перечет деревьев. Определяли длину окружности ствола на высоте 1,3 м, высоту дерева и высоту начала кроны, категорию состояния.

Подрост и подлесок учитывали на 50 площадках размером 2×2 м, равномерно размещенных по ППП в узлах вспомогательной сети. Учитывали количество экземпляров подроста по породам, высотным группам (мелкие – до 0,5 м, средние – 0,5–1,5 м, крупные – более 1,5 м) и категориям состояния (здоровые, угнетенные, усыхающие).

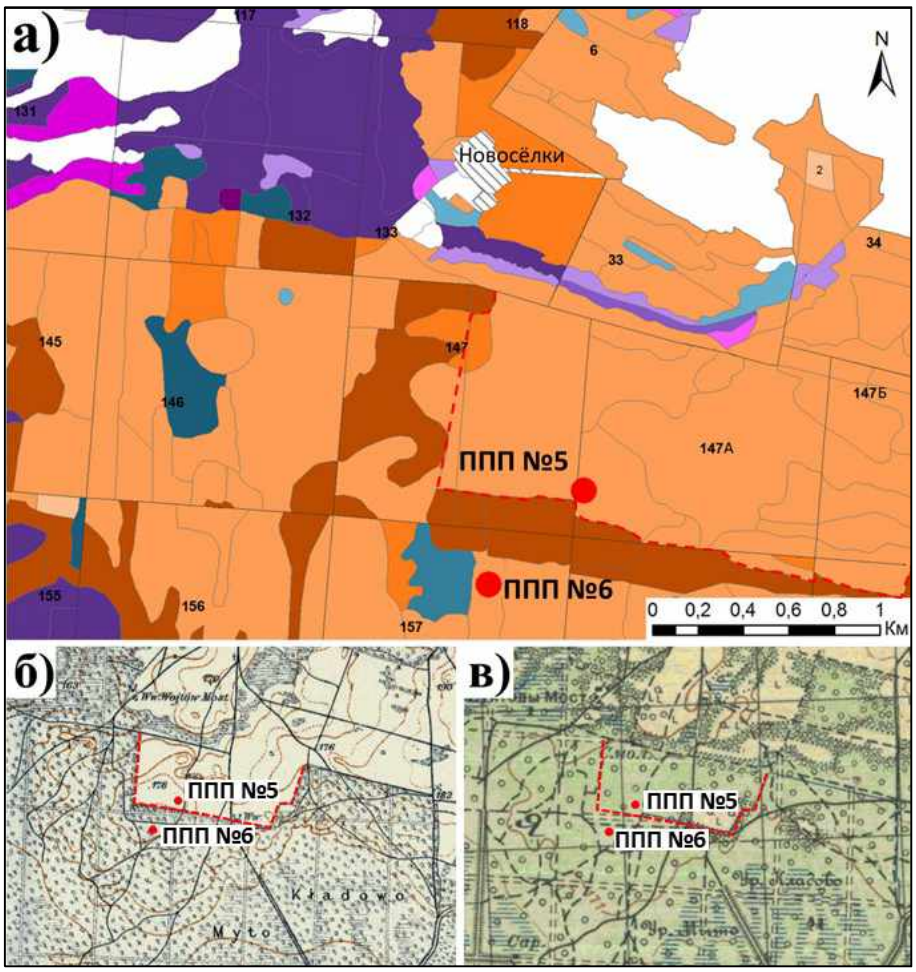


Рис. 1. Схема размещения объектов исследования:
а) на плане лесонасаждений (2016 г.), б) на карте KdwR – Karte des westlichen Russlands (начало XX в.) – по данным сайта orda.of.by, в) на карте РККА – топографические военные карты Рабоче-крестьянской Красной армии (1930-е гг.) – по данным сайта orda.of.by

Fig. 1. Location of the permanent plots: a) on the forest plan (2016), б) on the KdwR – Karte des westlichen Russlands (early XX century) – website orda.of.by, в) on the RKKA – Topographic military maps of the Workers' and Peasants' (1930s.) – website orda.of.by

Живой напочвенный покров описывали на 25 площадках 1×1 м, равномерно размещенных по ППП в узлах вспомогательной сети. Глазомерно определяли проективное покрытие для каждого вида травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов. Тип леса устанавливали на основе разработок белорусских лесотипологов [12, 13].

Для дендрохронологических исследований на каждой ППП выбрано по 15 деревьев *Pinus sylvestris* I–II классов Крафта. Образцы древесины (керны) отбирали приростным буром по два из ствола каждого дерева на высоте 1,3 м от корневой шейки. В камеральных условиях подготовленные образцы древесины сканировали на планшетном сканере с разрешением 1200 dpi. Измерение ширины годичных колец выполнено по отсканированному изображению в программе ArcGIS с точностью 0,01 мм или с использованием полуавтоматической системы LINTAB и программного обеспечения TSAP (Rinntech-Metriwerk GmbH & Co). Для каждого дерева из двух измеренных кернов получали усредненный ряд. Возраст каждого дерева определяли в соответствии с методикой, приведенной в [14].

Перекрестное датирование, выявление ложных и выпавших колец проведено с использованием кросскорреляционного анализа [15]. Для оценки связи между древесно-кольцевыми хронологиями (ДКХ) использованы коэффициент схожести (GLK) [16] и t-критерий [17]. Для оценки степени воздействия климатических факторов на изменение величины прироста использован коэффициент чувствительности [18]. Стандартизация радиального прироста проведена для каждого дерева с дальнейшим усреднением индексов по ППП и построением стандартизированных хронологий. Для сглаживания возрастных кривых использована 50-летняя сплайн-функция [19, 20]. Для оценки влияния на радиальный прирост деревьев климатических данных и построения функций отклика использованы месячные суммы осадков и среднемесячные температуры воздуха, усредненные по метеорологическим станциям «Пружаны» и «Волковыск». Перекрестное датирование отдельных серий годичных колец и ДКХ выполнено в программе COFECHA 6.06P, расчеты кривых для элиминирования возрастных трендов, индексов прироста и авторегрессионное моделирование – в программе ARSTAN40c, построение функций отклика радиального прироста на климатические факторы – в программе RESPO [21] и программном пакете dplR (https://CRAN.R-project.org/package=dplR).

Для оценки экологических режимов биотопов использовали фитоиндикационные шкалы Г. Элленберга [22]. Видовое разнообразие сообществ определяли на основе индексов: видового разнообразия Шеннона, выравненности (индекс Пиелу), доминирования Бергера-Паркера и видового богатства Маргалефа [23]. Степень различия сообществ определена при помощи статистических инструментов: ANOSIM (Analysis Of Similarities), который проверяет значимые различия между сообществами (мера – расстояние Брея-Кертиса) и SIMPER (Similarity of Percentage), который выявляет индикаторные виды растений, способствующие наибольшему различию между фитоценозами [24, 25]. Для оценки потенциально возможного видового богатства на учетных площадках использовали эстиматор Jackknife 2 при использовании методики bootstrapping [25].

Роль факторов окружающей среды в дифференциации фитоценозов по живому напочвенному покрову определена на основе неметрического многомерного шкалирования (Nonmetric MultiDimensional Scaling – NMDS) в программе PAST 4.10 [26]. Применяли меру расстояния Брея-Кертиса, которая широко используется в экологических исследованиях [24]. Для оценки качества ординации использовали индикатор стресса, который варьирует от 0 до 1. При стрессе менее 0,05 качество анализа оценивали как отличное, от 0,05 до 0,1 – как хорошее, от 0,1 до 0,2 – как правильное (адекватное), а при стрессе более 0,2 искажение расстояния считали высоким [27]. Статистическая обработка материала проведена в программах Microsoft Excel и PAST 4.10 [26].

Результаты исследований и их обсуждение

Структура древостоев. В древостоях на обеих пробных площадях чётко выделяются два яруса и слабо выражен третий, представленный немногочисленными деревьями *Betula pendula* и *Picea abies* (табл. 1, рис. 2). В первом ярусе доминирует *Pinus sylvestris*, во втором – *Picea abies*. Кроны *Picea abies* второго и третьего яруса сливаются на вертикальном профиле, формируя вертикально сомкнутую нижнюю часть древостоя (рис. 3). Несмотря на небольшой период (8 лет), прошедший между наблюдениями, в обоих древостоях заметно, что развитие второго яруса ели с 2016 по 2024 гг. привело к угнетению, а на ППП №5 почти полному выпадению *Betula pendula* из третьего яруса. В настоящее время он формируется преимущественно из подроста *Picea abies*, более теневыносливой, чем *Betula pendula*.

На ППП №6 в 2024 г. сохраняется более высокая доля *Betula pendula* в первом ярусе (около 20%), однако она занимает его среднюю и нижнюю часть, а отставшие в росте деревья перешли во второй ярус.

Аналогичные тенденции сохраняются и в динамике распределения деревьев по ступеням толщины (рис. 4). На ППП №5 средний диаметр *Picea abies* в первом ярусе увеличился на 10,7% (до 31,0 см), втором – на 28,8% (до 20,6 см), третьем – на 58,1% (до 14,6 см). При этом средние диаметры *Pinus sylvestris* увеличились на 10,5% в первом ярусе и только на 9,7% во втором. На ППП №6 средний диаметр *Picea abies* в первом ярусе снизился на 7,6% (до 23,0 см), втором – увеличился на 23,9% (до 26,2 см), третьем – увеличился на 84,7% (до 15,7 см). За восемь лет в обоих древостоях произошло увеличение объема стволов *Picea abies* во всех ярусах (в целом на 35% на ППП №5 и на 33% на ППП №6), но в первую очередь за счет изменений во втором ярусе.

Подрост в обоих насаждениях немногочисленный с преобладанием мелкого (до 0,5 м). На ППП №6 в 2016 г. общее количество подроста составляло всего 450 шт/га с небольшим преобладание *Quercus robur* (34Д22Дк22Бб11С11Е); в 2024 г. количество подроста составило 400 шт/га с преобладанием *Pinus sylvestris* и *Betula pendula* (38С38Бб12Д12Е). Подрост *Quercus rubra* исчез в результате предпринятых мер по борьбе с ним как инвазивного вида в 2016 г. На ППП №5 в 2016 г. общее количество подроста составляло 1400 шт/га с преобладанием *Pinus sylvestris* (74С11Е11Бб4Д); в 2024 г. оно увеличилось до 2050 шт/га (71С10Е10Бб7Д2Дк). Увеличение количества подроста связано в первую очередь с нарушением мохового покрова кабанами и созданием благоприятных условий для прорастания семян и развития всходов древесных пород.

Различия в составах древостоев, вероятнее всего, связаны не с их происхождением (лесные или сельскохозяйственные земли), а с наличием семенного фонда деревьев разных пород в окружающих древостоях на момент рубки или прекращения сельскохозяйственной деятельности. В ближайшие 20–30 лет можно ожидать почти полное исчезновение *Betula pendula* из состава первого яруса древостоя на ППП №6, продолжающийся переход *Picea abies* в первый ярус древостоев на обоих пробных площадях и большего сближения их фитоценотического облика.

Динамика радиального прироста. В рамках работы в 2024 г. нами уточнен возраст деревьев *Pinus sylvestris* в обоих древостоях. На ППП №5 подавляющее большинство деревьев имеет возраст 94 года, но встречаются отдельные деревья с возрастом от 86 до 95 лет. На ППП №6 средний возраст деревьев составляет также 94 года: но минимальный – 92 года, а максимальный – 96 лет. Такая возрастная структура древостоев на обеих пробных площадях подтверждает их естественное происхождение, либо смесь лесных культур и естественного возобновления.

Таблица 1. Краткая лесоводственно-таксационная характеристика древостоев

Table 1. Brief forestry characteristics of the forest stands

Год	Ярус	Состав	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Число стволов, шт/га	Сумма площадей сечения, $м^2$/га	Запас, $м^3$/га
ППП №5							
2016	1	94С5Е1Бб	28,5	24,9	326	25,92	292
	2	76Е22С2Бб	14,8	12,6	124	2,83	20
	3	74Бб26Е	7,4	4,6	24	0,13	1
	Итого				474	28,88	313
2024	1	95С5Е ед.Бб	31,3	26,9	286	27,57	330
	2	64Е33С3Бб	18,7	16,4	108	3,85	32
	3	92Е8Бб	13,5	11,3	42	0,71	4
	Итого				436	32,13	366
ППП №6							
2016	1	77С22Бб1Е	29,0	27,3	358	29,59	362
	2	52Е40С8Бб	21,3	17,6	72	2,70	24
	3	84Е16Бб	8,5	7,3	20	0,16	1
	Итого				450	32,45	387
2024	1	80С19Бб1Е	31,7	29,5	316	30,18	386
	2	42Е36С23Бб	26,2	20,7	78	3,97	40
	3	86Е8Бб6С	15,7	12,4	32	0,81	6
	Итого				426	34,96	432

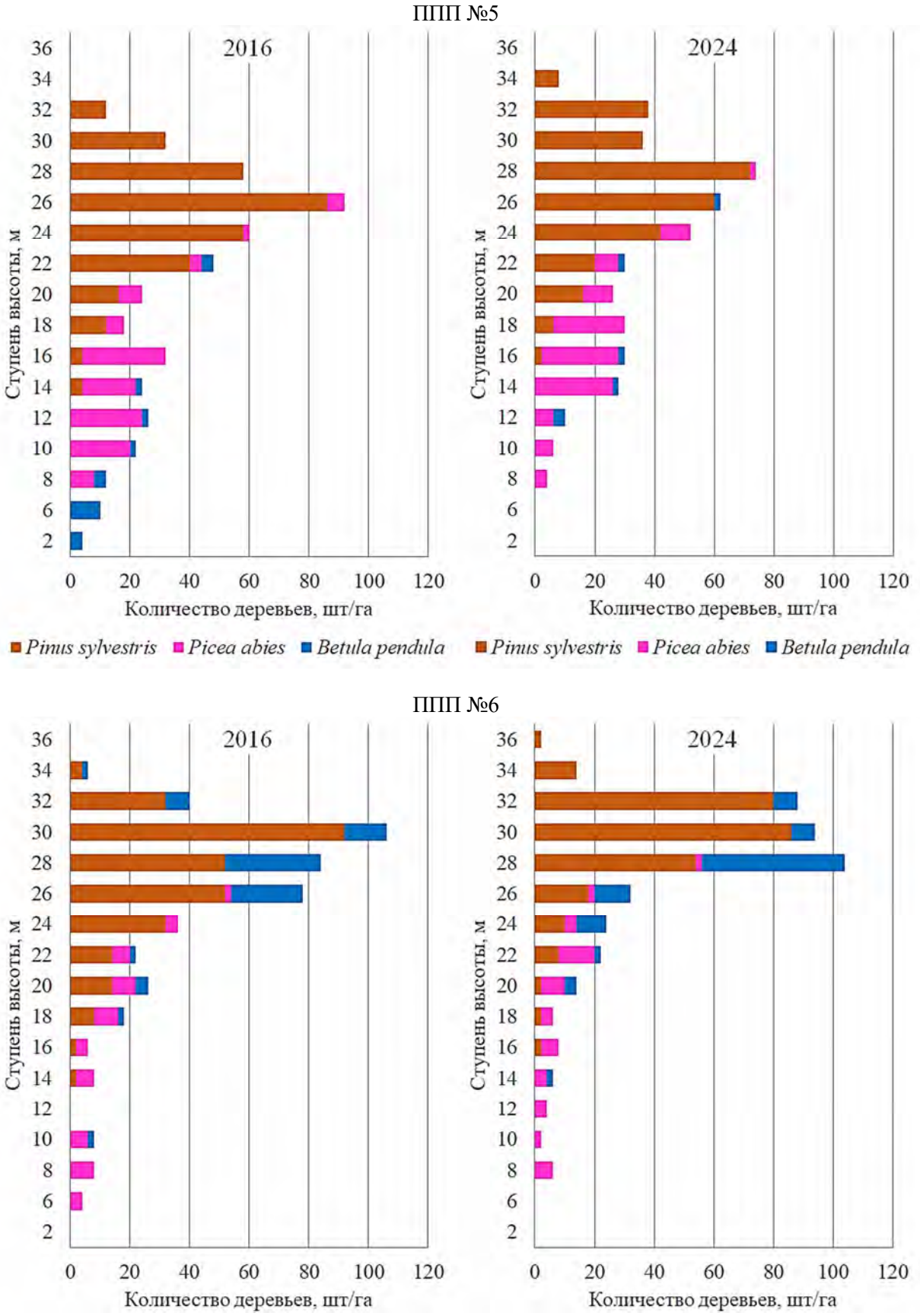


Рис. 2. Распределение деревьев по ступеням высот в древостоях на ППП №5 и №6 в 2016 и 2024 гг.

Fig. 2. Distribution of trees by height in forest stands at trial permanent plots No.5 and No.6 in 2016 and 2024

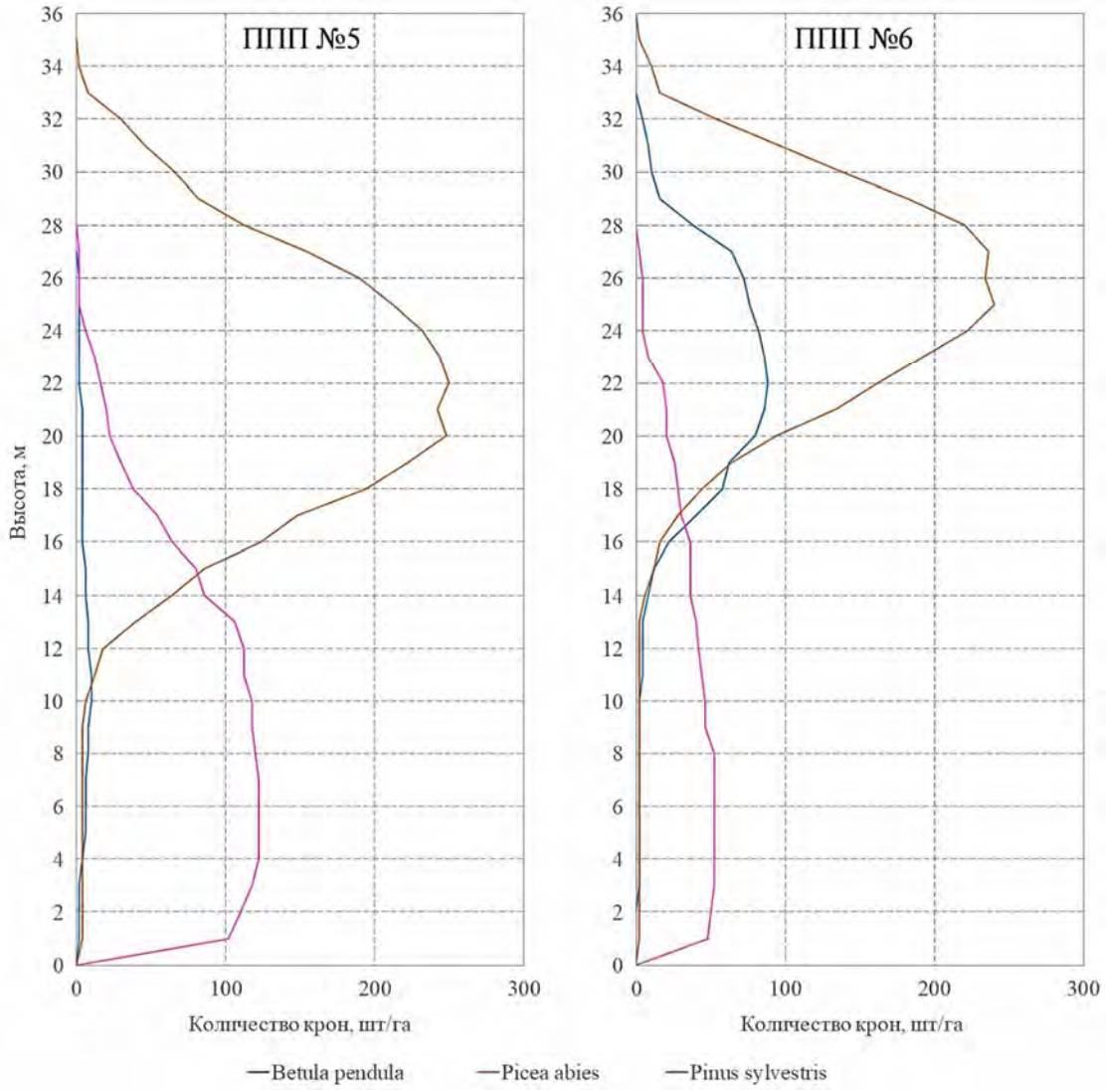


Рис. 3. Распределение крон деревьев по высоте в древостоях на ППП №5 и №6 в 2024 г.

Fig. 3. Distribution of tree crowns by height in forest stands at trial permanent plots No.5 and No.6 in 2024

Построенные древесно-кольцевые хронологии имеют протяженность 87 лет для ППП №5 и 88 лет для ППП №6 (табл. 2, рис. 5). Обе хронологии отличаются высокой автокорреляцией первого порядка (0,61 и 0,51) и невысокими коэффициентами чувствительности (0,15 и 0,14), что характерно для хронологий *Pinus sylvestris* Неманского дендрохронологического района [28]. Более высокие коэффициент чувствительности, среднеквадратическое отклонение и погодичная амплитуда колебаний ширины годичных колец деревьев на ППП №5, чем на ППП №6, свидетельствуют о большей чувствительности к внешним воздействиям деревьев, выросших на сельскохозяйственных землях. Особенно это заметно в годы с неблагоприятными климатическими условиями: 1979–1980, 1986–1987, 2005–2006 гг. В эти периоды индексы прироста деревьев на ППП №5 были на 15–20% ниже, чем на ППП №6.

Погодичная динамика радиального прироста деревьев в обоих фитоценозах имеет очень высокую синхронность (рис. 6) – коэффициент корреляции между индексированными хронологиями составляет 0,84. При этом до возраста 12 лет радиальный прирост деревьев на ППП №5 был на 30–40% выше, чем на ППП №6 (см. рис. 5, 6). Такие различия в начальный период жизни могут быть связаны с более редким размещением деревьев на бывших сельскохозяйственных землях. После смыкания крон и увеличения конкуренции в древостое годичный радиальный прирост резко снизился до 1–2 мм и с 1947 г. средняя ширина годичных колец в древостоях сравнялась. Наиболее неблагоприятными периодами для формирования годичных колец деревьев в обоих фитоценозах были 1951–1956, 1962–1966, 1979, 2005–2006, 2015 и 2018 гг. – радиальный прирост снижался на 20–40% от средних значений (см. рис. 6б).

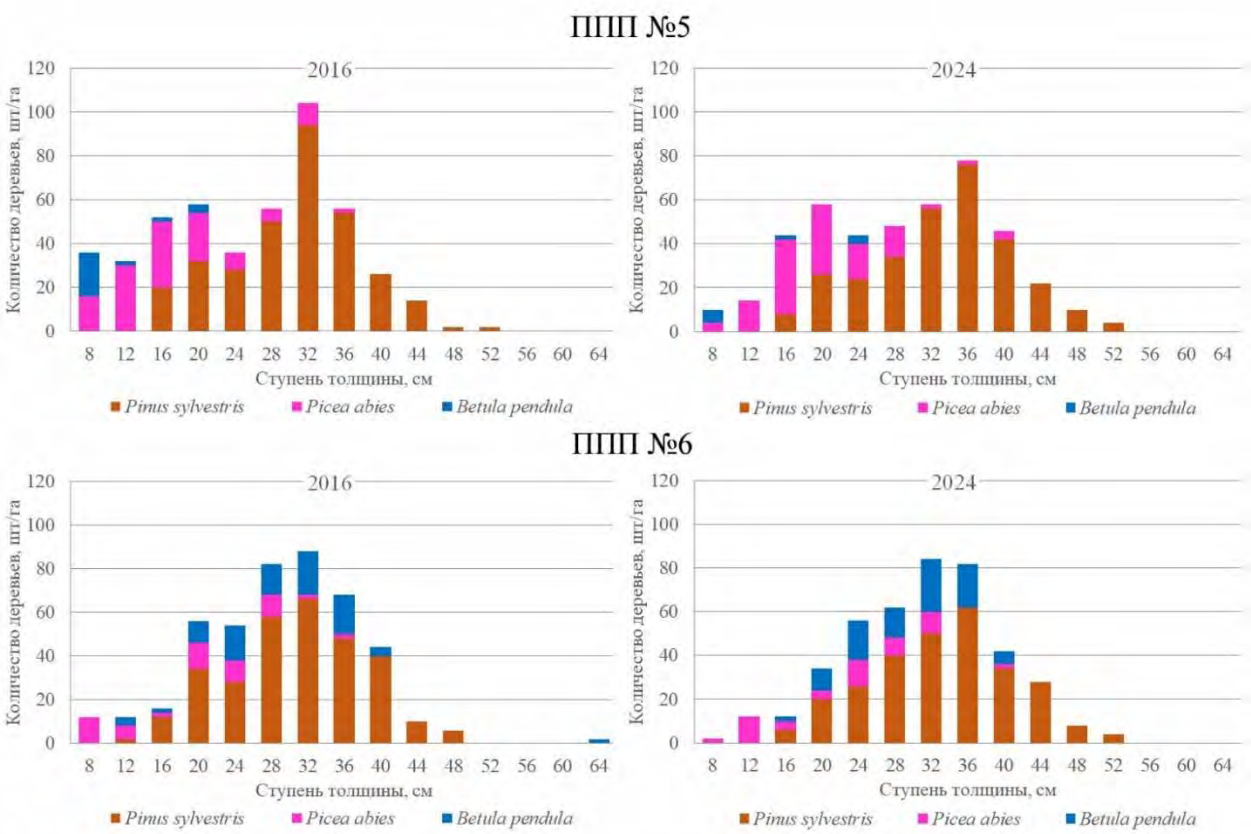


Рис. 4. Распределение деревьев по ступеням толщины в древостоях на ППП №5 и №6 в 2016 и 2024 гг.

Fig. 4. Distribution of trees by diameter in forest stands at trial permanent plots No.5 and No.6 in 2016 and 2024

Таблица 2. Краткая характеристика стандартизированных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ)

Table 2. Brief characteristics of the standardized tree-ring chronologies

ДКХ	Количество деревьев, шт	Диапазон, лет	Коэффициент чувствительности	Среднеквадратическое отклонение	Автокорреляция 1-го порядка
ППП №5	15	1937–2023	0,15	0,19	0,61
ППП №6	15	1936–2023	0,14	0,16	0,51

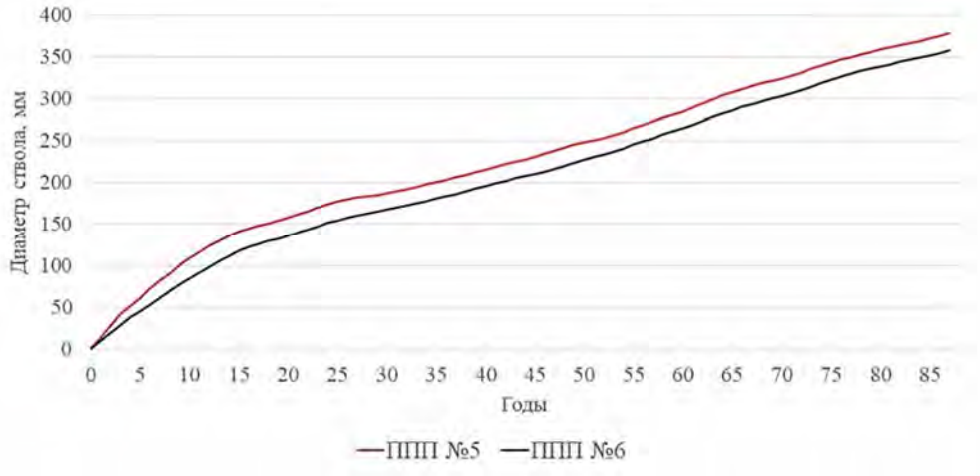


Рис. 5. Динамика среднего диаметра модельных деревьев на ППП №5 и ППП №6

Fig. 5. Dynamics of the average diameter of studied trees on trial permanent plots No.5 and No.6

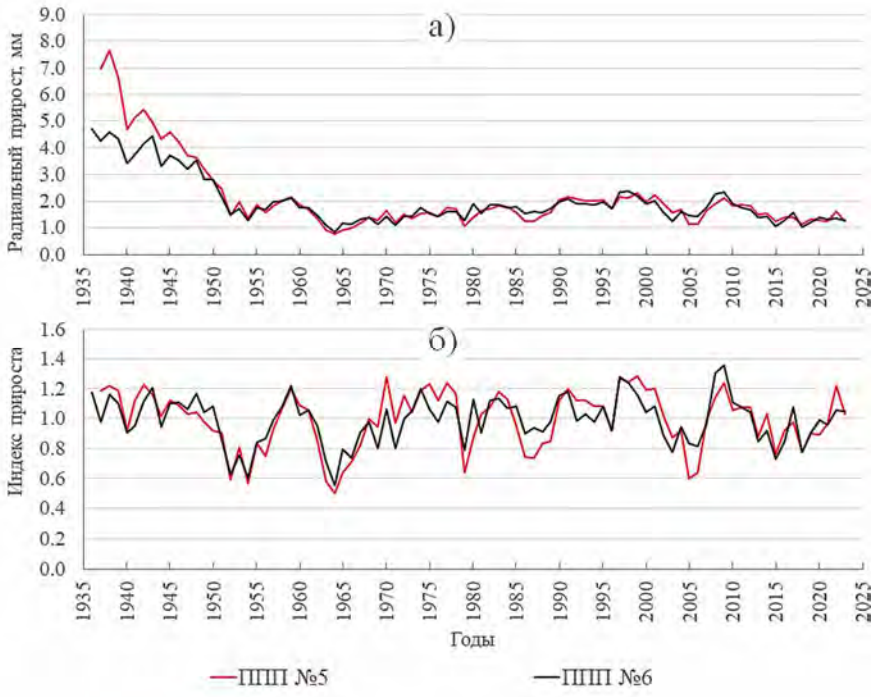


Рис. 6. Абсолютные (а) и стандартизированные (б) древесно-кольцевые хронологии ППП №5 и ППП №6

Fig. 6. Raw (a) and standardized (б) tree-ring chronologies from trial permanent plots No.5 and No.6

Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев. Выявлена значимая положительная связь ($p < 0,05$) между индексами радиального прироста деревьев на обеих пробных площадях и среднемесячными температурами января, февраля и марта, а также осадками июня и июля (рис. 7). Кроме того, на ППП №6 отмечена значимая отрицательная корреляция с температурами июня. Аналогичные закономерности выявлены и в мастер-хронологии для Неманского дендрохронологического района [28]. Т.е. основными климатическими факторами, которые лимитируют прирост *Pinus sylvestris* в этом регионе, выступают засухи июня-июля с одной стороны и температурный режим января-марта с другой. Последнее связано с возможностью деревьев *Pinus sylvestris* осуществлять фотосинтез при температуре до -6°C [29, 30], что компенсирует в определенной мере углеводы, затраченные на дыхание. Соответственно теплые зимы и повторяющиеся периоды оттепели приводят к сохранению углеводов на вегетационный сезон и более интенсивному приросту ранней древесины. Аналогичные закономерности характерны в Беловежской пуще и для других хвойных пород: *Picea abies* и *Abies alba* [31].

Из различий в реакции деревьев *Pinus sylvestris* на климатические факторы отмечено большее влияние осадков июня-июля на ППП №6 (бывшие лесные земли). При этом изменчивость радиального прироста деревьев в древостое на бывших сельскохозяйственных землях (ППП №5) теснее коррелирует с температурами января-марта. Однако, такие различия могут быть связаны не столько с происхождением древостоев, сколько с их составом или густотой.

Особенности флористического состава. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова изученных фитоценозов за исследованный период увеличилось на 7–10 видов (табл. 3). Репрезентативность учетных площадок по охвату видового разнообразия составила 60–68% (см. табл. 3), что указывает на необходимость в перспективе увеличения выборки площадок учёта в пределах пробных площадей.

Не выявлены статистически значимые различия по количеству сосудистых и мохообразных видов растений между фитоценозами (ППП №5 и ППП №6) в один год, а также у фитоценоза за два года сравнения (по критерию хи-квадрат Пирсона, $p < 0,05$).

В целом, в пределах 25 учебных площадок видовое разнообразие высших растений (табл. 4) выявлено достаточно полно. Значение эстиматора Jackknife 2±квадратичное отклонение в пределах ППП: №5 (2016 г.): 20,3±3,9 при выявленном числе видов 19 (см. табл. 3); №6 (2016 г.): 27,8±5,6 (выявлено 26 видов); №5 (2024 г.):

24,9±5,3 (23 вида), №6 (2024 г.): 33,6±6,9 (32 вида), т.е потенциально отклонение от возможного видового богатства в пределах 25 учетных площадок на ППП составило 1–2 (3) вида.

Динамические процессы эколого-ценотических характеристик. Экологические режимы изученных биотопов (по результатам фитоиндикации) характеризуются относительным постоянством: это умеренно-полутеневые фитоценозы (светлые леса) на умеренно-увлажнённых, умеренно- и слабокислых, бедных азотом почвах (рис. 8). При этом отмечены некоторые общие для двух сообществ временные тренды изменчивости факторов: увеличение освещённости, снижение кислотности и трофности (по азоту). Увеличение степени освещённости произошло от выпадения отдельных деревьев первого яруса, преимущественно березы, которая достигла сенильного возрастного состояния. Основное отличие по экологическим режимам сравниваемых биотопов – трофность (по азоту): в фитоценозе, сформировавшемся на лесных землях (ППП №6) отмечен более высокий уровень трофности, чем в сообществе (ППП №5) на старопахотных землях (см. рис. 8). Это же подтверждает большая высота древостоя на ППП №6, чем ППП №5 (см. табл. 1).

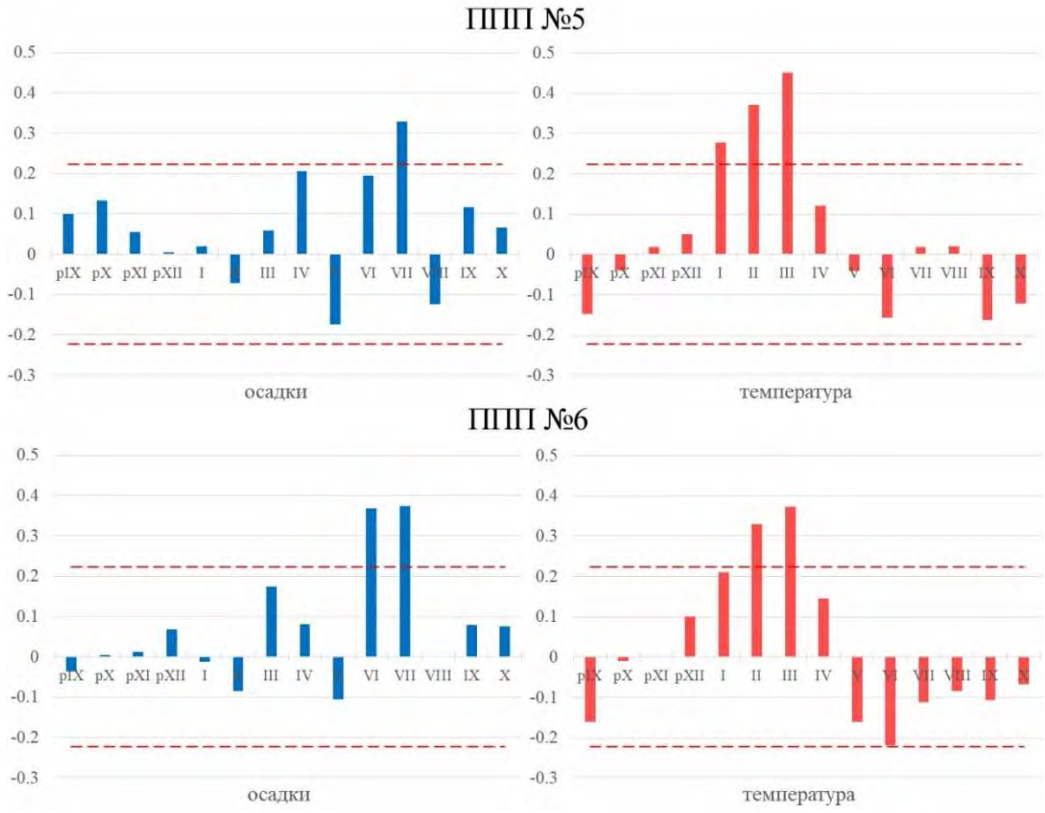


Рис. 7. Коэффициенты корреляции индексов радиального прироста с месячными суммами осадков и среднемесячными температурами воздуха (r>0,22 значим при p=0,05). I, II…IX – месяцы текущего года, VIp, VIIp…XIIp – месяцы предыдущего года

Fig. 7. Correlation between tree-ring indexes and average monthly temperature and monthly sum of precipitation. (r>0.22 significant at level p<0.05). I, II ... IX – months of the current year, VIp, VIIp...XIIp – months of the previous year

Таблица 3. Количество видов (spp) высших растений и эпигейных мхов в изученных фитоценозах

Table 3. Number (spp) of plant species and epigeid mosses in the studied phytocenoses

Год описания	Количество видов в пределах учетных площадок		Количество видов вне учетных площадок / % от суммы	Всего видов (сумма)
	сосудистые растения, spp	мохообразные, spp		
ППП №5 (на старопахотных землях)				
2016	13	6	9/32,0	28
2024	16	7	15/39,5	38
ППП №6 (на лесных землях)				
2016	21	5	15/36,5	41
2024	23	9	16/33,3	48

Таблица 4. Фитоценотическая характеристика живого напочвенного покрова изученных фитоценозов (в пределах 25 ученых площадок по 1м^2)

Table 4. Phytocenotic characterisation of the living ground cover of the studied phytocenoses (within 25 plots of 1m^2 each)

Вид	Среднее обилие (%/м^2) вида на ППП			
	2016 г.		2024 г.	
	№5	№6	№5	№6
Agrostis tenuis	0,01	0	0	0,16
Amblystegium serpens	0	0	0,92	1,3
Betula pendula	0	0	0,07	0
Betula pubescens	0	0	0	0,14
Brachythecium salebrosum	0	0	0	0,08
Calamagrostis arundinacea	0	0,4	0,84	2,94
Calamagrostis epigeios	1,4	5,28	0	0,04
Calluna vulgaris	0,04	0	0,12	0
Convallaria majalis	0	0,05	0	0,32
Dicranum montanum	0	0	2,02	0
Dicranum polysetum	5,59	0,24	4,92	0,92
Dryopteris carthusiana	0	0,04	0	0
Festuca ovina	0,48	2,37	0,44	1,22
Fragaria vesca	0	0,72	0	2,24
Frangula alnus	0	0	0,04	0,04
Goodyera repens	0	0,01	0	0,2
Hylocomium splendens	40,21	40,64	51,32	39,14
Hypericum perforatum	0	0	0	0,02
Juniperus communis	0	0	7,72	9,04
Lembotropis nigricans	0,2	0	0	0
Luzula pilosa	0	0,29	0,06	0,52
Melampyrum pratense	0,67	0,1	0,28	0,28
Moehringia trinervia	0	0,04	0	0
Omalotheca sylvatica	0	0,04	0	0
Peucedanum oreoselinum	0	0,08	0	0,04
Picea abies	0	0	2,82	1,8
Pinus sylvestris	0	0	0,71	0,01
Plagiomnium affine	0	0,01	0	2
Plagiomnium cuspidatum	0	0	0	0,1
Pleurozium schreberi	20,88	15,48	2,44	13,2
Polygonatum odoratum	0,04	0	0,08	0
Polytrichum commune	0,04	0	0	0
Polytrichum juniperinum	0,2	0	0,4	0,12
Pteridium pinetorum	2,32	2,32	1,6	0
Ptilium crista-castrensis	7,0	1,64	8,04	3,24
Quercus robur	0	0	0,3	0,4
Quercus rubra	0	0	0,02	0
Rubus saxatilis	0	0,51	0	0,3
Sarothamnus scoparius	3,76	2,4	0,38	4,2
Sorbus aucuparia	0	0	0	0,28
Thymus serpyllum	0	0,8	0	0
Trientalis europaea	0,01	0,02	0,02	0,14
Vaccinium myrtillus	25,48	36,01	29,34	31,16
Vaccinium vitis-idaea	2,61	0,97	1,8	2,64
Veronica chamaedrys	0	0	0	0,04
Veronica officinalis	0,04	0,08	0,08	0,48
Vicia sylvatica	0	0,01	0	0
Viola canina	0	0	0	0,08
Viola riviniana	0	0	0	0,04

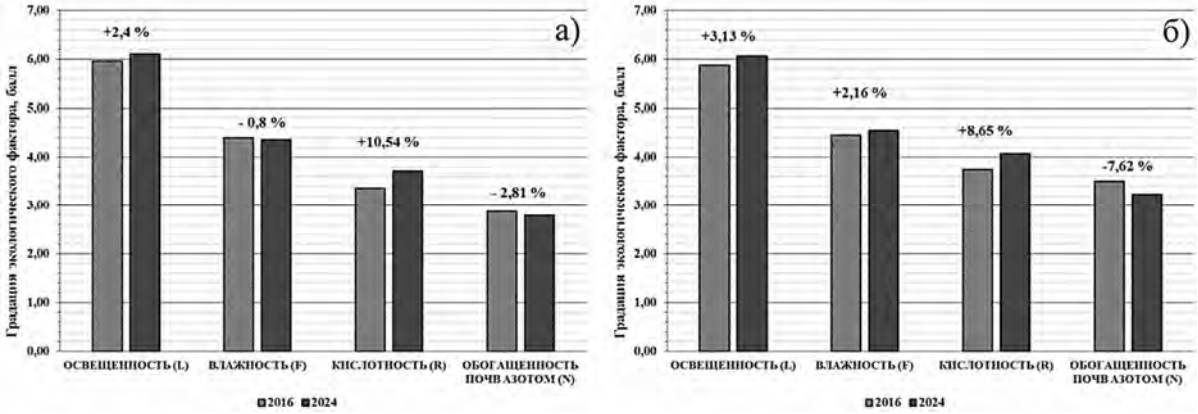


Рис. 8. Экологические режимы исследованных сосняков орляковых, сформировавшихся на а) пахотных (ППП №5) и б) лесных (ППП №6) землях

Fig. 8. Ecological regimes of the studied pine forests formed on a) arable (trial permanent plot No.5) and б) forest (trial permanent plot No.6) lands

Оценка биоразнообразия (по индексам) живого напочвенного покрова показала сходство обоих фитоценозов (табл. 5), кроме видового богатства, которое значимо различалось между двумя сообществами как в 2016 г., так и в 2024 г., при стабильно более высоких показателях в сосняке, сформированном на месте вырубки. За восьмилетний период достоверно выросли значения видового богатства в обоих фитоценозах, а также биоразнообразие в сообществе ППП №6 (см. табл. 5). В 2024 г. в пределах ППП №6 (фитоценоз, сформировавшийся на вырубке) выявлены два охраняемых вида растений: *Linnaea borealis* и *Arnica montana*.

Сравнение видового состава модельных фитоценозов показало высокую разногодичную устойчивую степень общности: R=0,0554±0,0097 (по результатам теста ANOSIM).

Ординация (неметрическое шкалирование) геоботанических описаний живого напочвенного покрова изученных сообществ выявила доминирующий градиент, вдоль которого наблюдается наибольшая изменчивость флористического состава подчиненных ярусов (рис. 9). Коэффициент детерминации (R^2) первой оси 0,54, второй – 0,48. Первая ось значимо коррелирует с почвенно-грунтовыми параметрами, вторая ось – с уровнем освещенности (табл. 6).

Соответственно, основным комплексным фактором определяющим изменчивость живого напочвенного покрова исследованных сосняков орляковых является режим увлажнения и сопутствующие почвенные характеристики. Второй вектор изменчивости видового состава – отражение увеличения степени освещенности под пологом древостоев (см. рис. 9), связанных с их продолжающимся изреживанием и образованием «окон» в пологе.

Для модельных фитоценозов отмечена относительная стабильность как временная, так и межбиотопическая стабильность индикаторных видов растений, которые вносят наибольший вклад (суммарно > 60%) в гетерогенность видового состава живого напочвенного покрова изученных фитоценозов (по SIMPER): *Hylocomium splendens, Vaccinium myrtillus* и *Pleurozium schreberi*. В целом, живой напочвенный покров исследованных высоковозрастных сосняков орляковых достаточно стабилен с монотонным трендом увеличения видового разнообразия и богатства.

Таблица 5. Показатели видового разнообразия (индекс Шеннона), выравненности (индекс Пиелу), видового богатства (индекс Маргалефа) и доминирования (индекс Бергера-Паркера)

Table 5. Indicators of species diversity (Shannon index), evenness (Pielou index), species richness (Margalef index) and dominance (Berger-Parker index)

Индекс	ППП №5		ППП № 6	
	2016	2024	2016	2024
Шеннона (видового разнообразия)	1,86	1,90	**1,73**	**2,17**
Пиелу (выравненности)	0,34	0,26	0,22	0,24
Маргалефа (видового богатства)	**3,87**	**5,35**	**5,39**	**7,45**
Бергера-Паркера (доминирования)	0,36	0,44	0,39	0,35
Примечание. Полужирным шрифтом отмечены индексы, достоверно отличающиеся (p <0,05) в пределах одного сообщества между годами геоботанических описаний.				

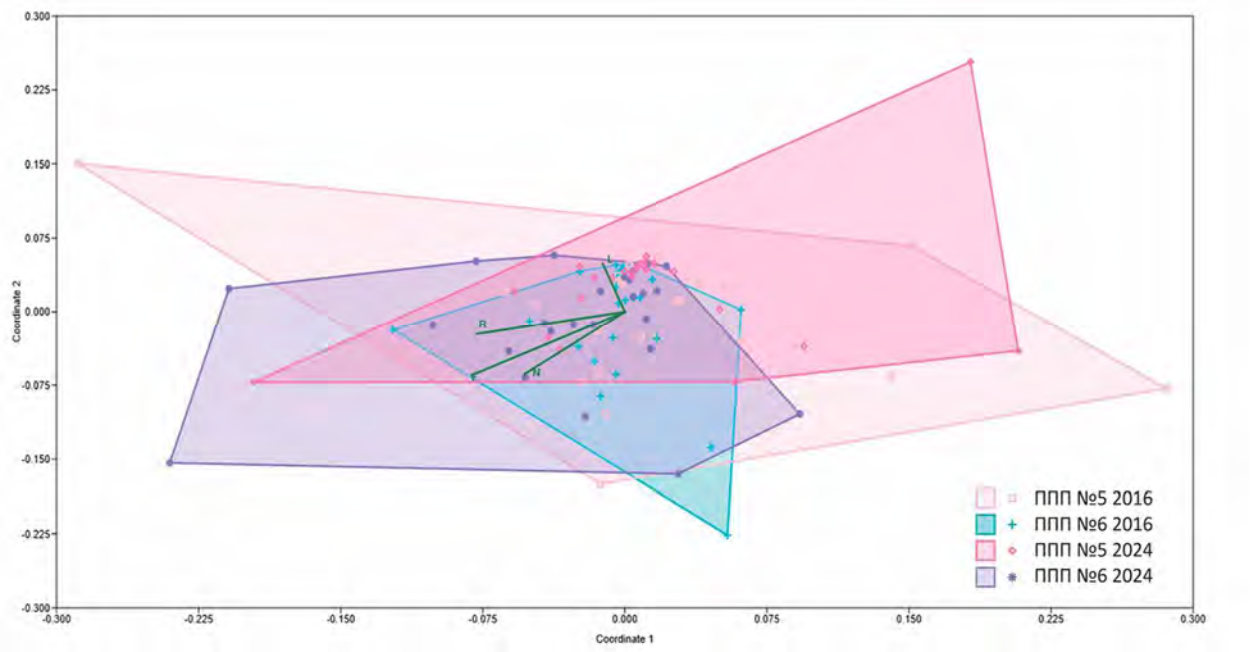


Рис. 9. NMDS-ординация живого напочвенного покрова высоковозрастных сосняков орляковых (стресс = 0,149):
Coordinate 1, Coordinate 2 – 1 и 2 оси ординации NMDS; векторы факторов соответствуют экологическим шкалам (факторы фитоиндикации: L – освещенность, R – кислотность, F – увлажнение, N – трофность (содержание азота)); ППП – постоянная пробная площадь, № – номер ППП; 2016, 2024 – год геоботанического описания

Fig. 9. NMDS-ordination of high-growth pine forests (stress = 0,149):
Coordinate 1, Coordinate 2 – NMDS ordination axes; the factor vectors correspond to ecological scales phytoindication factors: L – lightness, R – acidity, F – moisture, N – trophicity (nitrogen content); ППП – permanent sample area; № – number of ППП; 2016, 2024 – year of geobotanical description

Таблица 6. Коэффициенты корреляции осей NMDS-ординации с экологическими факторами

Table 6. Correlation coefficients of NMDS ordination axes with environmental factors

Факторы (по Г. Элленбергу)	Ось 1	Ось 2
F – увлажнение	-0,23249	0,10885
N – содержание азота	-0,14599	0,10073
R – кислотность	-0,24668	-0,0019
L – освещенность	-0,060185	-0,11252

Заключение

Геоботанические исследования состава и структуры двух высоковозрастных (средний возраст возраст древостоев 94 года) сосняков орляковых (*Pinetum pteridiosum*), сформировавшихся на бывших пахотных и лесных землях, в заповедной зоне Беловежской пущи (Гродненская область, Свислочский район, окр. д. Войтов Мост) по двум временным срезам (2016 и 2024 гг.) показали, что они относятся к умеренно-полутеневые фитоценозам (светлые леса) на умеренно-увлажнённых, умеренно- и слабокислых, бедных азотом почвах.

В вертикальной структуре фитоценозов чётко выделяются два яруса (в первом доминирует *Pinus sylvestris*, во втором – *Picea abies*) и слабо выражен третий, представленный немногочисленными деревьями *Betula pendula* и *Picea abies*. Живой напочвенный покров в целом сомкнут, но присутствуют нарушения его целостности в виде пороев кабанов, которых стало больше к 2024 г. Подрост в обоих фитоценозах немногочисленный с преобладанием низкого (до 0,5 м) при доминировании *Pinus sylvestris* и участии *Picea abies*, *Betula pendula*, *Quercus robur* и *Q. rubra*. Значимое увеличение количества подроста с 1400 до 2050 шт/га (в фитоценозе сформировавшемся на сельскохозяйственных землях) связано с нарушением мохового покрова кабанами.

Древостои *Pinus sylvestris* на обеих пробных площадях одновозрастные с разбросом возрастов в пределах 10 лет (от 86 до 95), что свидетельствует об их естественном происхождении или смеси лесных культур и естественного возобновления. Несмотря на развитие древостоев на почвах с разным генезисом верхнего горизонта динамика радиального прироста деревьев в обоих фитоценозах имеет очень высокую синхронность. Только до 12 лет радиальный прирост деревьев на старопахотных землях достоверно выше, чем на лесных, что, вероятно, связано с более редким размещением деревьев.

Установлена значимая положительная связь между изменчивостью ширины годичных колец деревьев и среднемесячными температурами января, февраля и марта, а также осадками июня и июля, что характерно для деревьев разных хвойных пород из региона исследований. Неблагоприятные для формирования прироста годы синхронны для деревьев на обеих пробных площадях (1951–1956, 1962–1966, 1979, 2005–2006, 2015 и 2018 гг.), но деревья на сельскохозяйственных землях отличаются повышенной чувствительностью и большим снижением ширины годичных колец в эти годы.

По живому напочвенному покрову исследованные сообщества в целом сходны, кроме показателя видового богатства, с общей тенденцией к увеличению количества видов и, в целом, видового богатства, в меньшей степени – видового разнообразия. Наибольшая изменчивость видового состава (с обилием) прослеживается вдоль изменения почвенно-грунтовых условий (увлажнение, трофность, кислотность) при существенном влиянии светового режима. Отмечена временная и фитоценотическая стабильность первой тройки индикаторных видов: *Hylocomium splendens*, *Vaccinium myrtillus* и *Pleurozium schreberi*.

Выявленные незначительные различия в динамике и климатически детерминированной изменчивости радиального прироста деревьев, видовом богатстве и разнообразии столетних насаждений *Pinus sylvestris*, сформировавшихся на сельскохозяйственных и лесных землях, в последнее десятилетие могут быть связаны не с происхождением, а с некоторыми вариациями в составе и структуре древостоев.

В среднесрочной перспективе (20–30 лет) мы прогнозируем почти полное исчезновение (при достижении максимального возможного возраста жизни) *Betula pendula* из состава первого яруса древостоя в фитоценозе, возникшем на лесных землях и усиление присутствия ели в первом ярусе древостоев обоих модельных сообществ, что приведет к ещё большему сближению их фитоценотического облика. В долгосрочной перспективе, по мере вхождения ели в первый ярус древостоя, фитоценозы трансформируются в елово-сосновые или сосново-еловые, которые могут существовать как минимум до 200–300 лет при отсутствии катастрофических нарушений древесного яруса, связанных с ветровалами, буреломами, массовым размножением стволовых или хвоегрызующих насекомых.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках молодежной летней школы по лесной фитоценологии «SYLVAN-2024». Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории лесной экологии и дендрохронологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси за отличную организацию летней школы и исследований.

Литература

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь // Статистический сборник Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 203 с.

2. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь на 01.01.2019. – Минск: Белгослес, 2019. – 63 с.

3. Багинский, В. Ф. Лесопользование в Беларуси / В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик. – Минск: Беларуская навука, 1996. – 367с.

4. Трансформация экосистем Березинского биосферного заповедника в XX веке / М. В. Ермохин [и др.] // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – 2017. – Вып. 12. – С. 22–31.

5. Юркевич, И. Д. Сосновые леса Белоруссии: Типы, ассоциации, продуктивность / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий. – Минск: Наука и техника, 1984. – 174 с.

6. Созинов, О. В. Экологическая дифференциация разновозрастных естественных и искусственных сообществ сосняка мшистого (заказник «Гродненская Пуща», Беларусь) / О. В. Созинов, А. И. Садковская // Социально-экологические технологии. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 171–202. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-2-171-202.

7. Manov, A. V. Dynamics of the horizontal structure of the tree stand in a pristine herb-bilberry forest of the subzone of the middle taiga in the Komi Republic / A. V. Manov // Biology Bulletin. – 2017. – Vol. 44, No. 5. – P. 552–559.

8. Смирнова, О. В. Концептуальная модель динамики напочвенного покрова / О. В. Смирнова, С. И. Чумаченко // Лесной вестник. – 2012. – № 9. – С. 94–102.

9. Юркевич, И. Д. Соотношение понятий лесная ассоциация и тип леса (в связи с исследованиями типов леса) / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман // Ботанический журнал. – 1970. – Т. 55, № 1. – С. 34–41.

10. Справочник таксатора / В. С. Мирошников [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.

11. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева [и др.]. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.

12. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.

13. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 120 с.

14. Методические рекомендации по исследованию лесоматериалов дендрохронологическим методом в судебно-ботанической экспертизе / А. Н. Хох [и др.] // НПЦ Гос. ком. судеб. экспертиз Респ. Беларусь. – Минск: Право и экономика, 2018. – 46 с.

15. Holmes, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement / R. L. Holmes // Tree-Ring Bull. – 1983. – No. 44. – P. 69–75.

16. Eckstein, D. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit / D. Eckstein, J. Bauch // Forstwiss. – 1969. – Cent. 88 (4). – P. 230–250.

17. A 7,272-year tree-ring chronology for western Europe / J. R. Pilcher [et al.] // Nature. – 1984. – No. 312. – P. 150–152.

18. Fritts, H. C. Tree-ring analysis: tool for water resource / H. C. Fritts // Transactions American Geophysical Union. – 1969. – Vol. 50. – P. 22–29.

19. Fritts, H. C. Tree-rings and climate / H. C. Fritts. – London; N. Y.; San Francisco: Acad. Press, 1976. – 576 p.

20. Cook, E. R. A Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization / E. R. Cook // Ph.D. Thesis. – The University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 1985. – 183 p.

21. Holmes, R. L. Dendrochronology program library. Users manual / R. L. Holmes. – Tucson, Arizona, 1984. – 51 p.

22. Ellenberg, E. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / E. Ellenberg. – 2. verb. u. erw. Aufl. – Gottingen: Erich Goltze, 1992. – 258 s.

23. Мэгаран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение. / Э. Мэгаран // Royal society 1983 University Research Fellow University College of North Wales ; перевод на рус. Н. В. Матвеевой. – Bangor, Москва: «Мир», 1992. – 161 с.

24 Сушко, Г. Г. Методы многомерного анализа данных в синэкологии насекомых / Г. Г. Сушко // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. – 2020. – № 1. – С. 38–45.

25. Сушко, Г. Г. Программное обеспечение PAST – как инструмент анализа данных в фаунистических исследованиях / Г. Г. Сушко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, № 3 (126), 2021. – С. 55–61.

26. Hammer, Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – No. 4. – P. 9.

27. Новаковский, А. Методы ординации в современной геоботанике / А. Новаковский // Вестник Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – № 10 (132). – С. 2–8.

28. Ермохин, М. В. Дендрохронологическое районирование сосны обыкновенной в Беларуси / М. В. Ермохин // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 441–453.

29. Field and controlled environment measurements show strong seasonal acclimation in photosynthesis and respiration potential in boreal Scots pine / P. Kolari [et al.] // Frontiers Plant Sci. – 2014. – Vol. 5. – Art. 717. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00717.

30. Wintertime photosynthesis and water uptake in a boreal forest / S. Sevanto [et al.] // Tree Physiol. – 2006. – Vol. 26, N 6. – P. 749–757. https://doi.org/10.1093/treephys/26.6.749.

31. Динамика и состояние популяции пихты белой в урочище «Тисовик» / М. В. Ермохин [и др.] // Беловежская пуща. Исследования. – Брест, 2016. – Вып. 14. – С. 57–81.

Поступила в редакцию 01.11.2024 г.

УДК 581.52; 581.55

Е. С. ШАВАЛДА[1], А. Ю. КОМАР[1], Я. М. ГОЛОВАНОВ[2], А. В. СУДНИК[1]

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИДОРОЖНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ г. МИНСКА И МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: shavalda@bk.ru*
[2]*Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия, e-mail: jaro1986@mail.ru*

Аннотация. Сформированная узкая экологическая ниша в пределах полосы отвода вдоль автомобильных дорог г. Минска и Минской области обусловлена развитием растительных сообществ в условиях специфичного и постоянного антропогенного воздействия. Данные придорожные фитоценозы представлены 11 ассоциациями, 19 вариантами и 2 безранговыми сообществами, принадлежащими к 6 союзам и 4 порядкам классов ***Polygono-Poetea annuae***, ***Artemisietea vulgaris*** и ***Molinio-Arrhenatheretea***. Условия узкой экологической ниши в полосе отвода показали высокое сходство между синтаксонами по экологическим параметрам (увлажненность, трофность и pH) – K_{B-C}>0,89. По таксономическому составу синтаксоны показали высокую специфичность – инструменты ANOSIM (R>0,75), кластерный анализ (K_{B-C}<0,70) и β-разнообразие для большинства сообществ (p<0,05). Показатели α-разнообразия (критерии Шеннона и Маргалефа) демонстрируют высокое видоразнообразие и богатство в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Оценка изменчивости придорожных фитоценозов (динамические ряды смены синтаксонов) на уровне низших рангов (ассоциации и их варианты) показала наличие своеобразных сукцессий, вызванных в смене регламента сезонного ухода за придорожной территорией.

Ключевые слова: придорожная растительность, экологическая ниша, таксономические различия, α- и β-разнообразие, динамический ряд.

Ya. S. SHAVALDA[1], A. Yu. KOMAR[1], Ya. M. GOLOVANOV[2], A. V. SUDNIK[1]

ECOLOGICAL FEATURES OF ROADSIDE PHYTOCENOSIS OF MINSK AND MINSK REGION

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: shavalda@bk.ru*
[2]*Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, e-mail: jaro1986@mail.ru*

Annotation. The formed narrow ecological niche within the right-of-way along the roads of Minsk and the Minsk region is due to the formation of plant communities under specific and constant anthropogenic impact. These roadside phytocenoses are represented by 11 associations, 19 variants and 2 unranked communities belonging to 6 unions and 4 orders of the classes ***Polygono–Poetea annuae***, ***Artemisietea vulgaris*** and ***Molinio-Arrhenatheretea***. The formed narrow ecological niche in the right-of-way showed high similarity between syntaxa in environmental parameters (humidity, trophicity and pH) – K_{B-C}>0,89. According to the taxonomic composition, syntaxa showed high specificity – ANOSIM (R>0,75), cluster analysis (K_{B-C}<0,70) and β-diversity for most communities (p<0,05). The α-diversity indices (Shannon and Margalef criteria) demonstrate high species diversity and richness under conditions of intensive anthropogenic impact. The assessment of the variability of roadside phytocenoses (dynamic series of syntaxon change) at the level of lower ranks (associations and their variants) showed the presence of peculiar successions caused by changes in the regulations of seasonal care of the roadside territory.

Key words: roadside vegetation, ecological niche, taxonomic differences, α- and β-diversity, dynamic series.

Введение

Специфика постоянного антропогенного воздействия (механическое кошение, эрозия почв, загрязнение тяжелыми металлами, продуктами сгорания топлива, в результате износа комплектующих автотранспорта и разрушения дорожного полотна, солевые компоненты противоголо-

ледных реагентов) на придорожные растительные сообщества в условиях автомобильной полосы отвода обусловила формирование узкой экологической ниши [1]. Дополнительным условием выступает конструкция полосы отвода и ее примыкание к экосистемам, через которые пролегает автомобильная дорога; интенсивность дорожного движения, проведение мероприятий по уходу за придорожными территориями. Для растительных сообществ вдоль автодорог характерна своеобразная сукцессионная стадия с доминированием видов-синантропов и регрессионными изменениями природной (естественной) растительности в условиях постоянного антропогенного пресса [2].

Процессы строительства, реконструкции и эксплуатации автодорог формируют автодорожную геотехническую систему – линейно трансформированный участок экосистемы, представленный отчуждением природной среды, полным или частичным уничтожением почвенного покрова с последующим формированием антросолей (антропогенные почвы с новым генетическим профилем) различного качества, появлением адвентивной растительности и развитием естественно не встречающихся растительных сообществ [3]. Следует учитывать, что распространяемое негативное влияние автодорожной инфраструктуры на окружающие экосистемы гораздо шире их фактических размеров [4].

Автодороги г. Минска и центральной части Минской области входят в структуру трансъевропейского мультимодального автотранспортного коридора II (М1/Е30, Запад – Восток), объединяющего транспортные коридоры стран-участниц Европейского союза через Беларусь в Российскую Федерацию и далее в страны Средней Азии и Китая. Развитие фитоценозов в полосе отвода и выбор участков исследования послужили интересом к анализу экологической структуры придорожной растительности в условиях комплекса оказываемых факторов. Большинство анализируемых участков полосы отвода примыкают к агрофитоценозам вследствие высокой сельскохозяйственной освоенности региона исследования. Учитывая специфику условий в придорожной территории, средняя годовая температура региона составляет +6,7 °С, количество атмосферных осадков находится в пределах 600–700 мм (выпадение осадков неравномерно – больше в летний период (июль)) [5]. Период вегетации 192 дня.

Материалы (объекты) и методы их исследования

Для исследований выбраны участки полосы отвода вдоль магистральных и республиканских автодорог, часть из которых относится к сети международных автомобильных дорог (европейской транспортной системы) в пределах г. Минска и Минской области: М-1 (Е-30), М-2, М-3, М-4, М-5 (Е-271), М-6 (Е-28), Р-1, Р-23, Р-53 (после реконструкции), Р-65, МКАД-1 (М-9) и МКАД-2 (М-14).

Выполнено 635 геоботанических описаний. Классификация проведена методом Браун-Бланке; обилие видов оценивали по шкале И. Браун-Бланке [6, 7]: r – количество особей единичное; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия мала, до 5%; 2 – 6–25%; 3 – 26–50%; 4 – 51–75%; 5 – более 75%. Постоянство видов в сообществах оценивали по 5-балльной шкале: I – 1–20%; II – 21–40%; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100%. Названия видов растений приведены по «Определителю высших растений Беларуси», «Флоре Беларуси» (2009–2023 гг.) и Н. Н. Цвелеву [8–13].

Для сбора, хранения и группирования геоботанических данных использовали Turboveg [14]. Кластерный анализ (группировка синтаксонов) осуществляли с помощью Twinspan в программе Juice [15]. Для каждого синтаксона определяли диагностические (phi-coefficient>30,0%) виды до уровня ассоциаций, их вариантов и безранговых сообществ в Juice [16].

Всего обнаружено 267 видов растений. Синэкологические оптимумы синтаксонов рассчитаны по фитоиндикативным шкалам Х. Элленберга. Роль факторов внешней среды (кислотность (pH), трофность и увлажненность) в дифференциации синтаксонов определяли на основе неметрического многомерного шкалирования (nMDS) с помощью Past 4.11 [17]. Оценку сходства синтаксонов по шкалам Х. Элленберга проводили с помощью индексов Жаккара и Брея-Кертиса. При оценке α-разнообразия использовали индексы видового богатства Шеннона, выравненности, доминирования Бергера-Паркера и видового богатства Маргалефа; β-разнообразие определяли с помощью инструментов ANOSIM [18, 19].

Расчет показателей и графическое отображение видового разнообразия осуществляли с использованием программ Juice и Past 4.11.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Синтаксономическая структура придорожной растительности автомобильных дорог г. Минска и Минской области представлена 3 классами, 4 порядками, 6 союзами, 11 ассоциациями, 19 вариантами и 2 безранговыми сообществами (табл. 1). Продромус приведен далее.

ПРОДРОМУС ПРИДОРОЖНОЙ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Класс ***Polygono–Poetea annuae*** Rivas-Martínez 1975

Порядок ***Polygono arenastri–Poëtalia annuae*** R. Tx. in Géhu et al. 1972 corr. Rivas-Martínez et al. 1991

Союз ***Polygono-Coronopodion*** Sissingh 1969

Acc. ***Polygonetum arenastri*** Gams 1927 corr. Lanikova in Chytry 2009
Вар.: ***typica***; ***Potentilla anserina***; ***Poa compressa***

Класс ***Artemisietea vulgaris*** Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951

Порядок ***Agropyretalia intermedio-repentis*** T. Müller et Görs 1969

Союз ***Convolvulo arvensis–Agropyrion repentis*** Görs 1967

Acc. ***Arrhenathero elatioris–Dactylidetum glomeratae*** Arepieva 2015
Вар.: ***typica***; ***Lupinus polyphyllus***

Acc. ***Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis*** Felföldy 1943
Вар.: ***typica***; ***Lolium perenne***

Acc. ***Convolvulo arvensis–Brometum inermis*** Felföldy 1943

Acc. ***Calamagrostidetum epigeios*** Kostiljov in V. Solomakha et al. 1992
Вар.: ***Dactylis glomerata***; ***Lolium perenne***; ***Solidago canadensis***

Сооб. ***Calamagrostis epigeios [Agropyretalia intermedio-repentis / Koelerio–Corynephoretea canescentis]***

Сооб. ***Pilosella officinarum–Bromopsis inermis [Agropyretalia intermedio-repentis / Koelerio–Corynephoretea canescentis]***

Класс ***Molinio-Arrhenatheretea*** Tx. 1937

Порядок ***Potentillo–Polygonetalia avicularis*** Tx. 1947

Союз ***Potentillion anserinae*** Tx. 1947

Acc. ***Lolio–Potentilletum anserinae*** (Knapp 1946) Tx. 1947

Порядок ***Arrhenatheretalia*** R. Tx. 1931

Союз ***Arrhenatherion elatioris*** Luquet 1926

Acc. ***Festucetum rubrae*** (Domin 1923) Válek 1956 em. Pukau et al. 1956

Acc. ***Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis*** Sapegin et Dajneko 2008
Вар.: ***typica***; ***Phragmites australis***; ***Calamagrostis epigeios***; ***Lupinus polyphyllus***; ***Solidago canadensis***; ***Cirsium arvense***; ***Phalaroides arundinacea***

Acc. ***Festucetum pratensis–Dactylidetum glomeratae*** Dymina 1989
Вар.: ***typica***; ***Calamagrostis epigeios***

Союз ***Cynosurion cristati*** Tx. 1947

Acc. ***Leontodonto–Poetum pratensis*** Anishchenko et Ishbirdina in Ishbirdina et al. 1989 ex Anishchenko et al. 2019

Acc. ***Lolietum perennis*** Gams 1927

Acc. ***Polygonetum arenastri*** Gams 1927 corr. Lanikova in Chytry 2009.

Диагностические виды (д. в) (phi): *Poa annua* (78,1), *Polygonum arenastrum* (68,7).. Синтаксон характерен для участков полосы отвода с сильно уплотненным, подвергнутым эрозии, почвогрунтом. Фитоценоз встречается на хорошо прогреваемых участках, примыкающих к дорожному полотну [20]. Также постоянство видов классов ***Sisymbrietea*** (*Lactuca serriola*, *Sonchus arvensis*, *Conyza canadensis*, *Chenopodium album*, *Setaria viridis*, *Echinochloa crus-galli* и др.) и ***Artemisietea vulgaris*** (*Artemisia vulgaris, Linaria vulgaris, Melandrium album, Tussilago farfara* и др.) подтверждает встречаемость данного синтаксона на участках деградации придорожной территории.

Таблица 1. Краткая синоптическая таблица (диагностических видов) синтаксонов придорожной растительности г. Минска и Минской области

Table 1. Brief synoptic table (diagnostic species) of roadside vegetation syntaxa of Minsk and Minsk region

Сообщество (синтаксон)*	1			2		3		4	5			6	7	8	9	10								11		12	13
Вариант	*typica*	*Potentilla anserina*	*Poa compressa*	*typica*	*Lupinus polyphyllus*	*Lolium perenne*	*typica*	–	*Lolium perenne*	*Dactylis glomerata*	*Solidago canadensis*	–	–	–	–	*typica*	*Phragmites australis*	*Calamagrostis epigeios*	*Lupinus polyphyllus*	*Solidago canadensis*	*Cirsium arvense*	*Phalaroides arundinacea*	*typica*	*Calamagrostis epigeios*	–	–
Среднее число видов	13	24	27	30	41	25	23	30	33	38	56	42	33	23	42	39	23	45	40	58	45	37	33	41	42	26
ОПП, %	71	74	84	94	91	82	90	94	79	92	97	73	81	85	93	95	87	87	95	91	98	98	98	92	88	82
Число описаний	20	27	30	11	9	33	21	19	29	36	20	10	15	27	43	41	22	37	20	7	17	11	23	21	26	61
Диагностические виды ассоциаций, их вариантов и безранговых сообществ																										
Polygonum arenastrum	V^{3-4}	V^{1-2}	V^{1-3}	.	.	II^{r+}	I^{r}	II^{r}	I^{+}	I^{+-1}	II^{+-1}	V^{+-1}	II^{r-+}	V^{+-2}	II^{+-1}	I^{r-+}	.	III^{r-+}	III^{r-1}	.	I^{1}	.	II^{r-1}	II^{+}	V^{r-1}	III^{+-2}
Poa annua	IV^{+-2}	V^{+-2}	V^{+-2}	.	.	II^{r-+}	II^{r-+}	I^{r}	.	I^{+-1}	I^{+}	I^{+}	I^{+}	IV^{r-1}	I^{+-1}	.	.	.	.	.	.	.	.	I^{1}	.	II^{+-2}
Potentilla anserina	V^{+-2}	V^{1-2}	IV^{+-1}	III^{+-1}	V^{+-1}	III^{r-1}	III^{r-1}	II^{+}	IV^{+-2}	III^{r-1}	IV^{+}	.	.	V^{1-3}	III^{r-2}	III^{+-2}	IV^{+-1}	II^{r-1}	I^{+}	III^{+-1}	III^{+-1}	V^{r-1}	.	III^{+}	III^{+-1}	IV^{r-1}
Tripleurospermum inodorum	III^{r-1}	IV^{r-1}	II^{r-1}	.	.	II^{r}	I^{r}	II^{r}	I^{r}	I^{r-+}	III^{r-+}	III^{+}	II^{r-1}	III^{r-1}	II^{r-1}	II^{r-+}	.	II^{r-+}	.	IV^{+}	III^{r-+}	.	II^{r-+}	II^{r-+}	II^{r-+}	II^{r-1}
Poa compressa	III^{+-1}	IV^{+-2}	V^{1-3}	.	.	III^{r-+}	III^{r-+}	II^{+}	.	II^{+-2}	I^{+-1}	IV^{+-1}	I^{+-1}	IV^{1-2}	II^{1-2}	I^{1}	.	I^{+}	I^{1}	.	I^{+}	.	II^{+-1}	II^{+-1}	III^{+-1}	III^{1-2}
Lolium perenne	.	IV^{+-2}	V^{+-3}	III^{+-1}	IV^{1-2}	V^{+-3}	IV^{+-1}	IV^{+-1}	V^{2-3}	III^{+-1}	IV^{+-1}	IV^{1}	I^{+-2}	V^{2-4}	IV^{+-2}	III^{1-2}	.	II^{+-1}	III^{+-1}	V^{+-1}	IV^{1-2}	III^{1}	III^{+-1}	III^{1-2}	V^{+-1}	V^{3-5}
Elytrigia repens	.	IV^{+-2}	IV^{r-2}	III^{+-1}	IV^{1}	V^{3-5}	V^{4-5}	V^{+-1}	III^{+-1}	III^{+-1}	III^{+-1}	II^{+}	.	IV^{r-1}	III^{+-2}	III^{+-1}	I^{1}	IV^{r-1}	III^{+-1}	IV^{+-1}	V^{+-2}	V^{+-1}	.	II^{1}	IV^{r-1}	III^{+-1}
Convolvulus arvensis	.	III^{r-2}	III^{r-2}	I^{+}	III^{+-1}	V^{+-2}	V^{1-2}	V^{1-2}	I^{r-+}	II^{r-1}	I^{r-+}	IV^{1}	.	II^{+-1}	II^{+-2}	II^{r-1}	I^{+}	I^{r-2}	II^{r-+}	III^{+}	III^{r-1}	.	.	II^{+}	III^{r-1}	I^{r-1}
Cichorium intybus	I^{r-+}	II^{r-+}	II^{r-+}	.	II^{r}	III^{r-+}	II^{r-+}	I^{r}	I^{r}	I^{r}	II^{r-+}	.	I^{r-+}	II^{r}	II^{r-+}	I^{r-1}	.	II^{r}	III^{r-+}	III^{r}	I^{r-+}	.	II^{r-1}	II^{r-+}	.	II^{r-1}
Bromopsis inermis	.	II^{r-+}	II^{+-1}	.	.	IV^{+-2}	V^{1-2}	V^{3-4}	V^{1-3}	IV^{1-2}	V^{1-2}	V^{1-2}	V^{1-3}	I^{1}	IV^{+-2}	V^{3-5}	V^{3-4}	V^{3-4}	V^{2-4}	V^{4}	V^{3-4}	V^{2-3}	.	.	III^{1-2}	II^{+-2}
Festuca rubra	.	IV^{+-2}	IV^{+-2}	I^{+}	III^{+-1}	I^{+-1}	II^{+-1}	.	III^{+-1}	III^{+-2}	IV^{+-2}	IV^{1-2}	II^{+-1}	III^{+-1}	V^{3-4}	IV^{+-2}	I^{+-1}	III^{+-1}	III^{1}	III^{+}	I^{+}	.	III^{+-1}	III^{1}	V^{+-2}	III^{+-1}
Dactylis glomerata	.	I^{+-1}	II^{+-1}	V^{2-3}	V^{2-4}	IV^{+-1}	V^{+-2}	V^{+-2}	V^{1-2}	V^{2-4}	V^{1-2}	V^{1-2}	V^{+-2}	II^{+-2}	V^{+-2}	V^{2-3}	V^{1-3}	V^{1-3}	V^{2-3}	V^{2-3}	V^{2-4}	V^{2}	V^{2-4}	V^{2-4}	V^{+-2}	III^{+-2}
Festuca pratensis	.	III^{1}	III^{+-2}	V^{+-2}	IV^{+-1}	III^{+-2}	II^{+-1}	V^{+-1}	V^{+-2}	V^{+-2}	V^{+-2}	IV^{1-2}	V^{+-2}	II^{+-1}	IV^{1-2}	IV^{1}	III^{+-1}	IV^{+-1}	IV^{1}	V^{1}	V^{+-1}	II^{1}	V^{1-3}	V^{1-3}	II^{+-1}	II^{r-1}
Calamagrostis epigeios	.	II^{+-1}	III^{+-2}	III^{+-1}	V^{+-1}	III^{r-2}	II^{+}	III^{r-1}	V^{3-4}	V^{3-5}	V^{2-4}	V^{2-3}	IV^{r-2}	II^{+-1}	IV^{1-2}	V^{+-2}	V^{1-2}	V^{2-4}	V^{1-2}	V^{+-1}	V^{1-2}	V^{1-2}	.	V^{1-3}	IV^{1-2}	I^{+-1}
Solidago canadensis	.	III^{r-+}	I^{r-+}	V^{r-1}	IV^{+-1}	II^{r}	II^{r-+}	III^{r-+}	V^{r-1}	IV^{r-1}	V^{3-4}	V^{+-2}	V^{r-2}	II^{r-+}	IV^{r-2}	IV^{r-2}	V^{+-1}	V^{+-2}	V^{+-2}	V^{3}	V^{r-2}	V^{1-2}	IV^{+-3}	V^{r-1}	III^{r-1}	II^{r-1}
Poa pratensis	.	II^{+-1}	II^{+-1}	.	.	III^{+-1}	III^{r-+}	IV^{+-1}	IV^{+-1}	III^{+-3}	V^{+-2}	.	.	II^{+-1}	IV^{+-2}	V^{+-2}	V^{r-1}	IV^{+-1}	V^{+-1}	V^{+-1}	.	.	V^{+-2}	V^{r-1}	V^{2-4}	II^{+-1}
Leontodon autumnalis	IV^{+-1}	V^{+-2}	IV^{+-2}	III^{r-+}	V^{r-+}	II^{r-1}	II^{+-1}	.	IV^{r-1}	II^{r-+}	III^{r-1}	.	III^{r-1}	V^{r-1}	III^{+-2}	III^{r-1}	III^{r-1}	III^{r-1}	III^{r-+}	IV^{r-+}	III^{r-1}	II^{+}	III^{r-+}	III^{+-1}	V^{+-2}	III^{r-1}
Phragmites australis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I^{r-1}	I^{1}	V^{1-3}	.	.	.	I^{+}	V^{r-1}	.	.	.	I^{2}
Lupinus polyphyllus	.	.	.	IV^{+-1}	V^{2-3}	I^{r-1}	.	V^{r-1}	IV^{r-1}	IV^{r-2}	V^{+-2}	IV^{r-1}	III^{+-1}	.	III^{r-1}	IV^{r-2}	III^{+-1}	V^{+-2}	V^{3-4}	V^{+-1}	III^{+-1}	III^{+-1}	.	V^{r-2}	IV^{+-2}	.
Cirsium arvense	I^{1}	I^{r-+}	II^{r-1}	III^{1}	III^{+-1}	III^{r-1}	III^{r-1}	IV^{r-1}	IV^{r-1}	III^{r-2}	V^{r-2}	III^{+-1}	I^{r-+}	V^{r-1}	III^{+-1}	III^{r-2}	.	V^{r-3}	III^{+-1}	IV^{1}	V^{3-4}	V^{1-2}	IV^{+-1}	V^{+-1}	III^{+-1}	II^{+-1}
Aegopodium podagraria	.	I^{r-1}	I^{+-1}	IV^{1-2}	IV^{1-2}	I^{r-+}	.	IV^{+-2}	II^{+-2}	II^{1-2}	II^{+-2}	.	.	II^{+-1}	III^{+-2}	III^{1-2}	.	II^{+-3}	I^{+}	IV^{2}	V^{1-2}	.	.	III^{1}	.	II^{+-1}
Phalaroides arundinacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II^{1}	.	.	.	I^{+-1}	V^{3-4}	.	.	.	.
Arrhenatherum elatius	.	.	.	V^{2}	V^{2}	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pilosella officinarum	II^{r-1}	I^{r}	II^{r-1}	.	.	.	.	.	II^{r-1}	I^{+-1}	II^{r-1}	V^{1-2}	V^{2-4}	.	II^{+-2}	I^{+}	.	II^{r-1}	I^{1}	II^{+}	.	.	.	II^{1-2}	.	II^{+-1}

Примечание: в таблицу не включены виды, имеющие различные баллы обилия и постоянства при phi < 30,0.

*Названия сообществ (синтаксонов): 1. ассоциация (асс.). *Polygonetum arenastri*; 2. асс. *Arrhenathero elatioris-Dactylidetum glomeratae*; 3. асс. *Convolvulo arvensis-Elytrigietum repentis*; 4. асс. *Convolvulo arvensis-Brometum inermis*; 5. асс. *Calamagrostidetum epigeios*; 6. сообщество (сооб.) *Calamagrostis epigeios*; 7. сооб. *Pilosella officinarum-Bromopsis inermis*; 8. асс. *Lolio-Potentilletum anserinae*; 9. асс. *Festucetum rubrae*; 10. асс. *Dactylido glomeratae-Bromopsietum inermis*; 11. асс. *Festucetum pratensis-Dactylidetum glomeratae*; 12. асс. *Leontodonto-Poetum pratensis*; 13. асс. *Lolietum perennis*

Acc. ***Arrhenathero elatioris–Dactylidetum glomeratae*** Arepieva 2015.

Д. в.: *Arrhenatherum elatius* (100,0), *Dactylis glomerata* (34,2). Сообщества встречаются на откосах насыпей участков полосы отвода с умеренно увлажненными без признаков эрозии почвами, характерно дернинообразование [21]. Доминируют злаки (*Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*) и разнотравье (*Trifolium pratense*, *Aegopodium podagraria*). Высокая доля видов класса ***Molinio-Arrhenatheretea***.

Acc. ***Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis*** Felföldy 1943.

Д. в.: *Convolvulus arvensis* (74,0), *Elytrigia repens* (54,7). Синтаксон занимает сухие придорожные участки с низкой эрозией почв и плотным слоем дернины 2–4 см [22]. Распространены виды класса ***Polygono–Poetea annuae*** (*Lolium perenne*, *Plantago major*, *Taraxacum officinale*).

Acc. ***Convolvulo arvensis–Brometum inermis*** Felföldy 1943.

Д. в.: *Bromopsis inermis* (47,4), *Convolvulus arvensis* (71,0). Синтаксон характерен для пологих, хорошо обкашиваемых кюветов полосы отвода с умеренной увлажненностью в отличие от acc. ***Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis*** [23]. Высокая доля многолетников формирует плотную дернину.

Acc. ***Calamagrostidetum epigeios*** Kostiljov in V. Solomakha et al. 1992.

Д. в.: *Calamagrostis epigeios* (46,4). Фитоценозы встречаются на участках полосы отвода, подвергнутых ранее серьезным антропогенным изменениям (реконструкция дорожного полотна и / или резкое повышение периодичности сезонного кошения), имеются очаги эрозии почв и бурьянизация, развитие крупного разнотравья в кюветах.

Сооб. ***Calamagrostis epigeios [Agropyretalia intermedio-repentis / Koelerio–Corynephoretea canescentis]***.

Д. в.: *Calamagrostis epigeios* (45,1). Синтаксон характерен откосам полосы отвода со значительной эрозией почвогрунта в результате высокой периодичности сезонного кошения более 10 раз. Отмечается обилие псаммофитных видов класса ***Koelerio–Corynephoretea canescentis*** (*Pilosella officinarum*, *Rumex acetosella Trifolium arvense*, *Sedum acre*) вследствие разрушения почвогрунта. Сообщество ***Calamagrostis epigeios*** представляет собой дальнейшую деградацию acc. ***Calamagrostidetum epigeios***.

Сооб. ***Pilosella officinarum–Bromopsis inermis [Agropyretalia intermedio-repentis / Koelerio–Corynephoretea canescentis]***.

Д. в.: *Bromopsis inermis* (47,2), *Pilosella officinarum* (86,3). Для синтаксона отмечаются схожие условия с сообществом ***Calamagrostis epigeios***, сохраняется высокая роль видов класса ***Koelerio–Corynephoretea canescentis***. Откосы, где преимущественно отмечается синтаксон, сильно деградированы. Подсеивание семян и подсыпание почвогрунта не приводят к улучшению качества пригородного газона вследствие постоянного кошения.

Acc. ***Lolio–Potentilletum anserinae*** (Knapp 1946) Tx. 1947.

Д. в.: *Lolium perenne* (44,7), *Potentilla anserina* (54,3). Синтаксон встречается на участках полосы отвода, примыкающих к дорожному полотну с увлажненностью выше, чем в сообществах классов ***Polygono–Poetea annuae*** и ***Artemisietea vulgaris***. Фитоценоз отмечается на интенсивно выпасаемых пастбищах с сезонно переувлажненными почвами [24].

Acc. ***Festucetum rubrae*** (Domin 1923) Válek 1956 em. Pukau et al. 1956.

Д. в.: *Festuca rubra* (60,7). Синтаксон достаточно представлен синантропными видами растений и характерен для большинства бывших в сельскохозяйственном пользовании территорий. Отмечается достаточно плотная сформированная дернина (3–5 см) и высокое фиторазнообразие.

Acc. ***Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis*** Sapegin et Dajneko 2008.

Д. в.: *Bromopsis inermis* (55,0), *Dactylis glomerata* (39,0). Сообщества встречаются в сеяных лугах пойм рек [25]. В условиях автомобильной полосы отвода синтаксон отличается от пойменных сообществ количеством и вкладом синантропных видов. Синтаксон достаточно динамичен по содоминирующим видам – 7 вариантов (***typica***, ***Calamagrostis epigeios***, ***Cirsium arvense***, ***Lupinus polyphyllus***, ***Solidago canadensis***, ***Phalaroides arundinacea***, ***Phragmites australis***), на что влияет смена методологии ухода дорожными службами, занимаемое положение сообщества в полосе отвода, сохранность почвенного покрова, его эрозия и увлажненность. Варианты ***Phalaroides arundinacea*** и ***Phragmites australis*** встречаются у подножия насыпей, где в пределах полосы отвода нарушена система стока атмосферных осадков и движения грунтовых вод – локального переувлажнения почвогрунта вследствие строительства или реконструкции дорожного полотна.

Acc. ***Festucetum pratensis–Dactylidetum glomeratae*** Dymina 1989.

Д. в.: *Dactylis glomerata* (34,9), *Festuca pratensis* (46,9). Синтаксон схож с луговыми фитоценозами на богатых увлажненных почвах, но с высокой долей синантропных видов. Занимает наиболее отдаленные от дорожного полотна участки в пределах полосы отвода, присутствуют очаги эрозии почв.

Acc. ***Leontodonto–Poetum pratensis*** Anishchenko et Ishbirdina in Ishbirdina et al. 1989 ex Anishchenko et al. 2019.

Д. в.: *Leontodon autumnalis* (55,0), *Poa pratensis* (48,4). Несмотря на фактор вытаптывания, признаки эрозии почвенного покрова минимальны. В синтаксоне отмечается обилие синантропных видов, устойчивых к сильному вытаптыванию; придорожный газон характерен для примыкающих к автодороге территорий с пешеходными дорожками [26].

Acc. ***Lolietum perennis*** Gams 1927.

Д. в.: *Lolium perenne* (46,2). Синтаксон характерен для сеяных газонов на участках вдоль автодорог с наибольшим антропогенным воздействием (кошение, вытаптывание) на сухих почвах [26].

Эколого-флористические особенности придорожных синтаксонов

Эрозия почвогрунтов, ксерофитизация сообществ и загрязненность солевыми компонентами противогололедных реагентов характеризуют основной вклад в оценке синэкологических оптимумов синтаксонов показателей увлажненности (M), кислотности (SR) и трофности почв (N) (табл. 2). Оценка условий полосы отвода предполагает исключить влияние факторов освещенности (L) и температуры (T), т.к. придорожные сообщества обкашиваются и равномерно освещены (исключение составляют синтаксоны, отмеченные только при примыкании к дорожному покрытию); обилие широко встречаемых североамериканских и евроазиатских видов предполагает исключение фактора континентальности (C).

Наибольший показатель увлажненности свойственен синтаксонам 9 и 10 благодаря сформированной дернине и минимальной эрозии почв; в синтаксоне 10 выделены варианты с доминированием гигрофитных видов *Phalaroides arundinacea* и *Phragmites australis* (рис. 1, также см. табл. 2). Синтаксоны 6 и 7 отмечаются на деградированных песчаных откосах.

Синтаксоны 1, 3, 4, 8 и 13 занимают участки полосы отвода, примыкающие к дорожному покрытию, что подтверждается повышением pH до 6,7–7,0 баллов по Х. Элленбергу – высокое засоление почв (см. табл. 2, рис. 1). Синтаксоны 6 и 7 занимают сектора с низким накоплением солей вследствие постоянного стока атмосферных осадков с деградированных почв.

Высокие показатели трофности отмечены в синтаксонах 3, 8 и 13, что вызвано богатством питательным элементов в почвогрунте или их низкой доступностью растениями вследствие щелочной pH (см. табл. 2, рис. 1). Наиболее агрессивные условия для роста и развития растений в синтаксонах 6 и 7 подтверждаются минимальным содержанием азота вследствие сильной эрозии почв.

Таблица 2. Значения экологических параметров синтаксонов

Table 2. Values of ecological parameters of syntax

№ синтаксона*	L	T	C	**M**	**SR**	**N**
1	7,5±0,03	5,9±0,02	4,3±0,07	**4,7±0,04**	**6,8±0,08**	**5,7±0,06**
2	7,1±0,02	5,4±0,02	3,7±0,04	**5,0±0,03**	**6,5±0,07**	**5,9±0,04**
3	7,2±0,01	5,9±0,01	5,8±0,05	**4,6±0,03**	**6,8±0,03**	**6,4±0,03**
4	7,2±0,03	5,7±0,02	4,0±0,06	**4,8±0,02**	**6,7±0,04**	**5,9±0,06**
5	7,1±0,02	5,4±0,02	4,8±0,02	**4,5±0,02**	**6,4±0,04**	**5,0±0,03**
6	7,4±0,02	5,7±0,03	4,9±0,08	**4,1±0,04**	**5,8±0,11**	**4,3±0,06**
7	7,2±0,08	5,6±0,06	4,2±0,08	**4,2±0,11**	**5,3±0,25**	**4,1±0,14**
8	7,6±0,02	5,9±0,01	3,7±0,06	**5,0±0,03**	**7,0±0,06**	**6,4±0,05**
9	7,1±0,04	5,6±0,03	4,5±0,04	**5,2±0,04**	**6,3±0,03**	**5,5±0,06**
10	7,1±0,01	5,5±0,01	4,3±0,03	**5,2±0,06**	**6,2±0,04**	**5,5±0,04**
11	7,2±0,02	5,6±0,02	3,8±0,05	**5,0±0,02**	**6,4±0,05**	**5,5±0,04**
12	7,0±0,02	5,8±0,02	4,3±0,04	**4,7±0,02**	**6,2±0,05**	**5,4±0,04**
13	7,7±0,02	5,9±0,01	3,6±0,02	**4,9±0,02**	**6,9±0,03**	**6,4±0,03**

* Названия синтакосонов: 1. ассоциация (асс.). *Polygonetum arenastri*; 2. асс. *Arrhenathero elatioris–Dactylidetum glomeratae*; 3. асс. *Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis*; 4. асс. *Convolvulo arvensis–Brometum inermis*; 5. асс. *Calamagrostidetum epigeios*; 6. сообщество (сооб.) *Calamagrostis epigeios*; 7. сооб. *Pilosella officinarum–Bromopsis inermis*; 8. асс. *Lolio–Potentilletum anserinae*; 9. асс. *Festucetum rubrae*; 10. асс. *Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis*; 11. асс. *Festucetum pratensis–Dactylidetum glomeratae*; 12. асс. *Leontodonto–Poetum pratensis*; 13. асс. *Lolietum perennis.*

X ± m, где X – среднее арифметическое, m – ошибка среднего арифметического. L – освещенность; T – температура; C – континентальность; M – увлажненность; SR – кислотность почвы; N – трофность почвы, баллы.

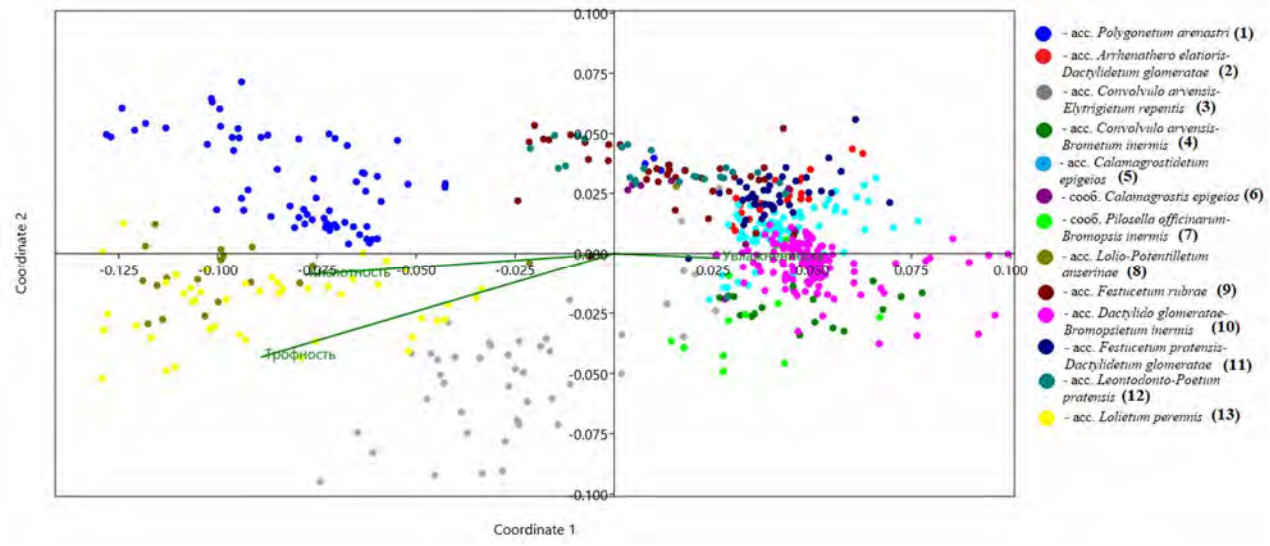


Рис. 1. nMDS-ординация придорожных фитоценозов в зависимости от трофности (N), увлажненности (M) и кислотности (SR) почв: Coordinate 1, Coordinate 2 – 1 и 2 оси ординации nMDS

Fig. 1. nMDS ordination of roadside phytocenoses depending on trophicity (N), moisture (M) and acidity (SR) of soils: Coordinate 1, Coordinate 2 – 1 and 2 axes of nMDS ordination

Наиболее богатый флористический состав отмечен в синтаксонах 5, 9 и 10, что отражается высокими значениями индексов видового разнообразия Шеннона и видового богатства Маргалефа – связано со свойствами экотона (табл. 3, см. рис. 1) [27].

Высокое видовое разнообразие в синтаксонах подтверждается индексом Шеннона (2,172–3,792) – в состав всех сообществ входят виды с широкой экологической валентностью. Статистически значимые различия ($p<0,05$) индексов β-разнообразия между синтаксонами характеризовали высокую гетерогенность сообществ – отсутствие явных различий наблюдалось только между синтаксонами 1 и 2, 4 и 8, 5 и 10, 7 и 11 (табл. 4–6, см. также табл. 2).

Сходство синтаксонов по экологии, видоразнообразию и экологическим параметрам (M, N, SR) показывает стремление сообществ соответствовать сформированной узкой экологической нише вследствие специфики антропогенного воздействия вдоль автодорог. Это приводит к наложению фигур (синтаксонов) в модели множественной линейной регрессии (см. рис. 1). Экологически синтаксоны 6 и 7 ($K_{B-C}>0,89$) наиболее отличаются от других благодаря произрастанию в условиях кислой pH, низкой увлажненности и высокой эрозии почв – группа синтаксонов наиболее нарушенных участков.

Таблица 3. Показатели α-разнообразия синтаксонов

Table 3. Indexes of α-diversity of syntax

№ синтаксона (см. табл. 2)	Видовое богатство	Индекс видового разнообразия Шеннона	Индекс выравнивания	Индекс видового богатства по Маргалефу	Индекс доминирования Бергера-Паркера
1	62	3,091	0,3547	14,09	0,2343
2	69	3,227	0,3651	14,58	0,2234
3	53	2,172	0,1656	11,58	0,5005
4	51	2,547	0,2504	10,91	0,3996
5	138	3,391	0,2152	27,53	0,2511
6	63	3,552	0,5537	12,42	0,1508
7	91	3,334	0,3083	18,58	0,2262
8	52	2,558	0,2483	10,98	0,3296
9	142	3,792	0,3124	28,88	0,2561
10	132	3,491	0,2486	26,36	0,2354
11	99	3,501	0,3348	20,65	0,2309
12	74	3,386	0,3994	15,85	0,2476
13	93	2,828	0,1818	20,6	0,4549

Таблица 4. Сравнение сходства (p-value) видового состава между синтаксонами по индексу видового разнообразия Шеннона (выделено серым цветом) и индексу выравнивания (выделено белым цветом) между синтаксонами

Table 4. Comparison of the similarity (p-value) of species composition between syntaxa using the Shannon species diversity index (highlighted in gray) and the alignment index (highlighted in white) between syntaxa

№ синтаксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0,2395	**0,0001**	**0,0002**	**0,0328**	**0,0457**	**0,0429**	**0,0003**	**0,0001**	**0,0169**	**0,0013**	**0,0044**	0,5810
2	0,3695		**0,0001**	**0,0001**	0,1333	0,2666	0,2841	**0,0001**	**0,0001**	*0,0686*	**0,0223**	*0,0690*	0,1067
3	**0,0001**	**0,0001**		*0,0554*	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0154**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
4	**0,0019**	**0,0001**	0,0956		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,6695	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0020**
5	0,1862	**0,0012**	**0,0074**	0,1976		0,6767	0,6231	**0,0001**	**0,0001**	0,6388	0,2880	0,6671	**0,0063**
6	**0,0001**	**0,0019**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		0,9447	**0,0001**	**0,0001**	0,3699	0,1187	0,3700	**0,0125**
7	0,8650	0,3778	**0,0001**	**0,0001**	**0,0016**	**0,0001**		**0,0001**	**0,0001**	0,3742	0,1070	0,3665	**0,0150**
8	**0,0016**	**0,0001**	0,0736	0,7431	0,2730	**0,0001**	**0,0004**		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0101**
9	**0,0005**	**0,0007**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,7598	**0,0001**	**0,0001**		**0,0002**	**0,0035**	**0,0004**	**0,0001**
10	0,4806	0,0143	**0,0004**	0,0391	0,2684	**0,0001**	*0,0571*	*0,0537*	**0,0001**		0,5235	0,9853	**0,0023**
11	0,1110	0,3082	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,0398	0,0333	**0,0001**	0,0104	**0,0005**		0,5638	**0,0012**
12	**0,0003**	**0,0019**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,9162	**0,0001**	**0,0001**	0,7274	**0,0001**	*0,0555*		**0,0030**
13	**0,0027**	**0,0001**	0,0206	0,7327	0,4571	**0,0001**	**0,0008**	0,9722	**0,0001**	0,1395	**0,0001**	**0,0001**	

Примечание: жирным шрифтом выделены статистически значимые различия (p<0,05). Значения на границе статистической достоверности указаны курсивом.

Таблица 5. Сравнение сходства (p-value) видового состава между синтаксонами по индексу видового богатства Маргалефа (выделено серым цветом) и индексу доминирования Бергера-Паркера (выделено белым цветом) между синтаксонами

Table 5. Comparison of the similarity (p-value) of species composition between syntaxa using the Margalef species richness index (highlighted in gray) and the Berger-Parker dominance index (highlighted in white) between syntaxa

№ синтаксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0,6445	**0,0005**	**0,0001**	**0,0001**	0,2011	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,0797	**0,0001**
2	0,9848		**0,0004**	**0,0001**	**0,0001**	*0,0362*	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,1515	**0,0001**
3	**0,0001**	**0,0001**		0,3357	**0,0001**	0,4367	**0,0001**	0,3591	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
4	0,0127	**0,0001**	**0,0021**		**0,0001**	0,1480	**0,0001**	0,8939	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
5	0,4894	0,2163	**0,0001**	**0,0016**		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,1413	0,1722	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
6	**0,0014**	**0,0031**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0053**		**0,0001**	0,1309	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
7	0,9997	0,7781	**0,0001**	**0,0057**	0,5014	**0,0017**		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	0,0246	**0,0046**	0,0727
8	*0,0690*	0,0143	**0,0001**	*0,0648*	*0,0368*	**0,0001**	**0,0001**		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
9	0,2336	0,0926	**0,0001**	**0,0036**	0,3416	**0,0002**	0,0869	0,2511		**0,0099**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
10	0,8601	0,8309	**0,0001**	0,0137	0,5099	**0,0013**	0,8875	**0,0022**	*0,0445*		**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
11	0,8462	0,7710	**0,0001**	**0,0001**	0,5142	**0,0002**	0,6929	0,0248	0,1965	0,8794		**0,0001**	0,9349
12	0,4003	0,2769	**0,0001**	0,0126	0,8685	**0,0001**	0,3067	0,2506	0,6220	0,4342	0,6991		**0,0001**
13	**0,0001**	**0,0001**	0,8397	**0,0004**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0024**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	

Примечание: жирным шрифтом выделены статистически значимые различия (p<0,05). Значения на границе статистической достоверности указаны курсивом.

По мере увеличения сходства экологических параметров (M, N, SR) при $K_{B\text{-}C}$>0,975 выделяется группа синтаксонов наиболее благоприятных условий произрастания – 9, 10, 11 и 12, что также подтверждается высоким индексом Шеннона (3,227–3,792) (рис. 2). Синтаксон 5 является следствием трансформации группы фитоценозов 9–12 в результате увеличения периодичности сезонного кошения, что привело к росту вклада *Calamagrostis epigeios*. Группа синтаксонов 1, 3, 4, 8 и 13 характерна участкам с высоким антропогенным воздействием или ранее нарушенным и сейчас отражающим ход своеобразной восстановительной сукцессии, а также условиям высокого засоления почв.

Таблица 6. Сравнение сходства (p-value) видового состава между синтаксонами с помощью инструмента ANOSIM

Table 6. Comparison of similarity (p-value) of species composition between syntaxa using the ANOSIM

№ синтаксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		**0,8644**	**0,9618**	**0,9756**	**0,9893**	**0,9183**	**0,9945**	**0,5425**	**0,9506**	**0,9975**	**0,9767**	**0,9102**	**0,8231**
2	**0,0001**		**1,0000**	**1,0000**	**0,8959**	**1,0000**	**0,9944**	**1,0000**	**0,9542**	**0,8269**	**0,7923**	**0,9972**	**0,9994**
3	**0,0001**	**0,0001**		**0,9967**	**0,9946**	**1,0000**	**0,9999**	**0,9998**	**0,9977**	**0,9969**	**0,9998**	**1,0000**	**0,9969**
4	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9428**	**1,0000**	**0,9771**	**1,0000**	**0,9690**	**0,2460**	**0,9950**	**0,9995**	**0,9971**
5	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,6992**	**0,9719**	**0,9862**	**0,9494**	**0,6595**	**0,7294**	**0,9747**	**0,9780**
6	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,8377**	**1,0000**	**0,8777**	**0,8356**	**0,9577**	**0,9903**	**0,9997**
7	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9999**	**0,9777**	**0,9430**	**0,9887**	**0,9940**	**0,9996**
8	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9931**	**0,9991**	**1,0000**	**1,0000**	**0,5464**
9	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9565**	**0,9260**	**0,9346**	**0,9936**
10	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0003**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,8266**	**0,9404**	**0,9941**
11	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9754**	**0,9996**
12	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**		**0,9992**
13	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**	

Примечание: жирным шрифтом выделены статистически значимые различия ($p<0,05$). Значения на границе статистической достоверности указаны курсивом.

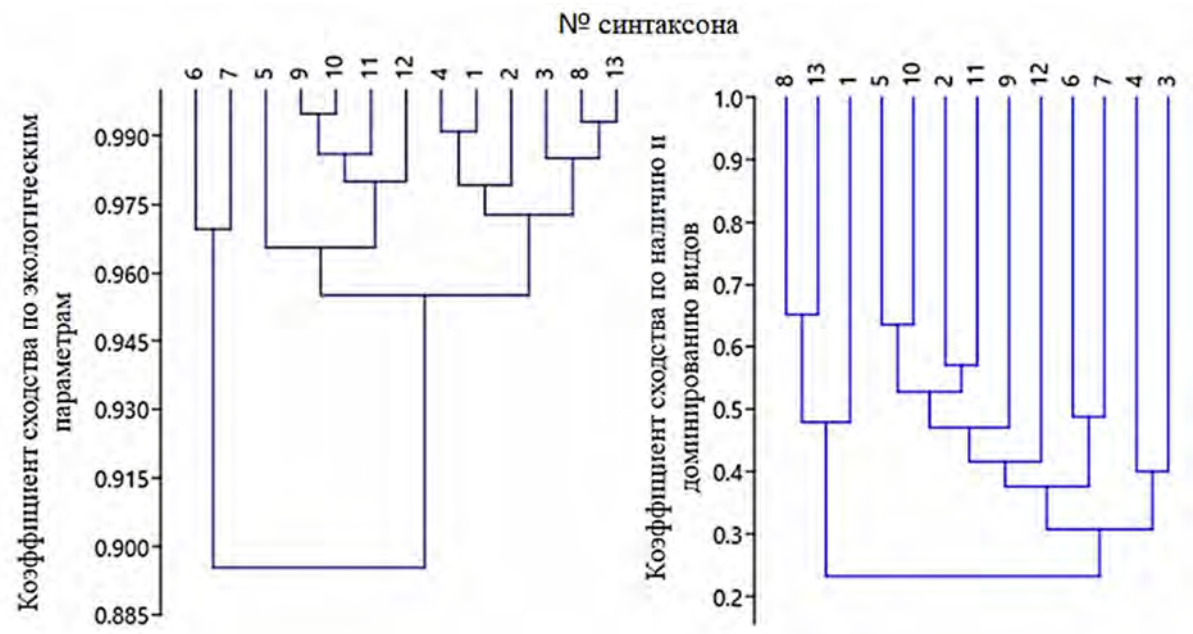


Рис. 2. Дендрограмма сходства синтаксонов по критерию Брея-Кертиса (K_{B-C}) при сравнении экологических параметров (M, N, SR) (r=0,9) (слева) и видовой структуры (r=0,9) (справа) (см. табл. 2)

Fig. 2. Dendrogram of syntaxa similarity according to the Bray-Curtis criterion (K_{B-C}) when comparing ecological parameters (M, N, SR) (r=0,9) (left) and species structure (r=0,9) (right) (Table 2)

По сходству вклада основных видов выделяется группа синтаксонов 1, 8 и 13 ($K_{B-C}<0,30$), занимающая примыкающие к дорожному полотну участки полосы отвода и состоящая из видов-доминатов (*Lolium perenne*, *Polygonum arenastrum*, *Potentilla anserina*), наиболее устойчивых к вытаптыванию, уплотнению и нагреванию почвогрунта в условиях щелочной pH (см. рис. 2). По таксономическому составу синтаксоны обладают высокой специфичностью ($K_{B-C}<0,70$). Синтаксоны 8 и 13 показали самое высокое сходство по экологическим параметрам ($K_{B-C}>0,99$) и видовой структуре ($K_{B-C}>0,60$), что может их первоначально относить к одной ассоциации.

Анализ сходства видового состава (β-разнообразие) с помощью инструмента ANOSIM также показал значительную статистическую

разницу для всех синтаксонов (p=0,0001) (см. табл. 6) [19]. Между всеми синтаксонами отмечен хороший уровень различий (R>0,75). Синтаксоны 1, 8 и 13 показали умеренный уровень различий (R>0,50), что также подтверждается K_{B-C}<0,30 [18].

Динамические (сукцессионные) процессы в придорожных фитоценозах полосы отвода

Определить длительность сукцессионных стадий и их смену в пределах полосы отвода, как зоны постоянного антропогенного воздействия, не представляется возможным. По этой причине оценка изменчивости фитоценозов возможна с помощью выявления динамических рядов смены синтаксонов на уровне низших рангов (ассоциации и их варианты) (рис. 3) и сопоставлением экологических условий, таксономического состава (см. рис. 1, 2) между выделенными ассоциациями в пределах одного или нескольких классов растительности [28]. Несмотря на это, для фитоценозов характерны изменения, схожие с вторичной (антропогенной, демутационной) аллогенной сукцессией с наличием скрытых и краткосрочных флюктуаций, когда периодичность сезонных кошений на придорожном участке изменяется по сравнению с предыдущими сезонами и система способна вернуться к исходному стрессовому состоянию.

Динамические ряды построены в направлении смены сообществ вследствие отражения интенсивности антропогенного воздействия (см. рис. 3). Вдоль полосы отвода начальные сообщества динамических рядов характерны для примыкающих к дорожному полотну участков и деградированных откосов. Так, к начальным сукцессиям отнесены переходы между вариантами асс. ***Polygonetum arenastri*** и асс. ***Lolio–Potentilletum anserinae,*** асс. ***Lolietum perennis***. Следует отметить, что асс. ***Polygonetum arenastri*** может выступать и в роли последних стадий смены сообществ при сохранении изначально высокого антропогенного воздействия. Безранговые сообщества ***Calamagrostis epigeios*** и ***Pilosella officinarum–Bromopsis inermis*** отнесены к начальным стадиям диагностических процессов в результате дигрессии сообществ более продвинутых стадий – асс. ***Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis*** и асс. ***Calamagrostidetum epigeios*** (см. рис. 3).

Согласно результатам кластерного анализа таксономического состава (см. рис. 2), к «заключительным» сообществам диагностических рядов (при соблюдении регламента по уходу) относятся: асс. ***Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis var typica***; асс. ***Convolvulo arvensis–Brometum inermis***; асс. ***Festucetum rubrae***; асс. ***Festucetum pratensis–Dactylidetum glomeratae var typica***; асс. ***Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis var typica***. Данные сообщества являются наиболее продвинутыми в условиях полосы отвода и далее не развиваются вследствие постоянного антропогенного воздействия.

Чаще всего вдоль автодорог встречаются варианты, характеризующие сообщества продвинутых и промежуточных стадий сукцессий – асс. ***Dactylido glomeratae–Bromopsietum inermis*** наиболее распространена. Этому способствует постоянное кошение и доминирование вида-индикатора промежуточных стадий *Bromopsis inermis* на нарушенных почвах.

На большинстве участков периодическое подсеивание семян и подсыпание грунта не выполняется, что приводит к сдвигу динамических рядов от продвинутых к промежуточным стадиям, а при дальнейшем ухудшении условий – начальным. Итогом выступает формирование второй по распространенности асс. ***Calamagrostidetum epigeios***, вариантов других сообществ с доминирование *C. epigeios* (см. рис. 3). Прекращение мероприятий по уходу (кошение) в течение нескольких сезонов приводит к формированию вариантов сообществ с доминированием ***Cirsium arvense*** и ***Solidago canadensis***. На участках с нарушением функционирования стока атмосферных осадков и дренажной системы развиваются варианты с ***Phragmites australis*** и ***Phalaroides arundinacea***.

Заключение

Придорожные фитоценозы представлены 3-мя классами растительности. Сообщества классов ***Polygono–Poetea annuae*** и ***Artemisietea vulgaris*** соответствуют наиболее нарушенным участкам полосы отвода, при этом для класса ***Polygono–Poetea annuae*** – участки с выраженной эрозией и уплотнением почвогрунта. Класс ***Molinio-Arrhenatheretea*** характеризует большинство отмеченных синтаксонов с признаками сохранившегося напочвенного покрова. Основу фитоценозов составляют виды травосмесей (*Bromopsis inermis, Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*) и растения-индикаторы нерегламентированного ухода – избыточная периодичность кошения с эрозией почв (*Calamagrostis epigeios, Conyza canadensis* и др.), отсутствие кошения (*Solidago canadensis* и др.) и нарушение стока атмосферных осадков (*Phragmites australis* и *Phalaroides arundinacea*).

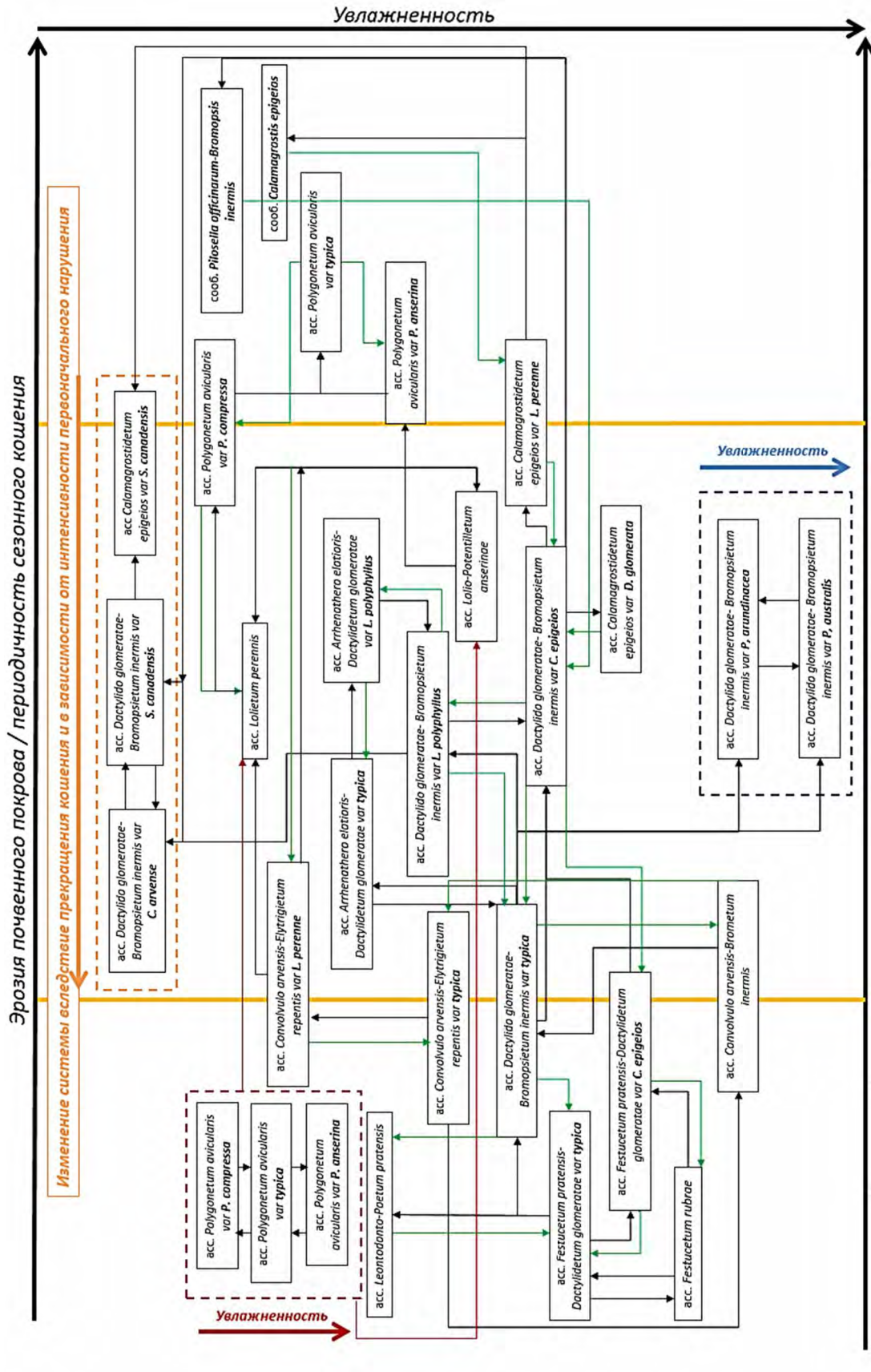


Рисунок 3. Динамические ряды придорожных фитоценозов с учетом увлажненности, эрозии почвогрунта и периодичности сезонного кошения

Figure 3. Dynamic series of roadside phytocenoses taking into account moisture, soil erosion and the frequency of seasonal mowing

Анализ экологических различий между синтаксонами по увлажненности (M), кислотности (SR) и трофности почвы (N) показал их высокое сходство (K_{B-C}>0,89). Структура фитоценозов формируется в соответствии с узкой экологической нишей вследствие специфики антропогенного воздействия в полосе отвода. Для большинства синтаксонов отмечаются статистически значимые различия ($p<0,05$) β-разнообразия. Сходство таксономического состава путем анализа β-разнообразия с помощью инструментом ANOSIM (R>0,75) и кластерного анализа (K_{B-C}<0,70) показало высокую специфичность синтаксонов. Показатели α-разнообразия (критерии Шеннона и Маргалефа) для большинства фитоценозов пока-зали высокое видоразнообразие и богатство несмотря на сильный антропогенный пресс.

Определение сукцессионных процессов для придорожных травяных сообществ затруднительно вследствие переменной интенсивности антропогенного воздействия. По этой причине построены динамические ряды, отражающие ход сукцессий на уровне низших рангов синтаксонов в результате изменений в периодичности кошения, последствий длительного переувлажнения почвогрунта, отсутствия мероприятий по уходу и др. Учитывая специфику условий произрастания, синтаксоны продвинутых и промежуточных звеньев динамических рядов наиболее распространены в полосе отвода.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант БРФФИ Наука М Б23М-001 от 2 мая 2023 г.

Литература

1. Судник, А. В. Критерии и шкала потенциального воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на придорожные насаждения / А. В. Судник, А. Г. Рыбинский // Автомобил. дороги и мосты. – 2020. – № 1 (25). – С. 6–15.

2. Харитонцев, Б. С. Особенности видового состава растительности придорожных фитоценозов [Электронный ресурс] / Б. С. Харитонцев, Е. И. Попова // Соврем. проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – Режим доступа: https://science-education.ru/ru/article/view?id=26905. – Дата доступа: 22.06.2024.

3. Howard, J. Anthropogenic soils / J. Howard. – 1st ed. – Cham : Springer, 2017. – 231 p. – (Progress in soil science).

4. Прохорова, Н. В. Эколого-геохимическая роль автотранспорта в условиях городской среды / Н. В. Прохорова // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естественнонауч. сер. – 2005. – № 5 (39). – С. 188–199.

5. Изменение климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.] ; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Тонпик, 2003. – 330 с.

6. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie: Grundzüge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – 3 Aufl. – Wien ; New York : Springer-Verlag, 1964. – 865 s.

7. Миркин, Б. М. Современная наука о растительности : учебник / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – М. : Логос, 2002. – 264 с.

8. Определитель высших растений Беларуси : учеб. пособие / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 471 с.

9. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука, 2009. – Т. 1 : Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.]. – 199 с.

10. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука, 2013. – Т. 2 : Liliopsida (Acoraceae, Alismataceae, Araceae, Butomaceae, Commelinaceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Lemnaceae, Najadaceae, Poaceae, Potamogetonaceae, Scheuchzeriaceae, Sparganiaceae, Typhaceae, Zannichelliaceae) / Д. И. Третьяков [и др.]. – 447 с.

11. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука,. – 2017. – Т. 3 : Liliopsida (Agavaceae, Alliaceae, Amaryllidaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae,Cannaceae, Colchicaceae, Convalliriaceae, Cyperaceae, Dioscoreaceae, Iridaceae, Ixioliriaceae, Hemerocallidaceae, Hostaceae, Hyacinthaceae, Juncaceae, Liliaceae, Melanthiaceae, Ophiopogonaceae, Orchidaceae, Pontederiaceae, Tofieldiaceae, Trilliaceae) / Д. В. Дубовик [и др.]. – 573 с.

12. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники. – Минск : Беларус. навука, 2023. – Т. 4 : Magnoliopsida (Actinidiaceae, Aizoaceae, Aristolochiaceae, Berberidaceae, Betulaceae, Buxaceae, Calycanthaceae, Cannabaceae, Caryophyllaceae, Ceratophyllaceae, Cactaceae, Fagaceae, Fumariaceae, Juglandaceae, Lardizabalaceae, Magnoliaceae, Menispermaceae, Moraceae, Nyctaginaceae, Nymphaeaceae, Papaveraceae, Platanaceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Saururaceae, Schisandraceae, Ulmaceae, Urticaceae) / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д. В. Дубовика. – 743 с.

13. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н. Н. Цвелев. – СПб. : С.-Петерб. гос. хим.-фармацевт. акад., 2000. – 781 с.

14. Hennekens, S. M. Turboveg, a comprehensive data base management system for vegetation data / S. M. Hennekens, J. H. J. Schaminée // J. of Vegetation Science. – 2001. – Vol. 12, № 4. – P. 589–591.

15. Мойсейчик, Е. В. Флористическая классификация растительности: методические приемы обработки в программе *JUICE* / Е. В. Мойсейчик // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2013. – Вып. 42. – С. 232–242.

16. Влияние солнечной энергии и сомкнутости крон деревьев на богатство видов травянистой растительности юга лесостепи / П. А. Шарый [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 539–552.

17. Richerson, P. J. Patterns of plant species diversity in California: relation to weather and topography / P. J. Richerson, K.-L. Lum // The Amer. Naturalist. –1980. – Vol. 116, № 4. – P. 504–536.

18. Сушко, Г. Г. Программное обеспечение PAST – как инструмент анализа данных в фаунистических исследованиях / Г. Г. Сушко // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2021. – № 3 (126). – С. 55–61.

19. Флуктуации эколого-ценотических характеристик растительности луговой катены (Карельский перешеек) / О. В. Созинов [и др.] // Ботан. журн. – 2022. – Т. 107, № 11. – С. 1067–1082.

20. Голованов, Я. М. Обзор растительных сообществ класса *Polygono arenastri–Poëtea annuae* в Российской Федерации / Я. М. Голованов [и др.] // Turczaninowia. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 147–169.

21. Арепьева, Л. А. Синантропные сообщества с *Dactylis glomerata* L. в Курской области / Л. А. Арепьева // Растительность России. – 2018. – № 33. – С. 3–18.

22. Арепьева, Л. А. О сообществах поздних сукцессионных стадий рудеральной растительности на урбанизированных территориях Курской области / Л. А. Арепьева // Растительность России. – 2012. – № 21. – С. 13–24.

23. Арепьева, Л. А. О новых синтаксонах синантропной растительности города Брянска / Л. А. Арепьева // Разнообразие раст. мира. – 2019. – № 2 (2). – С. 18–37.

24. Bodrogközy, G. Hydroecology of the plant communities at the middle Tisza-valley I. Agropyro-rumicion / G. Bodrogközy // Tiscia-Szeged. – 1985. – Vol. 20. – P. 55–97.

25. Сапегин, Л. М. Синтаксономия и геоботаническая характеристика луговых экосистем поймы р. Сож пригорода г. Гомеля / Л. М. Сапегин, Н. М. Дайнеко // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2010. – № 3 (60). – С. 29–39.

26. Анищенко, И.Е. Растительность газонов города Уфы (Республика Башкортостан) / И. Е. Анищенко [и др.] // Растительность России. – 2019. – № 36. – С. 25–40.

27. Орлова, Ю. С. Использование индексов биологического разнообразия для анализа альгофлоры бассейна р. Алатырь / Ю. С. Орлова // Вестн. Мордов. ун-та. – 2013. – Т. 23, № 3–4. – С. 53–57.

28. Сумина, О. И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России / О. И. Сумина. – СПб. : Информнавигатор, 2013. – 339 с.

Поступила в редакцию 03.10.2024 г.

ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

УДК 504.064.2.001.18:379.8.095.3:502.75+581.553

Н. М. РОГОВСКИЙ

ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: nikita.rogovski.03@gmail.com

Аннотация. Пожары являются одной из угроз природным экосистемам, пространственная оценка развития которых должна быть оперативной и основываться на объективных показателях. Данный вопрос является актуальным для Полесского государственного радиационно-экологического заповедника даже с использованием современных технологий автоматической фиксации возгораний. Труднодоступность некоторых участков ООПТ может приводить к распространению огня на большие площади. На основании набора метеорологических данных построена пространственная модель оперативного мониторинга пожарной опасности для исследуемого объекта. Произведено улучшение её пространственных и качественных характеристик через подключение данных о пожарной устойчивости растительности. Проверка построенной модели на примере репрезентативного объекта показала высокий уровень достоверности.

Ключевые слова: пожарная опасность, классы пожароустойчивости, растительные сообщества, наборы метеорологических данных, Полесский государственный радиационно-экологический заповедник.

N. M. ROGOVSKY

OPERATIONAL FIRE HAZARD MONITORING OF THE POLESYE STATE RADIATION AND ECOLOGICAL RESERVE

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: nikita.rogovski.03@gmail.com

Abstract. Fires are one of such threats to natural ecosystems, the forecast of the development of which in space must be prompt and based on objective indicators. This issue is quite relevant for the Polesye State Radiation and Ecological Reserve even if modern technologies for automatic recording of fires are used. The inaccessibility of some areas of the protected area can lead to the spread of fire over large areas. Based on meteorological data sets, a spatial model of operational monitoring of fire hazard for the studied object was built. Its spatial and qualitative characteristics were improved by connecting data on the fire resistance of vegetation. Verification of the constructed model using the example of a representative object showed a high level of reliability.

Keywords: fire hazard, fire resistance classes, plant communities, meteorological data sets, Polesye State Radiation and Ecological Reserve.

Введение

Пожары несут в себе как поддерживающую, так и разрушительную функцию в природных экосистемах [1–12]. Вместе с этим стоит разделять их генезис: 1) антропогенно-мотивированные и 2) естественные пожары, являющиеся неотъемлемым компонентом функционирования

ряда растительным сообществ, однако на их долю приходится 7–8% всех пожаров [13]. Несомненным остаётся тот факт, что зачастую их возникновение представляет один из видов угроз природным экосистемам, несущий множество негативных последствий как в момент их развития (гибель древостоя, исчезновение местообитаний, загрязнение атмосферного воздуха), так и после окончания (внедрение инвазивных видов, усыхание древостоя).

Для оценки риска возникновения пожаров в природных экосистемах в мире имеется ряд моделей [14–24], основанных на анализе набора метеорологических данных с формированием карты-схемы пожарной ситуации в регионе.

С учётом изменения климата Беларуси в сторону аридизации [25–28], в частности, в Полесском регионе [29], необходимо иметь оперативную оценку пожарной обстановки, включающую, кроме погодных данных, информацию о пожароустойчивости растительных сообществ, что является недочетом в используемом подходе к оценке пожарной опасности в Беларуси [30].

Целью данной работы является разработка методики оценки пожарной опасности на основе значений метеорологических элементов и данных о растительном покрове. В задачи входит составление карты пожароустойчивости растительного покрова, моделирование интегрального индекса пожарной опасности на основе наборов метеорологических данных, пересчёт индекса с учётом особенностей растительного покрова и проверка работоспособности модели с помощью проведения ретроспективного анализа.

Объекты (материалы) и методы исследования

Модельным объектом для оценки корректности работы разработанного алгоритма выбрана территория Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее – ПГРЭЗ). Для заповедника довольно распространённым видом негативного воздействия на природные экосистемы являются пожары, площадь прохождения которых оценивается в 14,8 тыс. га, начиная с 2001 г. [31] (рис. 1, табл. 1).

Составление алгоритма определения пожарной опасности было решено проводить на основе значений метеорологических показателей и базо-

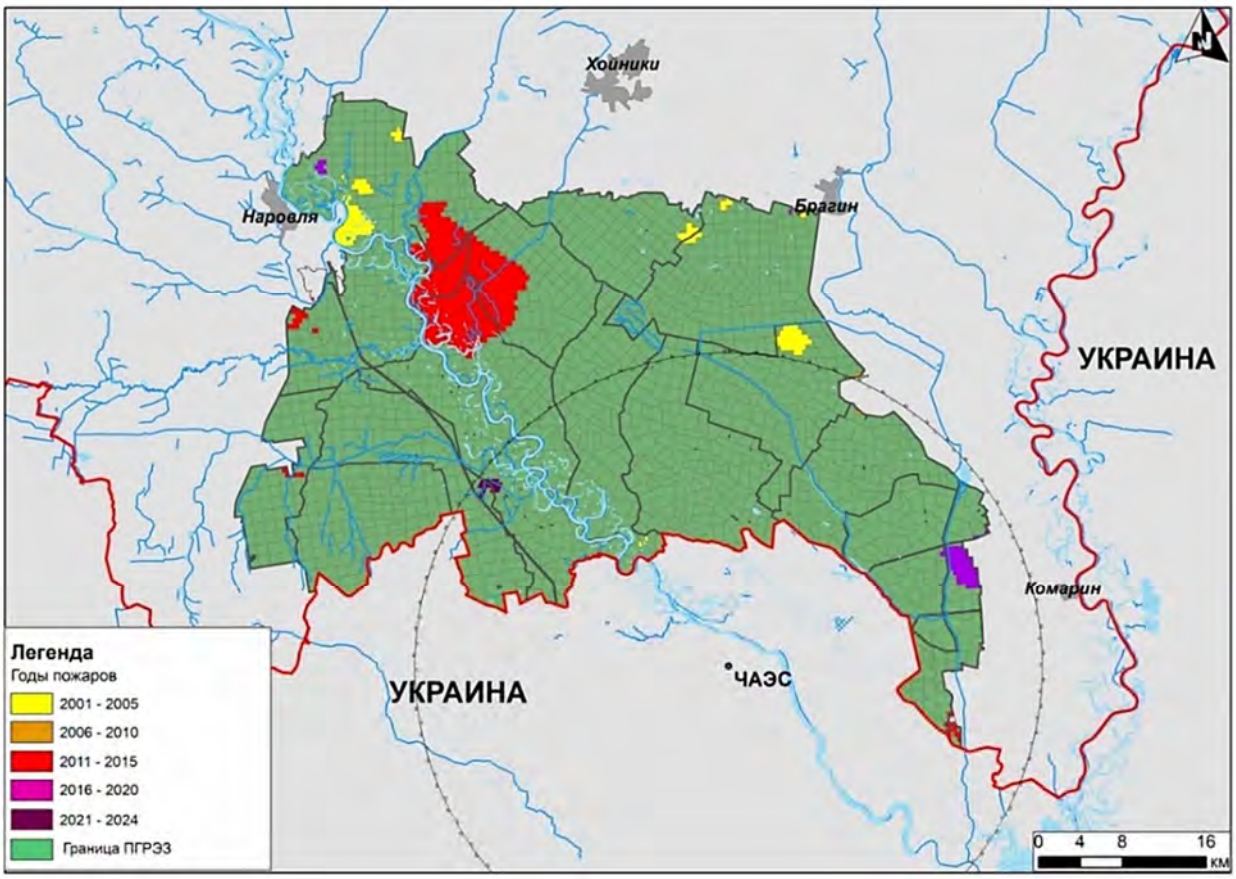


Рис. 1. Пожары на территории ПГРЭЗ с 2001 г.

Fig. 1. Fires in the PSRR since 2001

вой геопространственной информации о долгосрочном прогнозе пожарной ситуации в природных экосистемах. Интегральным показателем определён индекс FWI (Fire Weather Index) системы CWFIS [23]. Данная канадская система основана на получаемых погодных показателях с метеостанций, которые преобразуются в коды влажности в различных слоях почвы, и в дальнейшем – в индекс FWI (рис. 2). Предпочтение отдано данной системе по причине её успешного использования во многих европейских государствах, где пожары являются одной из проблем в обеспечении сохранения биоразнообразия [32–39].

Система индекса погодной пожарной опасности (FWI) состоит из шести стандартных компонентов. Первые три – это коды влажности топлива (FFMC, DMC, DC), которые отражают суточные изменения влажности трех классов горючего растительного материала с различной скоростью сушки. Остальные три компонента (ISI, BUI, FWI) отражают начальную скорость распространения огня (без влияния количества топлива), общее количество доступного для горения топлива и итоговый индекс интенсивности пожара.

Система зависит исключительно от погодных показателей, получаемых каждый день в полдень: температура, относительная влажность, скорость ветра и дождь (если таковой был) в течение предыдущих 24 часов [40]. Также необходимо указать текущий месяц, т.к. некоторые показатели изменяются в зависимости от продолжительности светового дня.

Таблица 1. Датировка и площади лесных и торфяных пожаров на территории ПГРЭЗ

Table 1. Dating and Areas of Forest and Peat Fires on the Territory of the PSRR

Дата возникновения пожара	Площадь, га
27.09.2002	29,7
15.03.2002	116,5
14.03.2002	282,0
18.03.2002	97,4
30.06.2002	29,6
11.07.2002	979,1
09.08.2002	669,2
25.04.2003	222,3
17.04.2003	14,9
29.03.2006	48,8
01.03.2007	1,4
12.03.2012	29,7
16.03.2012	237,0
05.10.2014	76,1
23.09.2014	29,8
27.02.2015	133,6
25.02.2015	31,4
08.03.2015	77,3
09.06.2015	29,7
22.06.2015	10289,9
03.07.2015	14,8
06.03.2019	13,3
04.04.2019	2,0
14.09.2019	119,8
16.03.2020	26,9
21.04.2020	964,7
01.03.2022	267,0
Итого	**14 833,9**



Рис. 2. Схема расчёта показателя FWI (перевод с английского по [31])

Fig. 2. Calculation Scheme of FWI (translated from English by [31])

Для каждого из трех условных слоёв почвы, включенных в систему FWI, существует вспомогательный индекс с двумя фазами: увлажнения и высыхания. Эти субиндексы на самом деле представляют собой системы учета, которые добавляют влажность после дождя и вычитают ее за каждый день высыхания. Считается, что каждый вид топлива высыхает экспоненциально, так что его мгновенная скорость высыхания пропорциональна текущему содержанию свободной влаги. Надлежащей мерой скорости сушки является либо временной лаг, либо наклон экспоненциальной кривой содержания свободной влаги с течением времени. Значения влажности топлива расположены в кодовой форме, значения которых увеличиваются по мере уменьшения содержания влаги. Три кода влажности и соответствующие им виды топлива [40]:

1. Код влажности мелкодисперсного топлива (FFMC), который представляет собой содержание влаги в подстилке и другом мелкодисперсном топливе (до 1,2 см в глубину) весом около 0,25 кг/м² с временным лагом 2/3 дня;

2. Код влажности гумусового горизонта (DMC), который представляет собой содержание влаги в рыхлом уплотненном разлагающемся органическом веществе (1,2–7,0 см) с массой около 5 кг/м² в сухом состоянии с временным лагом 12 дней;

3. Код компактного органического вещества (DC), который представляет собой глубокий почвенный слой (7–18 см) весом примерно 25 кг/м² в сухом состоянии с временным лагом 52 дня.

Три кода влажности и ветер связаны попарно, образуя два промежуточных индекса, которые, в свою очередь, объединяются для получения окончательного индекса – FWI (см. рис. 2). Эти последние три компонента таковы [40]:

1. Индекс начального распространения (ISI) – комбинация скорости ветра и FFMC, которая представляет собой только скорость распространения без влияния переменных количеств топлива;

2. Индекс накопления (BUI) – комбинация DMC и DC, которая представляет собой общее количество топлива, доступного для распространения огня;

3. Индекс погодной пожарной опасности (FWI) – комбинация ISI и BUI, представляющая оценку пожарной ситуации на определённый день.

Все из необходимых метеорологических параметров представлены по метеостанциям Беларуси в открытом доступе на различных сервисах, однако, ввиду пограничного положения исследуемой территории возникают сложности в получении данных с территории Украины (рис. 3). Поэтому для определения значений индекса FWI использованы наборы метеорологических данных ERA-5-Land Daily, GLDAS-2.1 [41, 42].

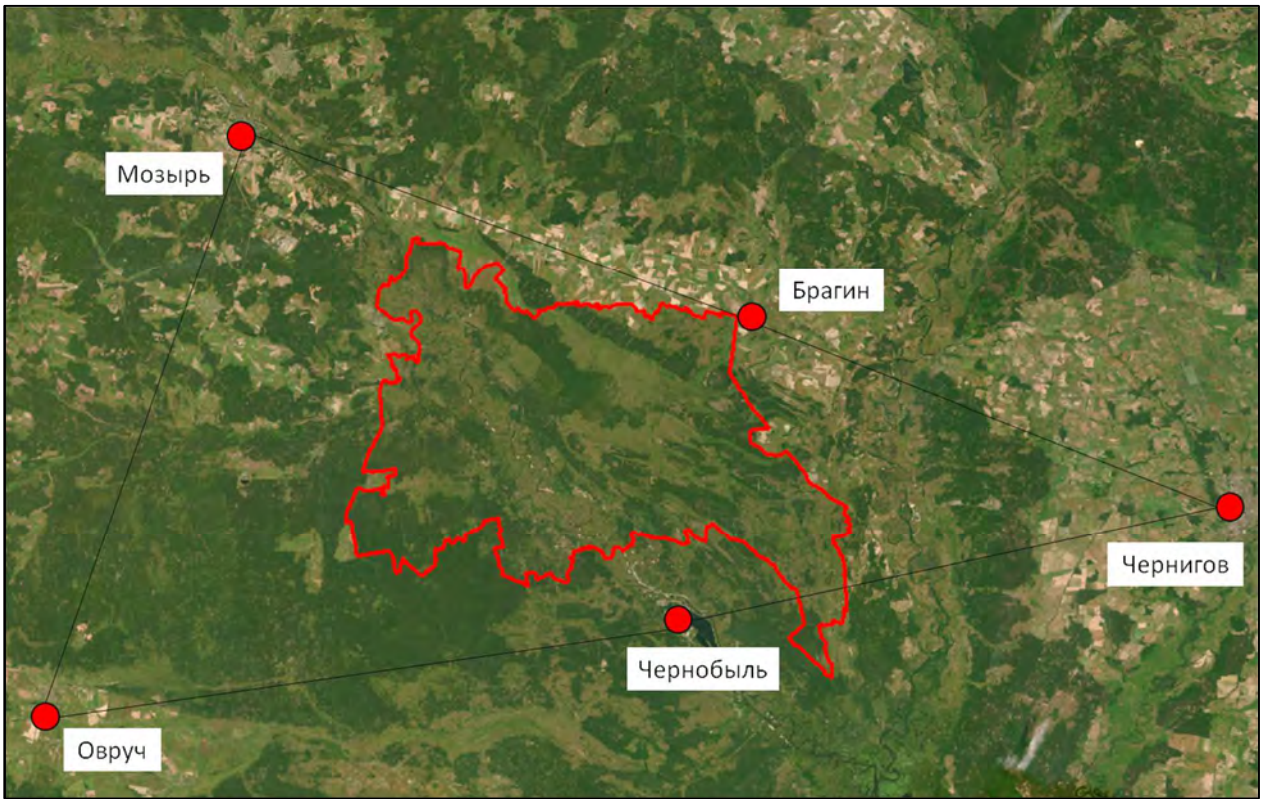


Рис. 3. Сеть метеостанций вблизи ПГРЭЗ

Fig. 3. Network of Meteorological Stations near the PSRR

После расчётов индекса погодной пожарной опасности производится его бикубическая интерполяция по точкам в центре каждого получаемого пикселя значения FWI и, в дальнейшем, формируется карта пожарной ситуации. Однако в разработанном подходе произведён пересчёт индекса по классам пожароустойчивости растительности. Это сделано для того, чтобы 1) улучшить пространственные характеристики итоговой карты пожарной ситуации; 2) получить объективную картину пожарной опасности, принимая во внимание особенности горючих растительных материалов, воспламеняемость которых сильно варьируется в зависимости от растительных сообществ. Все операции произведены на базе платформы облачных вычислений Google Earth Engine [43]. Итоговая концепция исследования представлена на рис. 4.

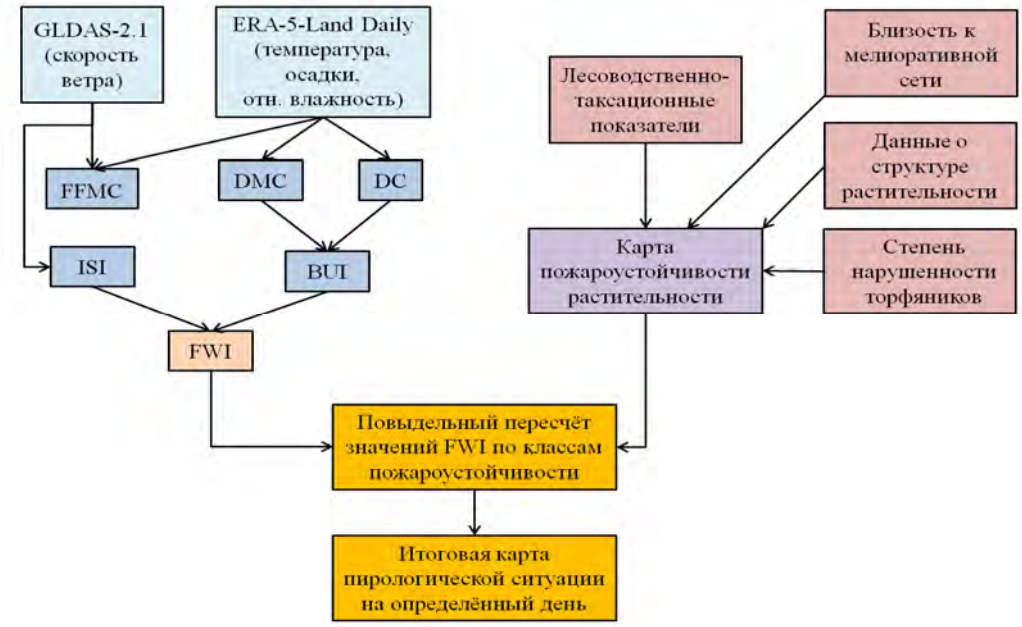


Рис. 4. Общая схема составления карты пожарной ситуации

Fig. 4. General Scheme for a Fire Situation Mapping

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



Рис. 5. Пример расчёта значения FWI для территории ПГРЭЗ на основе наборов метеорологических данных

Fig. 5. An example of calculating FWI values for the territory of the PSRR based on meteorological data sets

На основе метеорологических данных, предоставляемых наборами данных от ERA-5-Land Daily и GLDAS-2.1, возможно построение карт пожарной опасности в соответствии со значениями индекса FWI. Однако в результате всех операций максимальное достижимое разрешение растра равняется 11,3 км на пиксель, в результате чего оценка пожарной обстановки становится довольно грубой (рис. 5). К тому же, индекс показывает уровень пожарной опасности, основываясь только на значениях метеорологических показателей.

Для усовершенствования алгоритма определения уровня пожарной опасности использован критерий пожароустойчивости растительных сообществ ПГРЭЗ. С этой целью необходимо построение базовой карты долгосрочного прогноза пожарной ситуации на основе данных о структуре растительного покрова, лесоводственно-таксационных показателях лесопокрытых земель,

близости к мелиоративной сети и степени нарушенности торфяников [44]. В итоге территория заповедника разделена на 5 классов по уровню пожароустойчивости. Критерии для классификации представлены в табл. 2.

Значения класса пожароустойчивости понижали на 1 класс в 100-метровом буфере от мелиоративных каналов ввиду нарушения условий увлажнения участков территорий с растительностью.

В результате составлена карта-схема пожароустойчивости растительности ПГРЭЗ, что является информацией о долгосрочном прогнозе пожарной опасности (рис. 6).

Таким образом, формируется объективная картина пожарной обстановки на основе пространственных данных долгосрочного прогноза пожарной опасности. Коэффициенты пересчёта индекса указаны в табл. 3. Получаемые значения FWI пересчитываются через умножение на поправочные коэффициенты, после чего формируется итоговая оценка пожарной опасности на день. Индекс FWI можно определить как адаптированный.

Итоговая версия классификации значений индекса пожарной опасности представлена в виде 5 классов, где 1-ый – соответствует отсутствию риска возникновения пожара, а 5-ый – экстремально высокому.

Численная характеристика каждого класса пожарной опасности представлена в табл. 4. К выделению граничных значений классов применяли подход, использующийся в Глобальной системе информации о природных пожарах [47].

Таблица 2. Шкалы оценки пожарной устойчивости растительности [45, 46]

Table 2. Scales for Assessing Fire Resistance of Forest Vegetation [45, 46]

Класс пожароустойчивости лесной растительности	Типы растительных сообществ	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность их возможного возникновения и распространения
I (наименее устойчивая растительность)	Хвойные молодняки всех типов. Сосняки лишайниковые, вересковые. Сплошные вырубки на месте сосняков лишайниковых, вересковых, брусничных, мшистых, черничных, кисличных. Сильно повреждения лесные насаждения (участки буреломов, ветровалов, интенсивных выборочных рубок, захламленных гарей) всех типов леса с обильным сухостоем; свежие гари	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя - верховые. На вейниковых и других травяных типах вырубок по суходолу особенно значительна пожарная опасность весной, а в некоторых районах и осенью
II (неустойчивая растительность)	Сосняки брусничные и мшистые с наличием густого соснового подроста или подлеска из можжевельника, мелколесья сухие; несомкнутые посадки сосны; мелиорированные сосняки багульниковые, сфагновые и осоково-сфагновые; кустарничковые и травяные сообщества на нарушенных болотах; мелколесья на месте бывших сельскохозяйственных земель на мелиорированных торфяно-болотных почвах	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона; верховые в периоды пожарных максимумов
III (среднеустойчивая растительность)	Сосняки и ельники травяные; елово-сосновые кустарничково-зеленомошные леса; хвойно-мелколиственные и мелколиственные травяные заболоченные леса; лиственные (черноольховые, березовые) леса на осушенных торфяниках	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего пожарного максимума
IV (устойчивая растительность)	Ельники чернично-зеленомошные, долгомошные, болотные (осоковые, приручейно-травяные, осоково-сфагновые). Сосняки заболоченные (долгомошные) и болотные (осоково-сфагновые, осоковые, сфагновые, багульниковые). Пушистоберезовые осоково-сфагновые леса на переходных болотах. Дубравы, ясенники, кленовники, липняки, грабняки всех типов леса. Сплошные вырубки (закустаренные) по сырым и мокрым местам	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в периоды весеннего и осеннего пожарных максимумов
V (наиболее устойчивая растительность)	Лиственные (пушистоберезовые, черноольховые) леса на низинных болотах	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха)

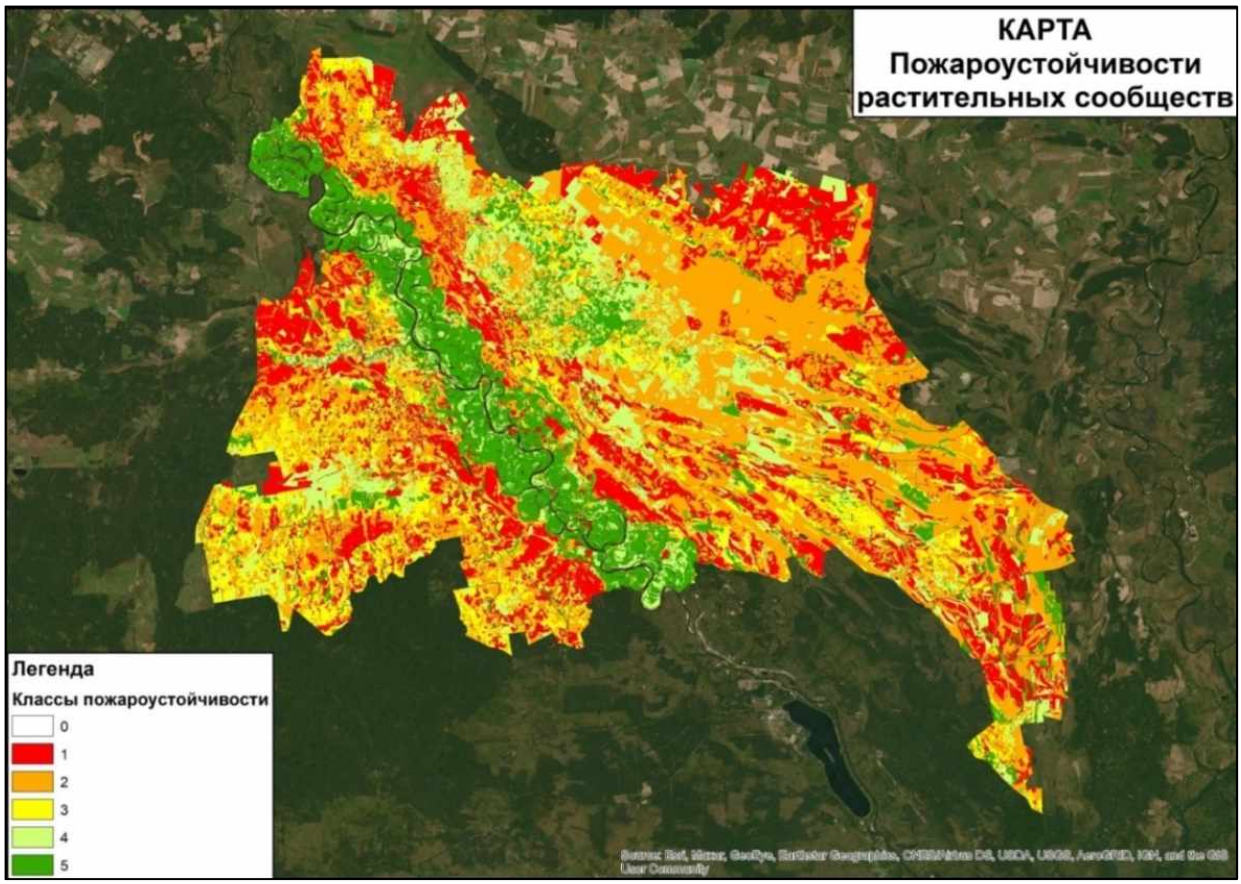


Рис. 6. Карта пожароустойчивости растительности ПГРЭЗ

Fig. 6. Map of Fire Resistance of Vegetation of the PSRR

Стоит отметить недостаток данного подхода – система изначально разработана для Канады, поэтому потенциальные максимальные значения сильно варьируют в зависимости от региона использования подхода. Ввиду природно-климатических особенностей достижение значений 4-го и 5-го классов пожарной опасности в условиях Беларуси объективно невозможно на данный момент. Поэтому при достижении значений индекса в границах 3-го класса, пожарную ситуацию стоит оценивать как очень опасную.

Для тестирования работы алгоритма оперативного мониторинга пожарной опасности выбран репрезентативный участок заповедника – бывший населённый пункт (далее – б.н.с.) Кожушки и сопределельная территория. В июне 2015 г. здесь произошёл крупнейший за всю историю заповедника пожар, охвативший более 10 тысяч гектар территории (рис. 7).

Рассчитаны значения FWI и проведено пересечение с выделами карты пожароустойчивости растительности территории. В результате пересчёта значений индекса формируется слой с итоговыми значениями пожарной опасности в определённый день (рис. 8).

Таблица 3. Поправочные коэффициенты для пересчёта значений FWI с учётом класса пожароустойчивости растительности

Table 3. Correction factors for recalculating the FWI values taking into account the fire resistance class of vegetation

Класс пожароустойчивости	Коэффициент
1	1,2
2	1,1
3	1,0
4	0,9
5	0,8

Таблица 4. Соответствие классов пожарной опасности значениям показателей адаптированного индекса FWI

Table 4. Correspondence of fire hazard classes to the values of the adapted FWI index

Класс пожарной опасности	Значения
1	0-11,2
2	11,2-21,3
3	21,3-38,0
4	38,0-50,0
5	50,0 и более

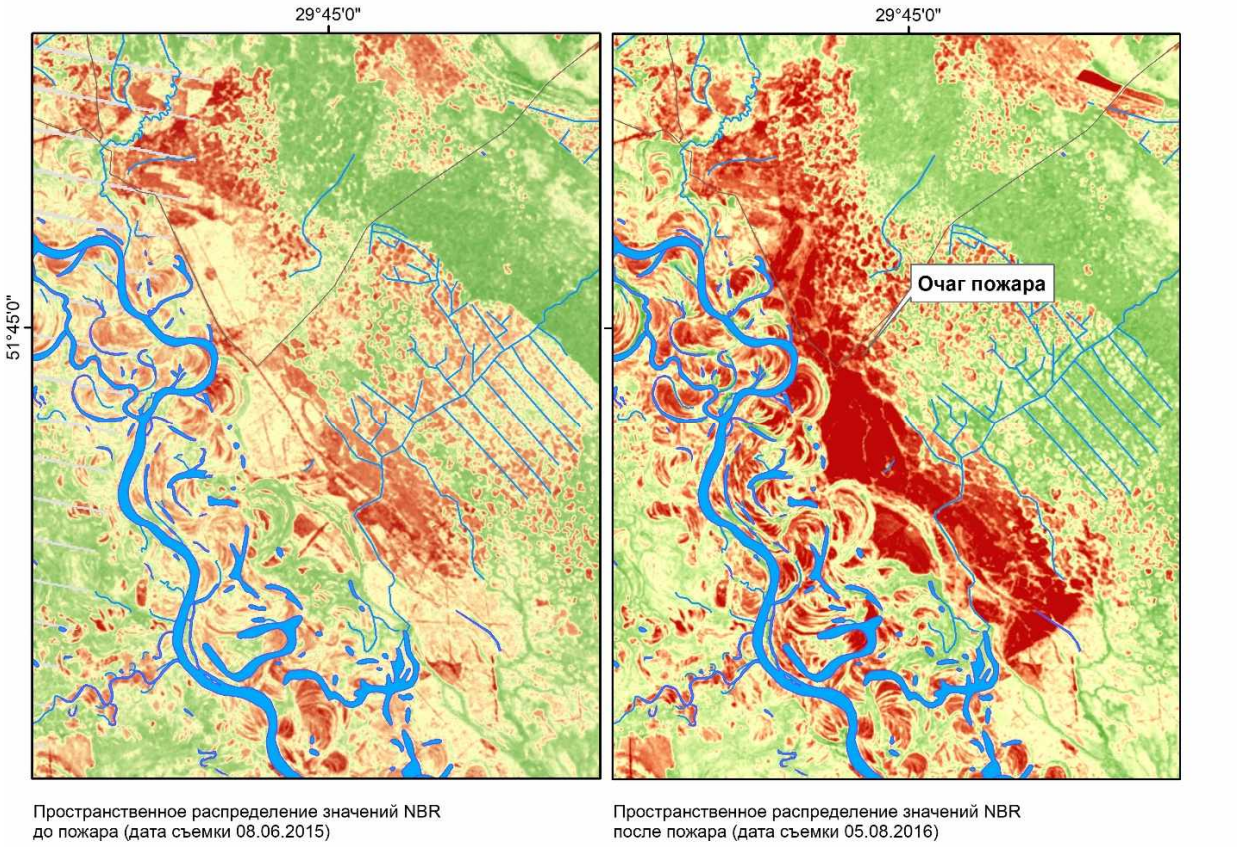


Рис. 7. Территория б.н.с. Кожушки, подверженный пожару (индекса NBR)

Fig. 7. Area of the former settlement Kozhushki, subject to fire (based on NBR index)

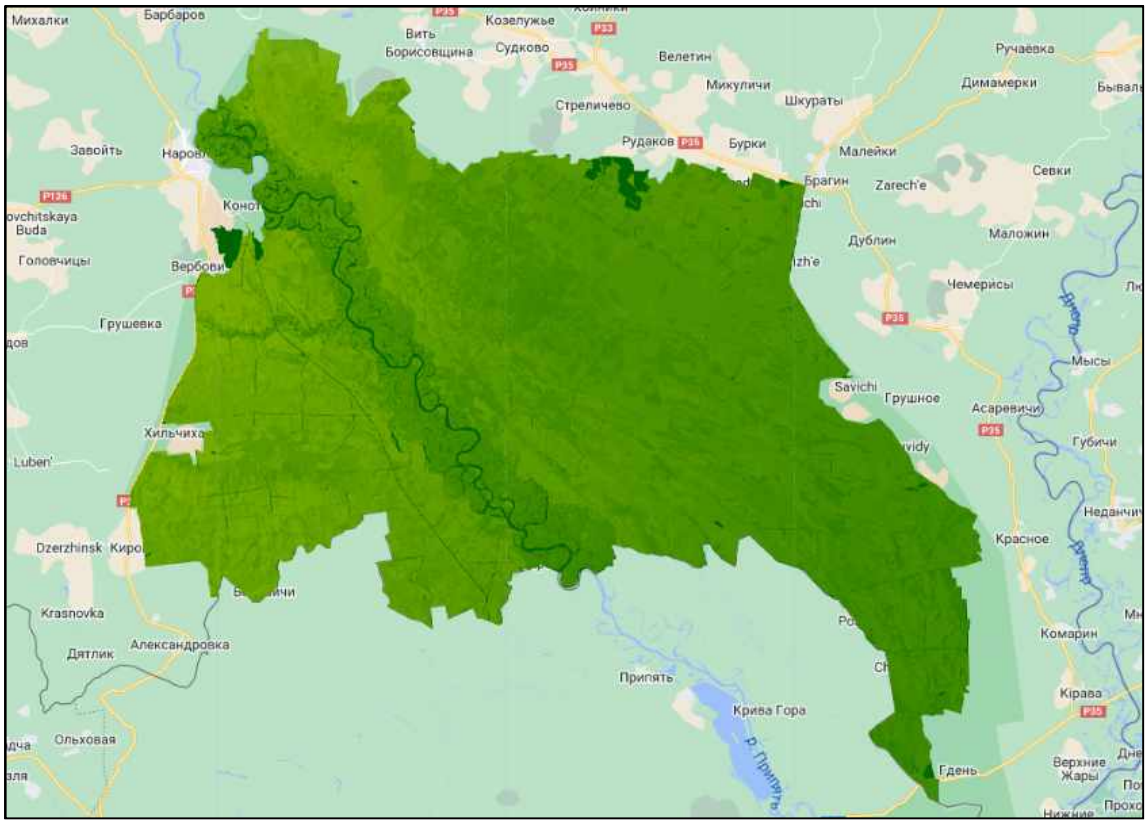


Рис. 8. Адаптированный индекс FWI на территорию ПГРЭЗ

Fig. 8. Adapted FWI index for the territory of the PSRR

В результате были получены значения на каждый день из указанного выше временного интервала. Пик пожара пришёлся на 13.06.2015, поэтому необходимо провести анализ значений индекса для выбранного участка на данную дату (рис. 9). График изменения значений адаптированного индекса FWI за апрель-июнь 2015 г. представлен на рис. 10.

Анализ показал, что в начале-середине июня значения индекса стали пиковыми и совпали с временным интервалом протекания пожара в пределах выбранного тестового участка. Таким образом, тестовая проверка работы модели оперативного мониторинга пожарной опасности показала высокий уровень достоверности.

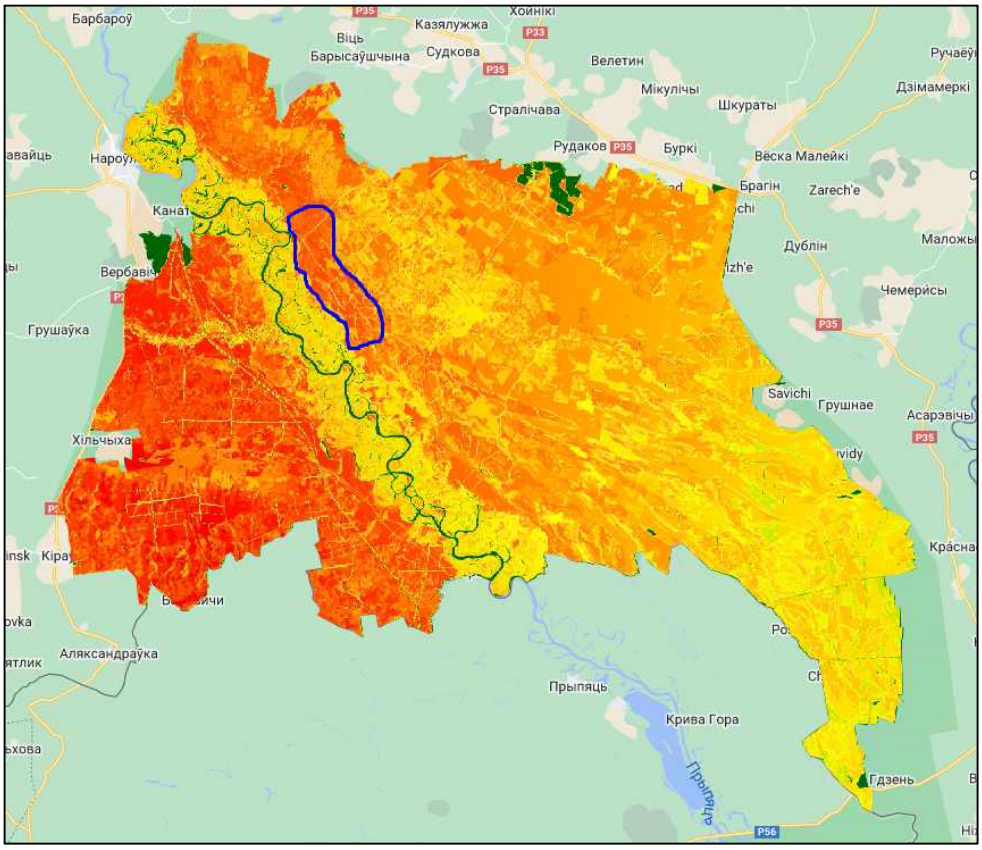


Рис. 9. Адаптированный индекс FWI для ПГРЭЗ на 13.06.2015

Fig. 9. Adapted FWI index for PSRR on 13.06.2015

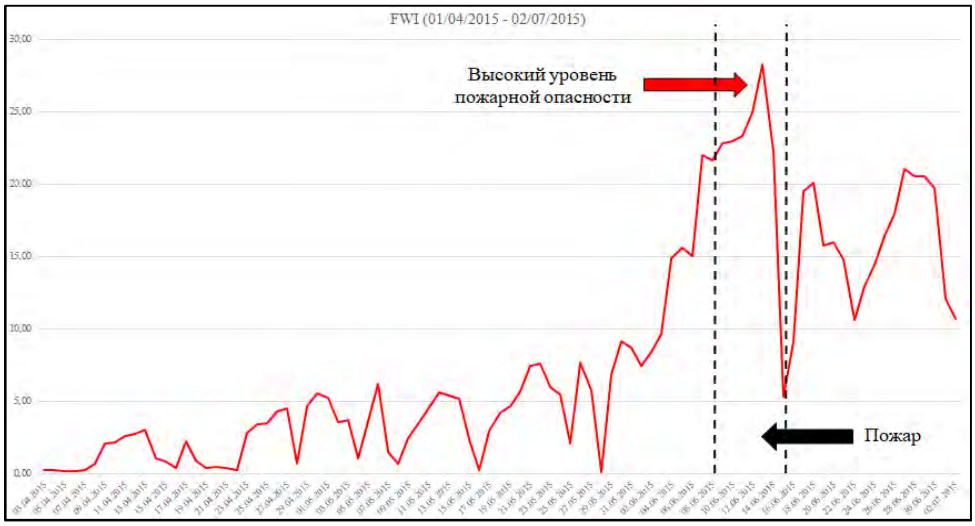


Рис. 10. График адаптированного индекса FWI для участка в районе б.н.с. Кожушки

Fig. 10. Graph of the adapted FWI index for a site in the area of the former settlement Kozhushki

Заключение

Таким образом, на основании набора метеорологических данных построена пространственная модель оперативного мониторинга пожарной опасности для территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Произведено улучшение её пространственных и качественных характеристик через подключение данных о пожарной устойчивости растительности. Проверка построенной модели на примере репрезентативного объекта показала высокий уровень достоверности полученных данных.

Разработанный подход отражает пожарную опасность на определённую календарную дату. Изначальный растр, базирующийся только на значениях метеорологических элементов, не соответствует пространственной точности, которая необходима для оценки пожарной обстановки на уровне административного района или природоохранного учреждения. Для этого использована классификация пожароустойчивости растительного покрова, в результате чего каждый выдел имеет долгосрочный прогноз вероятности воспламенения, который при оценке пожарной опасности используется в виде поправочных коэффициентов к индексу FWI.

Пространственная картина распределения значений показателя по выделам не предназначена демонстрировать риск возникновения пожара ввиду сложного сочетания комплекса факторов антропогенного и природного генезиса, а имеет цель определить вероятность зарождения пожара при неблагоприятных погодных условиях и распространения на близлежащие территории в зависимости от пожароустойчивости растительных сообществ.

Благодарности

Автор выражает признательность сотрудникам Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси к.б.н. Д. Г. Груммо и С. Г. Русецкому и УП «Геоинформационные системы» М. С. Курзенкову, Е. С. Курзенкову и В. А. Сипачу за оказанную консультативную и практическую помощь при подготовке и написании данной работы.

Литература

1. Брюханов, А. В. «Лесопожарный ликбез»: 12 ошибочных мнений о природных пожарах / А. В. Брюханов // Устойчивое лесопользование. – 2011. – № 3(28). – С. 11–21.

2. Anderson, R. C. Stability and instability in plant communities following fire / R. C. Anderson, L. E. Brown // Amer. J. Bot. – 1986. – Vol. 73, No. 3. – P. 364–368.

3. Brockway, D. G. Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: Initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons / D. G. Brockway, R. G. Gatewood, R. B. Paris // J. of Envir. Manag. – 2002. – Vol. 62, No.8. – P. 135–152.

4. Cooper, C. F. The ecology of fire / C. F. Cooper // Scient. Amer. – 1961. – Vol. 204, No 4. – P. 150–163.

5. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils / S. C. Hart [et al.] // Forest Ecol. and Manag. – 2005. – Vol. 220, iss. 1–3. – P. 166–184.

6. Knox, K. Nutrient availability induces contrasting allocation and starch formation in resprouting and obligate seeding shrubs / K. Knox, P. J. Clarke // Funct. Ecol. – 2005. – Vol. 19, No. 4. – P. 690–698.

7. Laughlin, D. C. Wildland fire effects on understory plant communities in two fire-prone forests / D. C. Laughlin, P. Z. Fulé // Canad. J. of For. Res. – 2008. – Vol 38., No. 1. – 133–142.

8. Mutch, R. W. Wildland fires and ecosystems – a Hypothesis / R. W. Mutch // Ecology. – 1970. – Vol. 51, No. 6. – P. 1046–1051.

9. Pausas, J. G. Fire and plant diversity at the global scale / J. G. Pausas, E. Ribeiro // Glob. Ecol. And Biogeogr. – 2017. – Vol. 26, No.8. – P. 889–897.

10. Possingham, H. P. The fire and flammability niches in plant communities / H. P. Possingham, H. N. Comins, I. R. Noble // J. theor. Biol. – 1995. – Vol. 174, iss. 1. – 97–108.

11. Paleoecological perspectives on fire ecology: revisiting the fire-regime concept / C. Whitlock [et al.] // The Open Ecol. J. – 2010. – Vol. 3, No. 2. – P. 6–23.

12. What makes nutrient-poor mediterranean heathlands so rich in plant diversity? / I. C. Wisheu [et al.] // Evol. Ecol. Res. – 2000. – Vol. 2(7) – P. 935–955.

13. Основы сервиса безопасности : учеб. пособие / Д. В. Савочкин [и др.]. – Железногорск : Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 156 с.

14. Глаголев, В. А. Проектирование геоинформационной системы прогноза возникновения и распространения травяных пожаров / В. А. Глаголев, Р. М. Коган // Региональные проблемы. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 47–53.

15. Мазаник, А. И. Модель оценки влияния метеорологических параметров на уровень природной пожарной опасности / А. И. Мазаник // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 2(45). – С. 12–24.

16. Фильков А. И., Разработка программного комплекса для визуализации результатов прогноза возникновения и распространения лесных пожаров в геоинформационной системе / А. И. Фильков, Д. А. Гладкий // Вычислительные технологии. – 2011. – Т. 16. – № 5. – С. 89–99.

17. An alert system for seasonal gire probability forecast for South American protected areas / L. O. Anderson [et. al.] // Climate Ressill. and Sust. – 2021. – No. 1 (6064). – P. 1–19.

18. Canadian Forest Fire Weather Index [Electronic resource]. – Mode of access: https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/maps/fw?type=fwi/. – Date of access: 13.10.2024.

19. Chowdhury, E. H. Development of a new daily-scale forest fire danger forecasting system using remote sensing data / E. H. Chowdhury, Q. K. Hassan // Remote Sensing. – 2015. – Vol. 7, No 3. – P. 2431–2448.

20. Finney, M. A. Modeling the spread and behaviour of prescribed natural fires / M. A. Finney // Proceedings of the 12th Conference on Fire and Forest Meteorology.– Society of American Foresters. – 1993. – P. 138–143.

21. A GIS-based forest fire management information system / N. Lymberopoulos [et al.] // EARSeL J. – 1996. – Vol.4, No 4. – P. 68–75.

22. Preisler, H. K. Statistical model for forecasting monthly large wildfire events in Western United States / H. K. Preisler, A. L. Westerling // J. of Applied Meteor. and Climatol. – 2007. – No. 46, iss. 7. – P. 1020–1030.

23. Estimating the risk of fire outbreaks in the natural environment / D. Stojanova [et al.]// Data Mining and Knowledge Discovery. – 2011. – Vol. 24, № 2. – P. 411–442.

24. Van Wagner, C. E. Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System / C. E. Van Wagner, T. L. Pickett. – Ottawa : Canad. For. Serv., 1985. – 18 p.

25. Данилович И. С. Моделирование изменений температуры воздуха и осадков по декадам текущего столетия для территории Беларуси / И. С. Данилович, Б. Гайер // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 102–114.

26. Данилович И. С. Современные изменения в атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе и их влияние на климат Беларуси / И. С. Данилович, В. Ф. Логинов // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. общего землеведения и гидрометеорологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.), Ю. А. Гледко, Е. В. Логинова. – Минск : БГУ, 2023. – С. 45–52.

27. Логинов, В. Ф. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси на период 2016–2035 гг. / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 51–64.

28. Признаки аридизации климата и их экосистемные проявления на территории Беларуси / В. Ф. Логинов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2021. – Т. 85, № 4. – С. 515–527.

29. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журнал Белорус. гос. ун-т. География. Геология. – 2020. – № 1. – С. 3–13.

30. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Прогнозирование и мониторинг лесных пожаров. Общие требования : СТБ 1408-2003. – введ. 12.06.2003. – Минск : Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 20 с.

31. Roy, D.P. MODIS Collection 5 Burned Area Product – MCD45: User's Guide / D.P. Roy [et al.]. – Rem. Sens. of Envir. – 2008. – № 12. – P. 3690–3707.

32. Wildfire risk estimation in the Mediterranean area / A. A. Ager [et al.]. – Environmetrics. – 2008. – Vol. 25, iss. 6. – P. 384–396.

33. Fire Weather Index application in north-western Italy / D. Cane [et al.]. – Advances in Sci. and Res. – 2008. – Vol. 2, iss. 1. – P. 77–80.

34. The meteorological conditions associated with extreme fire risk in Italy and Greece: relevance to climate model studies / P. Good [et al.]. – Int. J. of Wild. Fire. – 2008. – Vol. 17, № 2. – P. 155–165.

35. Sensitivity and evaluation of current fire risk and future projections due to climate change: the case study of Greece / A. Karali [et al.]. – Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2014. – Vol. 14, 1 iss. 1. – P. 143–153.

36. Contribution to the Study of Forest Fires in Semi-Arid Regions with the Use of Canadian Fire Weather Index Application in Greece / N. Ntinopoulos [et al.]. – Climate. – 2022. – Vol. 10. № 143. – P. 1–29.

37. Weather-related thresholds for wildfire danger in a Mediterranean region: The case of Greece / K. Papagiannaki [et al.]. Agricult. and For. Meteor. – 2020. – Vol. 291. – P. 1–12.

38. A comparative study of fire weather indices in a semiarid south-eastern Europe region. Case of study: Murcia (Spain) / J. Pérez-Sánchez [et al.]. – Sci. of The Total Envir. – 2017. – Vol. 590–591. – P. 761–774.

39. Fire Weather Index (FWI) classification for fire danger assessment applied in Greece / Varela V. [et al.]. – Tethys : J. of Mediterr. Meteor. & Climatol. – 2018. – № 15. – P. 31–40.

40. Van Wagner, C. E. Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index / C. E. Van Wagner, – Ottawa : Canad. For. Serv., 1987. – 44 p.

41. ERA5-Land hourly averaged data from 1950 to present. [Electronic resource]. – Mode of access: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-land. – Date of access: 13.10.2024.

42. The Global Land Data Assimilation System / M. Rodell [et al.] // Bull. of the Amer. Meteor. Soc. – 2004. – Vol 85, No 3. – P. 381–394.

43. Google Earth Engine [Electronic resource]. – Mode of access: https://earthengine.google.com/. – Date of access: 13.10.2024.

44. 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. – Вып. 75. – 2015. – С. 534–551.

45. Комплексное картографирование природной среды побережья Финского залива (район Лужской губы) / Е. А. Волкова [и др.]. – Санкт-Петербург : Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова Рос. акад. наук [и др.], 2001.– 139 с.

46. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров / сост. А. М. Сегодник [и др.]. – Гродно : Гродненское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2012. – 160 с.

47. Fire Danger Classes [Electronic resource]. – Mode of access: https://gwis.jrc.ec.europa.eu/about-gwis/technical-background/fire-danger-forecast. – Date of access: 13.10.2024.

Поступила в редакцию 25.10.2024 г.

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ
MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

УДК 582.28:577.15:910.3

В. В. КАРМАНОВА, Е. Д. ЦВИРКО, С. Н. ПОЛЯНСКАЯ, Д. К. ЛАЗАРЕВИЧ,
Е. С. СИДОРЧЕНКО, О. А. ИВАНОВ, Т. Г. ШАБАШОВА

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МИКРОМИЦЕТОВ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: veronikarmanova@gmail.com, protlife1984@gmail.com

Аннотация. Микромицеты Антарктиды являются распространенной группой микроорганизмов на материке со спектром специфических адаптаций, позволяющих существовать и развиваться в местных экстремальных условиях. Эти же адаптации, реализованные на биохимическом уровне в форме ферментов, активных при низких температурах, делают антарктические микромицеты потенциально интересными биотехнологическими объектами. Из субстратов различных типов, собранных в окрестностях антарктических станций «Гора Вечерняя», «Прогресс», «Новолазаревская» выделено 122 штамма микромицетов. Самыми распространенными порядками микромицетов на изученных субстратах явились *Eurotiales, Hypocreales* и *Pleosporales*. По результатам анализа сделан вывод, что микобиота в районах исследований состоит преимущественно из космополитных видов с высоким адаптивным потенциалом. При скрининге ряда микромицетов на способность к секреции внеклеточных ферментов продемонстрирована их биохимическая пластичность, выражающаяся в способности к образованию и секреции разнообразных гидролаз уже +5°С. Выявлены штаммы, которые могут представлять интерес как продуценты холодоактивных протеаз (*P. pannorum* и *Penicillium* sp.3), липаз и целлюлаз (*Cladosporium spp.*, штаммы *Penicillium spp.*), β-галактозидаз (*P. pannorum*).

Ключевые слова: микромицеты, Восточная Антарктида, психрофилы, психротолеранты, холодоактивные ферменты.

V. V. KARMANOVA, E. D. TSVIRKO, S. N. POLYANSKAYA, D. K. LAZAREVICH,
E. S. SIDORCHENKO, O. A. IVANOV, T. G. SHABASHOVA

EAST ANTARCTIC MICROMYCETES TAXONOMIC DIVERSITY AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: veronikarmanova@gmail.com, protlife1984@gmail.com

Annotation. Antarctic micromycetes are a widespread group of microorganisms on the continent with a spectrum of specific adaptations that allow existence and development in local extreme conditions. These adaptations, implemented at the biochemical level in the form of enzymes active at low temperatures, make Antarctic micromycetes potentially interesting biotechnological objects. 122 strains of Antarctic micromycetes were isolated from substrates of various types collected in the vicinity of the Antarctic stations "Mount Vechernaya", "Progress", and "Novolazarevskaya". The most widespread orders of micromycetes on the studied substrates were Eurotiales, Hypocreales and Pleosporales. Based on the results of the analysis, it was concluded that the mycobiota in the research areas consists mainly of cosmopolitan species with high adaptive potential. The study of a number of micromycetes as enzyme producers revealed strains that may be of interest as producers of cold-active proteases, lipases, and cellulases.

Keywords: micromycetes, East Antarctica, psychrophiles, psychrotolerants, cold-active enzymes.

Введение

Антарктические экосистемы уникальны, поскольку характеризуются, во-первых, широким набором экстремальных для живых организмов факторов среды (низкие температуры, высокий уровень УФ-излучения, постоянные циклы замораживания и оттаивания, низкая доступность свободной воды, нехватка питательных веществ), и, во-вторых, минимальной антропогенной нагрузкой [1]. Кроме того, для материка характерно практически полное отсутствие высших растений, что также является фактором, ограничивающим жизнедеятельность организмов, в том числе и грибов, в данном регионе.

Грибные сообщества в Антарктиде играют роль в круговороте питательных веществ и углерода в наземных и морских экосистемах, выступают в качестве симбионтов, мутуалистов, патогенов и сапротрофов, образующих сложную биологическую сеть вместе с другими организмами [2].

На сегодняшний день в Антарктиде отмечены представители отделов Ascomycota, Basidiomycota, Mucoromycota, Chytridiomycota и Glomeromycota, а также грибоподобных Oomycota и Mycetozoa [3]. Отличительной особенностью микобиоты Антарктиды является преобладание микромицетов отдела Ascomycota [1]. Кроме того, большинство обнаруженных грибов данного отдела – это микромицеты с конидиальным спороношением. Данную группу грибов выделяют в отдел Deuteromycota (Несовершенные грибы). В своем происхождении несовершенные грибы связаны с сумчатыми и реже с базидиальными грибами. Преобладание анаморфных грибов позволяет предположить, что упрощение жизненного цикла, выражающееся в отсутствии телеоморфной стадии, дает несовершенным грибам преимущество при колонизации антарктических субстратов в условиях низких температур и нехватки источников питания.

Экстремальные климатические условия Антарктиды создают сильное селективное давление, которое может привести к развитию новых механизмов стрессоустойчивости местных микроорганизмов, в том числе и грибов. По этой причине в последние годы расширились исследования адаптированных к холоду микромицетов, что обусловлено их потенциальной ценностью для применения в биотехнологии [2].

Антарктические микромицеты могут быть продуцентами ферментов, активных при низких температурах. Экспрессия таких ферментов является следствием одной из форм приспособления к жизни в условиях низких температур для обеспечения протекания метаболических процессов. Холодоактивные ферменты приобрели ряд специфических структурных адаптаций, которые обеспечивают их более высокую каталитическую активность по сравнению с мезофильными и термофильными аналогами в условиях низких температур, но одновременно делает их более термолабильными. К таким структурным адаптациям относятся снижение гидрофобности ядра и повышение гидрофобности поверхности молекулы, изменение соотношения аминокислот с увеличением доли глицина, что обеспечивает более высокую конформационную подвижность молекулы фермента, увеличение доли неполярных аминокислот на поверхности, снижение междоменных и межсубъединичных взаимодействий, увеличение конформационной энтропии молекул ферментов [4]. Следствием этого для холодоактивных ферментов является тенденция к медленному снижению скорости катализа реакции при понижении температуры в сравнении с мезофильными аналогами [5].

Высокая активность при низких температурах и термолабильность являются ценными характеристиками ферментов для биотехнологических применений в самых разных отраслях промышленности–пищевой, текстильной, кожевенной, при производстве биотоплива, моющих средств, в биоремедиации [6]. Соответственно, потенциальные продуценты таких ферментов являются объектами пристального внимания биотехнологов. Антарктические психрофильные и психротолерантные микромицеты в этом смысле являются одной из интересных групп, поскольку не имеют принципиальных особенностей культивирования в сравнении с уже широко используемыми в биотехнологии микроскопическими грибами, например, видами родов *Aspergillus* и *Penicillum* и могут быть легко адаптированы к существующим биотехнологическим системам и циклам. С другой стороны, труднодоступность мест их обитания делает антарктические микромицеты все еще слабо изученной группой. Благодаря деятельности Белорусской антарктической станции в Восточной Антарктиде и сборам Белорусских антарктических экспедиций мы имеем возможность выделять микромицеты из предоставляемых субстратов, что позволяет выполнить комплекс исследований, направленных на характеристику разнообразия, способности продуцировать значимые для биотехнологии ферменты, оценку возможностей культивирования и биотехнологического потенциала антарктических микромицетов из этого региона.

Таким образом, здесь мы представляем результаты исследований видового разнообразия антарктических микромицетов на субстратах

естественного и искусственного происхождения, таксономический анализ, а также демонстрируем спектр ферментативной активности микромицетов, рассматривая их как потенциальных продуцентов ферментов и, соответственно, проливаем свет на их биотехнологический потенциал.

Объекты (материалы) и методы исследования

Материал для исследования видового разнообразия грибов предоставлен ведущим научным сотрудником Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, к.б.н. Ю. Г. Гигиняком. Образцы проб отбирали согласно общепринятым методикам с соблюдением условий стерильности (табл. 1).

Для микробиологического посева использовали следующие агаризованные среды: картофельный агар (КА) с дрожжевым экстрактом, агар Чапека (ЧА), мясопептонный агар, голодный агар. Посев проводили в трехкратной повторности для каждой пробы субстрата, с последующим культивированием изолятов в разных температурных условиях (5˚С, 20˚С, 25˚С).

При идентификации по культурально-морфологическим признакам видовую принадлежность и таксономические особенности устанавливали по определителям для разных групп грибов [7–13].

Для определения отдельных изолятов грибов, не образующих спороношение в культуре, применяли молекулярно-генетические методы.

В качестве маркерной последовательности исследовали ITS-район (the Internal Transcribed Spacer region, область внутреннего транскрибируемого спейсера), как универсальный баркод для грибов (основной маркер вида) [14].

Для выделения грибной ДНК из чистой культуры в качестве лизис-буфера использован экстракционный буфер с 5% смолой Chelex следующего состава: 5% Chelex, 0,5 мкл Triton X-100, 9 мл воды.

Забор материала осуществляли стерильными палочками для букального эпителия. На 50–100 мг гомогената вносили по 600–700 мкл буфера. Полученную смесь вортексировали (10 сек), а затем помещали в твердотельный термостат на 90 минут при температуре 56˚С (вортексировали смесь каждые 30 минут). Далее проводили экстрагирование ДНК: к полученному супернатанту добавляли смесь фенол:хлороформ (600 мкл), с последующим миксом (5 мин) и центрифугированием на скорости 12000 об/мин (10 мин). После откручивания верхняя, слегка вязкая водная фаза с ДНК отбиралась в новые пробирки. К отобранному надосадку добавляли смесь хлороформ:изоамиловый спирт (500 мкл), с мягким перемешиванием на орбитальной мешалке (5 мин), с последующим центрифугированием на скорости 12000 об/мин (10 мин). Затем повторяли процедуру отбора надосадка с ДНК в новые пробирки. Далее проводили очистку ДНК от оставшихся водорастворимых примесей и осаждали ее в виде соли путем добавления изопропанола (500 мкл) и ацетата аммония (5М) (50 мкл) соответственно. Полученную смесь оставляли в морозильной камере на ночь (-20˚С) [15].

Выделенную ДНК осаждали центрифугированием на скорости 12000 об/мин (10 минут), с последующим промыванием 80% этанолом, затем высушивали в суховоздушном термостате (56) и растворяли в воде milliQ (20, 30 или 50 мкл воды в зависимости от количества осадка). Концентрацию ДНК измеряли с помощью спектрофотометра NanoDrop (Thermo Fisher Scientific, США).

Для проведения амплификации готовили ПЦР-смесь следующего состава: 2 мкл грибной ДНК (50–100 нг); 7,5 мкл готовой смеси ArtMix (АртБиоТех, Беларусь); 1 мкл прямого праймера ITS1 (5' TCC GTA GGT GAA CCT GCG G '3); 1 мкл обратного праймера ITS4 (5' TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC '3); 3,5 мкл воды.

Таблица 1. Характеристика районов исследования

Table 1. Characteristics of the study areas

Район исследования	Координаты	Субстраты	Коллектор
Станция «Гора Вечерняя», оазис Холмы Тала, Земля Эндерби	S 67 °39` E 46°10`	Почва, субстраты животного и искусственного происхождения, пыль из служебно-жилых модулей	Ю.Г. Гигиняк, Д.А. Лукашанец, Е.В. Корзун, В.В. Лукин
Станция «Прогресс», оазис Холмы Ларсеманн, Земля Принцессы Елизаветы	S 69°23` E 76°23`	Почва, субстраты животного происхождения	Ю.Г. Гигиняк
Станция «Новолазаревская», оазис Ширмахера, Земля Королевы Мод	S 70°46` E 11°52`	Почва, субстраты животного происхождения	Ю.Г. Гигиняк, Ю.А. Мизин

Амплификацию проводили в термоциклере C1000 (BioRad, США) в объеме 15 мкл по следующему режиму: 95˚C–2 минуты (1 цикл), 40 циклов: 95˚C–10 с, 58˚C–15 с, 67˚C–15 с (1 цикл), 12˚C–до остановки.

Разделение продуктов амплификации проведено в 2% агарозном геле с использованием 1xTAE-буфера, окрашивание бромистым этидием. Визуализация результатов электрофореза осуществлялась на приборе Gel Doc XR (BioRad, США).

Переочистка продуктов ПЦР для проведения сиквенсовой реакции осуществлена с помощью экзонуклеазы I (Exo I, для гидролиза неиспользованных праймеров) и рекомбинантной щелочной фосфатазы (rSAP, для дефосфорилирования избытка dNTPs), согласно рекомендации производителя (Thermo Fisher Scientific, США).

Определение последовательности ДНК проводили по методу Сэнгера. Сиквенсовая реакция проведена с набором BrilliantDye Terminator v3.1 (NimaGen, Нидерланды) по протоколу от фирмы производителя. Состав: 0,75 мкл Sequencing Buffer, 0,5 мкл RR Sequencing Premix, 0,5 мкл ПЦР-продукта, 0,5 мкл праймера ITS 1 (5 pmol), 2,95 мкл воды.

Сиквенсовая реакция проведена в амплификаторе MJ Mini (BioRad, США) в объеме 5 мкл по следующему режиму: 96˚C – 45 с (1 цикл), 34 цикла: 96˚C – 10 с, 50˚C – 5 с, 60˚C – 2 минуты, 12˚C – до остановки. Далее продукты сиквенсовой реакции переочищали спиртами по стандартному протоколу.

Секвенирование проводили на приборе ABI 3100 Genetic Analyser (Thermo Fisher Scientific, США). Полученные нуклеотидные последовательности анализировали с помощью программ Finch TV, UGENE, BLASTn [16].

Активность секретируемых ферментов оценивали для изолированных культур грибов, растущих на твердой среде (1,5% агар с добавлением субстратов ферментов) при температурах +5°C, +10°C, +20°C и +25°C через 4 дня после инокуляции (дпи). В чашки Петри помещали круглые блоки мицелия (6 мм) грибных культур, которые предварительно выращивали при +20°C на среде КА.

Протеолитическую активность оценивали на среде с добавлением сухого молока (10 г/л). Положительную протеолитическую активность определяли как четкий прозрачный ореол вокруг колонии на белом непрозрачном фоне [17].

Амилолитическую активность грибов определяли на среде, дополненной 2 г/л растворимого крахмала. Через 4 дпи чашки Петри с культурами заливали раствором Люголя. Четкая прозрачная зона вокруг колонии на синем фоне негидролизованного крахмала указывала на наличие в среде амилаз [18].

Среда (pH 5,5), содержащая яблочный петин (10 г/л среды) использована для оценки *пектиназной активности*. После инкубации на чашки наносили раствор CTAB (10 г/л) и присутствие активных секретируемых пектиназ определяли по осветленной зоне вокруг колонии [18].

Наличие *секретируемых целлюлаз* определяли в тестах с растворимой карбоксиметилцеллюлозой (4 г/л). Через 4 дпи в чашки Петри с культурами вносили по 10 мл 0,1% раствора Конго красного, после 15 мин. инкубации раствор сливали и на чашки наносили по 10 мл 1 М раствора NaCl, инкубировали 15 мин. Наличие целлюлазной активности оценивали по зоне просветления вокруг колоний на розовом фоне среды с негидролизованной карбоксиметилцеллюлозой [19].

Хитиназную активность исследуемых грибов определяли на среде (pH 5,0), содержащей 24 г/л коллоидного хитина из панцирей крабов. Наличие прозрачной зоны вокруг колоний на мутном фоне негидролизованного хитина свидетельствовала о присутствии в среде секретируемых хитиназ [18].

Для оценки *липолитической активности* исследуемые культуры выращивали на среде, содержащей 25 г/л оливкового масла в качестве субстрата и 0,1% родамин Б, который взаимодействует с высвободившимися в результате гидролиза триглицеридов оливкового масла жирными кислотами с образованием флуоресцирующих при 366 нм комплексов. О наличии липаз свидетельствовало ярко-желтое свечение мицелия грибов и области среды вокруг колоний при анализе в УФ свете [20].

Фосфолипазную активность оценивали с использованием желточного агара (80 г/л яичного желтка). Гидролиз фосфолипидов яичного желтка секретируемыми ферментами при их наличии приводил к формированию прозрачной зоны вокруг грибов [21]. Для оценки способности грибов секретировать *β-галактозидазы* в среду культивирования вносили 0,1 г/л 5-бром-4-хлор-3-индолил-b-D-галактопиранозид (X-gal) и лактозу (20 г/л). О способности грибов продуцировать галактозидазы свидетельствовало развитие синего окрашивания мицелия и среды вокруг мицелия в результате гидролиза X-gal до галактозы и окисленного синего 5-бром-4-хлор-3-гидроксиндола [22].

Для выражения ферментативной активности грибов мы разработали систему символьной оценки, которая зависит от степени выраженности ферментативной активности при скрининге.

Отсутствие ферментативной активности определяли как «-», «±», это означает что секретируемая ферментативная активность при данных условиях была незначительной и проявлялась как слабо различимая зона трансформации субстрата ферментом непосредственно вблизи (до 1 мм) гиф гриба. При зоне трансформации субстрата от края мицелия до границы зоны трансформации составляла до ½ диаметра колонии или была выраженной непосредственно под мицелием гриба, анализируемая активность секретируемых грибом ферментов оценивалась как «+» (умеренной). Когда же зона трансформации субстрата от края мицелия до границ зоны превышала ½ диаметра колонии, ферментативная активность определялась как «++» - выраженной. Все исследования проводили в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований изучено видовое разнообразие микромицетов на следующих типах субстратов:

1) Субстраты животного происхождения (рис. 1).
2) Почвы.
3) Субстраты искусственного происхождения (текстиль, пластик, древесина и другие материалы из служебно-жилых модулей и окрестностей станций) (рис. 2).
4) Пробы пыли из служебно-жилых модулей станции «Гора Вечерняя».

В результате получены 122 штамма антарктических микромицетов (рис. 3). С помощью анатомо-морфологических исследований и методов молекулярной биологии идентифицированы 35 видов микромицетов из 20 родов (табл. 2).

Большинство выявленных микромицетов являются представителями отдела Ascomycota. Отдел Mucoromycota представлен двумя родами: *Mucor* и *Rhizopus*. Следует отметить, что большинство грибов отдела Ascomycota в нашем исследовании – это микромицеты с конидиальным спороношением.

Ведущим по числу родов является порядок *Hypocreales*, представленный 5 родами (*Acremonium Trichoderma Fusarium Albifimbria Stachybotrys*), далее следуют порядки *Pleosporales* (*Alternaria, Ulocladium, Phoma*), *Eurotiales* (*Aspergillus, Penicillium*), *Mucorales (Rhizopus, Mucor*), *Thelebolales* (*Thelebolus, Pseudogymnoascus*). Однако ведущим по количеству видов является порядок *Eurotiales* (10 видов), далее по убыванию следуют порядки *Hypocreales* (8 видов), *Pleosporales* (3 вида), *Thelebolales* (3 вида), *Mucorales* (2 вида) (рис. 4) [23].

В почвах преобладали микромицеты из родов *Penicillium, Pseudogymnoascus, Thelebolus, Cadophora* и *Trichoderma* (рис. 5). В целом из проб почв выделены 49 изолятов, относящихся к 21 виду и 12 родам. Следует отметить, что для почв характерно наибольшее видовое разнообразие ввиду того, что количество проб данного субстрата в нашем исследовании было наибольшим.



Рис. 1. Субстраты животного происхождения

Fig. 1. Animal substrates



Рис. 2. Почвы (слева) и субстраты искусственного происхождения (справа)

Fig. 2. Soils (left) and artificial substrates (right)

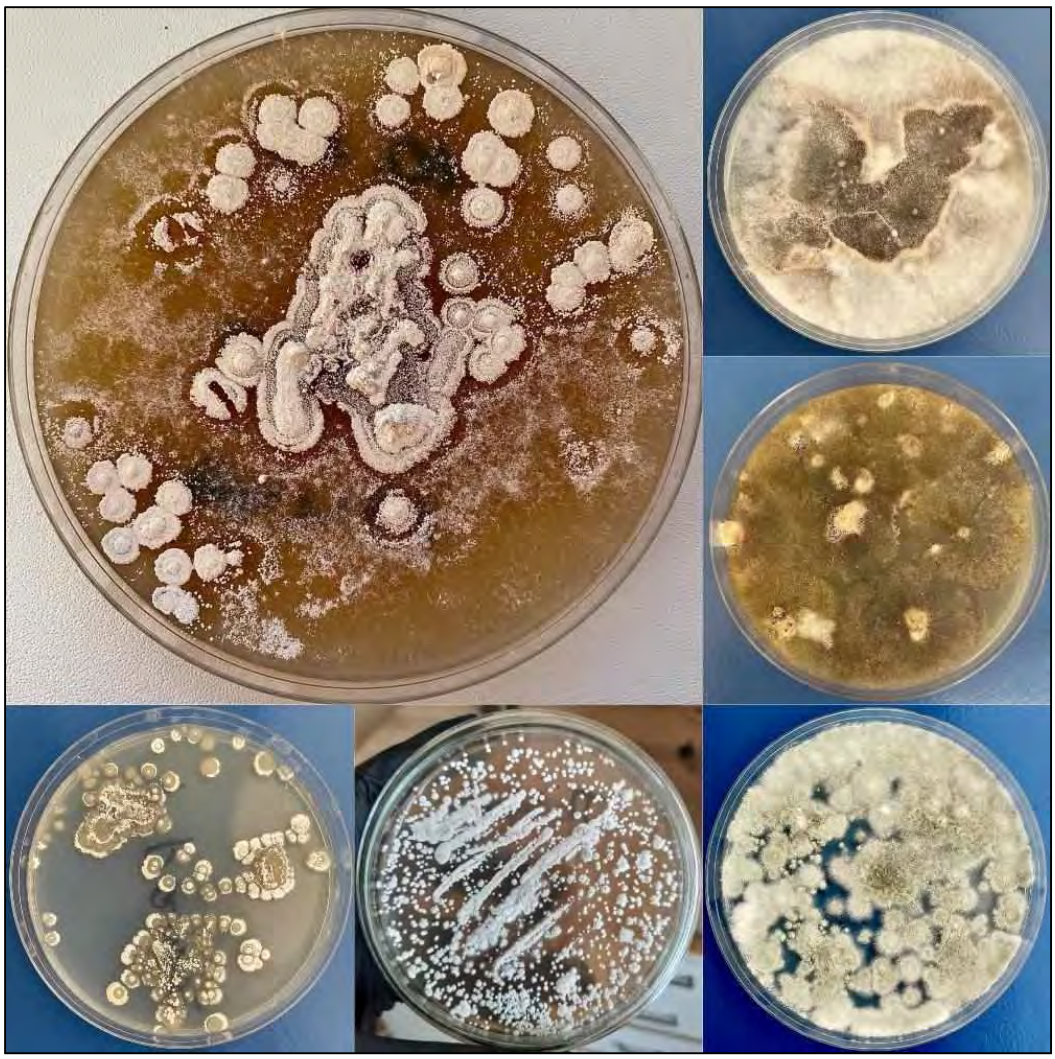


Рис. 3. Антарктические штаммы микромицетов из коллекции MSK-F Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Fig. 3. Antarctic strains of micromycetes from the MSK-F collection of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

Таблица 2. Видовое разнообразие микромицетов на антарктических субстратах естественного и искусственного происхождения

Table 2. Species diversity of micromycetes on Antarctic substrates of natural and artificial origin

Субстрат	Микромицеты
Субстраты животного происхождения	*Aspergillus candidus* Link, *Aspergillus* sp., *Chaetomium globosum* Kunze, *Cladosporium* sp., *Penicillium expansum* Link, *Phoma* sp., *Pseudogymnoascus pannorum* (Link) Minnis & D.L. Lindner *, *Thelebolus microsporus* (Berk. & Broome) Kimbr. *, *Thelebolus* sp.
Почва	*Acremonium charticola* (Lindau) W. Gams, *Acremonium* sp., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus fumigatus* Fresen., *Aspergillus sp., Cadophora malorum* (Kidd & Beaumont) W. Gams*, *Cadophora sp*., *Chaetomium globosum* Kunze, *Cladosporium halotolerans* Zalar, de Hoog & Gunde-Cim., *Penicillium citrinum* Thom, *Penicillium chrysogenum* Thom*, *Penicillium expansum* Link, *Penicillium* sp., *Pseudogymnoascus pannorum* (Link) Minnis & D.L. Lindner*, *Sarocladium strictum* (W. Gams) Summerb., *Stachybotrys cylindrosporus* C.N. Jensen, *Thelebolus microsporus* (Berk. & Broome) Kimbr. *, *Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma* sp. *, *Fusarium* sp.
Субстраты искусственного происхождения	*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Aspergillus niger* Tiegh., *Cadophora malorum* (Kidd & Beaumont) W. Gams*, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries *, *Exophiala* sp., *Penicillium chrysogenum* Thom, *Penicillium* sp.
Пыль из служебно-жилых модулей	*Albifimbria verrucaria* (Alb. & Schwein.) L. Lombard & Crous, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Alternaria* sp., *Aspergillus niger* Tiegh., *Chaetomium globosum* Kunze, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries *, *Geotrichum candidum* Link, *Mucor* sp., *Orbicula parietina* (Schrad.) S. Hughes*, *Penicillium chrysogenum* Thom *, *Penicillium citrinum* Thom, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill., *Stachybotrys cylindrosporus* C.N. Jensen.
Примечание: * – Молекулярная идентификация вида.	

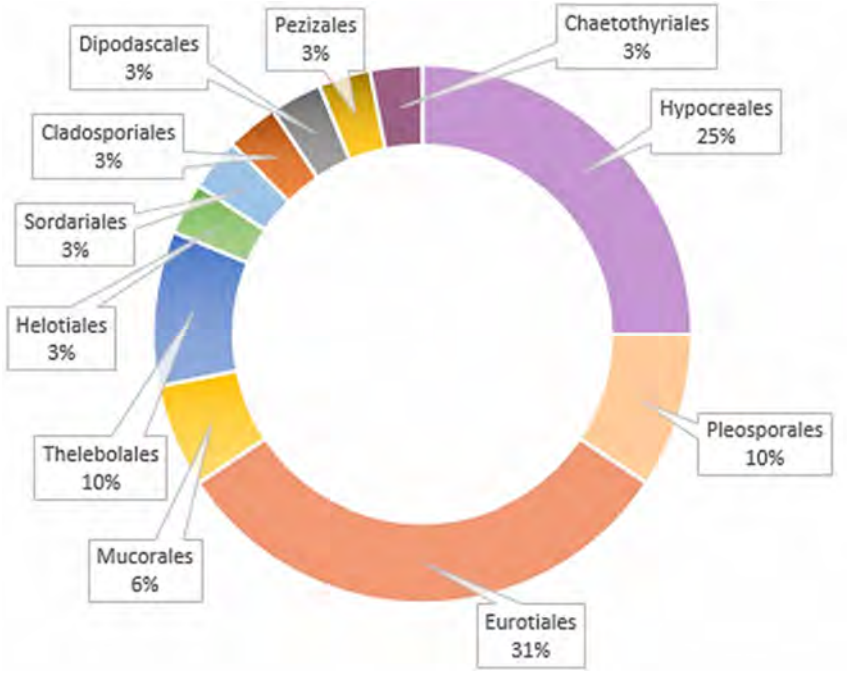


Рис. 4. Ведущие по числу видов порядки микромицетов

Fig. 4. Leading orders of micromycetes by the number of species

Из субстратов животного происхождения наиболее часто выделялись микромицеты из родов *Thelebolus, Pseudogymnoascus, Aspergillus* и *Chaetomium* (рис. 6) [24]. Из проб данного типа субстрата получены 22 изолята, относящиеся к 9 видам и 7 родам.

Возрастающая антропогенная нагрузка на материке приводит к появлению все большего количества искусственных материалов (пластик, текстиль, строительные материалы) в окрестностях исследовательских станций. Эти материалы формируют новые экологические ниши для грибов. В рамках исследования в качестве искусственных субстратов нами изучены лоскуты ткани, остатки пластика, древесины и бумаги. В результате выделены 19 штаммов, относящихся

к 7 видам и 6 родам. Доминирующими видами на субстратах искусственного происхождения являлись микромицеты из родов *Penicillium, Cadophora, Alternaria* и *Cladosporium* (рис. 7). Также отмечено, что на данном типе субстрата преобладают темнопигментированные грибы.

В рамках исследования выполнен анализ проб пыли из служебно-жилых модулей станции «Гора Вечерняя». Выделены 32 штамма, относящиеся к 13 видам и 12 родам. Наиболее часто из данного типа субстрата выделялись микромицеты из родов *Penicillium, Aspergillus, Rhizopus* (рис. 8).

В пробах пыли отмечены представители двух отделов: Ascomycota и Mucoromycota. 77 % от всех видов, выделенных из служебно-жилых модулей, можно охарактеризовать как условно-патогенные, которые, согласно литературным данным, способны вызывать микозы у лиц с ослабленной иммунной системой. Например, микромицеты из родов *Mucor* и *Rhizopus*, представители отдела Mucoromycota, являются возбудителями оппортунистических инфекций – мукоромикозов, *Geotrichum candidum* – возбудитель геотрихозов, микромицеты *Alternaria alternata* и *Chaetomium globosum* – отмечены как возбудители онихомикозов и кожных инфекций, *Aspergillus niger, Cladosporium cladosporioides* и *Penicillium citrinum* – легочных инфекций. Следует еще раз подчеркнуть, что данные виды представляют опасность для лиц с сильным иммунодефицитом, метаболическими и гормональными нарушениями, а также с травматическими повреждениями кожи и слизистых [25].

Дальнейший регулярный контроль численности и разнообразия микромицетов в служебных и жилых модулях антарктических станций позволит значительно снизить риск возникновения микозов у полярных исследователей, а также расширит представления о закономерностях формирования микобиоты полярных помещений и ее влиянии на микобиоту материка в целом.



Рис. 5. Штаммы *Trichoderma*, *Pseudogymnoascus, Cadophora* (слева направо), выделенные из проб почв

Fig. 5. Strains of *Trichoderma*, *Pseudogymnoascus*, *Cadophora* (from left to right) isolated from soil samples



Рис. 6. Штаммы *Pseudogymnoascus*, *Thelebolus, Chaetomium* (слева направо), выделенные из субстратов животного происхождения

Fig. 6. Strains of *Pseudogymnoascus*, *Thelebolus, Chaetomium* (from left to right), isolated from substrates of animal origin

Проанализированы температурозависимые особенности роста выделенных грибов. Выделенные штаммы разделены на следующие группы (по отношению к низким температурам):

1) Мезофильные, с температурными границами роста от +10 до +38 ˚С, с оптимумом +25-30 ˚С.

2) Психрофильные, температурный диапазон роста которых составляет -3–+10 ˚С (+20 ˚С). Оптимальными температурами для данных организмов являются +5–+10 ˚С.

3) Психротолерантные (психротрофные) микромицеты, для которых оптимальными являются низкие температуры, однако, в отличие от психрофильных, они способны расти при температуре +20 ˚С и выше.

Преобладающее количество выделенных микромицетов относится к психротолерантным, поскольку они способны расти в широком диапазоне температур (+10 … +25). Доля психрофильных микромицетов была значительно ниже.



Рис. 7. Штаммы *Penicillium* и *Cadophora*, выделенные из субстратов искусственного происхождения

Fig. 7. Strains of *Penicillium* and *Cadophora* isolated from artificial substrates



Рис. 8. Штаммы *Penicillium* и *Aspergillus*, выделенные из проб пыли

Fig. 8. *Penicillium* and *Aspergillus* strains isolated from dust samples

Одним из направлений эволюционного отбора психрофильных и психротолерантных микромицетов в Антарктиде являлась селекция на ферменты, способные эффективно обеспечивать течение метаболических процессов при низких температурах. Этот факт делает адаптированные к низким температурам микроорганизмы и микромицеты в частности важными объектами для исследований криотолерантности и вовлечения их как объектов биотехнологии в качестве продуцентов холодоактивных ферментов.

Для некоторых выделенных микромицетов различного таксономического статуса проведена скрининговая оценка способности к внеклеточной секреции биотехнологически важных ферментов. Культуры грибов инкубировали при различных температурах в диапазоне от +5 до +25°С. Температурный диапазон в области низких и относительно низких температур выбран исходя из того, что для психротолерантных и в особенности психрофильных микромицетов неоднократно демонстрировалась его оптимальность как для накопления биомассы, так и для продуцирования ферментов и других биологически активных соединений [26]. Такой скрининг позволяет отбирать наиболее интересных представителей антарктической микобиоты для вовлечение в дальнейшую оценку их биотехнологического потенциала, поскольку относительно быстро формирует представление об интенсивности продуцирования и накопления внеклеточных ферментов в среде культивирования и температурных оптимумах их накопления.

Исследованные микромицеты секретировали более одного типа ферментов в среду культивирования, что является типичным для большинства микроскопических грибов, в том числе выделенных из субстратов полярных регионов Земли ранее [27–28].

Способностью к секреции протеолитических ферментов от незначительной к выраженной во всем диапазоне температур обладало большинство исследованных видов. В большинстве случаев микромицеты продуцировали протеазы уже при +5°С, однако *C. globosum* st.3, *Penicillium* sp.3, оба штамма *P. pannorum* даже при низкой температуре отличались выраженной секрецией внеклеточных протеаз (табл. 3). В последнем случае, видимо, это является видовой особенностью, так как ранее и для других представителей вида также отмечалась высокая протеолитическая активность при низких температурах [29].

Таблица 3. Экстрацеллюларная ферментативная активность выделенных микромицетов

Table 3. Extracellular enzymatic activity of isolated micromycetes

Таксон	Относительная ферментативная активность								
	Темп.°С	Про	Амл	Пек	Цел	Хит	Лип	Флип	β-гал
Alternaria sp.	5	+	+	+	+	-	+	±	-
	10	+	+	+	+	-	+	+	-
	20	++	+	±	++	+	++	+	-
	25	-	+	-	++	+	++	-	-
Aspergillus niger	5	±	+	-	++	-	-	-	-
	10	+	+	-	+	-	-	-	-
	20	++	+	-	+	-	-	-	-
	25	++	+	-	+	-	±	-	-
Chaetomium globosum st.1	5	+	-	-	-	-	*	±	-
	10	±	-	-	±	-	*	±	-
	20	++	-	±	+	-	*	+	-
	25	++	±	±	+	-	*	++	-
Chaetomium globosum st.3	5	++	+	±	-	-	-	-	-
	10	+	+	±	±	-	-	-	-
	20	+	+	+	+	-	-	±	-
	25	+	+	+	++	-	+	±	-
Chaetomium sp.	5	±	±	-	+	-	-	-	
	10	+	±	-	+	+	-	+	-
	20	±	+	±	+	+	-	++	-
	25	±	+	+	+	-	-	+	-
Chaetomium megalocarpum	5	-	-	-	+	-	*	-	-
	10	-	+	±	+	-	*	±	-
	20	++	++	±	+	-	*	+	-
	25	+	++	+	++	-	*	+	±
Cladosporium cladosporioides	5	±	-	-	+	-	-	-	-
	10	-	-	-	++	-	-	±	-
	20	+	±	±	++	-	-	±	-
	25	+	-	-	++	±	±	±	-

Таксон	Относительная ферментативная активность								
	Темп.°С	Про	Амл	Пек	Цел	Хит	Лип	Флип	β-гал
Cladosporium halotolerans	5	±	+	-	++	-	-	±	-
	10	±	+	-	++	-	-	+	-
	20	±	±	±	++	-	-	+	-
	25	±	±	±	++	-	-	+	-
Myrothecium verrucaria st.1	5	+	+	-	±	-	-	-	-
	10	+	+	-	+	-	-	±	-
	20	++	++	+	++	-	-	-	-
	25	++	++	+	++	-	-	-	-
Myrothecium verrucaria st.2	5	±	±	±	-	-	-	±	-
	10	±	±	±	-	±	-	±	-
	20	+	±	±	±	-	-	-	-
	25	+	+	±	+	-	-	+	+
Orbicula parietina	5	+	±	-	±	-	-	+	-
	10	++	+	-	±	-	-	+	-
	20	++	++	-	±	-	-	+	-
	25	+	+	-	+	-	-	±	-
Penicillium chrysogenum	5	-	+	-	++	-	-	-	+
	10	++	++	±	++	-	-	-	+
	20	++	++	++	+	-	+	±	+
	25	+	++	+	+	±	++	±	±
Penicillium sp.1	5	±	+	-	-	-	-	-	+
	10	±	++	-	±	+	-	±	-
	20	±	++	+	+	+	++	±	±
	25	±	++	+	±	+	+	+	-
Penicillium sp.2	5	-	+	-	++	-	±	-	±
	10	+	+	-	++	-	±	-	-
	20	+	++	+	+	-	++	±	-
	25	+	++	+	++	-	+	±	-
Penicillium sp.3	5	++	+	-	++	-	-	-	+
	10	++	+	-	++	-	-	-	+
	20	++	+	-	++	-	±	-	+
	25	++	+	-	++	-	±	-	+
Penicillium sp.4	5	-	+	-	+	±	-	-	±
	10	-	+	-	+	±	+	-	±
	20	-	++	±	+	-	+	±	±
	25	±	+	+	++	-	±	±	+
Penicillium sp.5	5	+	+	±	+	-	-	-	±
	10	+	+	±	±	±	±	-	±
	20	±	++	±	+	±	+	-	±
	25	±	+	+	++	-	+	-	+
Phialophora malorum	5	±	±	-	++	±	-	+	±
	10	±	+	±	++	±	-	++	±
	20	++	+	-	+	±	-	+	±
	25	+	+	-	+	-	-	+	±
Pseudogymnoascus pannorum, st. 1	5	++	++	-	-	-	-	-	-
	10	++	++	-	-	-	-	-	-
	20	++	++	-	±	-	-	-	+
	25	++	++	-	±	-	-	±	±
Pseudogymnoascus pannorum, st. 2	**5**	++	+	-	+	-	-	-	±
	10	++	++	-	++	-	-	-	++
	20	++	++	-	++	-	-	±	±
	25	++	++	-	++	-	-	±	±
Thelobolus sp.	5	+	±	-	-	-	-	-	-
	10	+	±	-	±	+	-	-	-
	20	+	±	±	+	-	-	-	±
	25	±	±	-	++	-	-	-	++
Trichoderma viride	5	+	+	-	±	-	-	±	-
	10	+	++	±	±	±	-	±	±
	20	+	++	++	+	+	+	-	++
	25	-	++	++	-	+	++	-	++

Примечание: * – отсутствие липазной активности, однако наблюдалась деградация родамина Б. Про – проетазы; Амл – амилазы; Пек – пектиназы; Цел – целлюлазы; Хит – хитиназы; Лип – липазы; Флип – фосфолипазы; β-Гал - β-галактозидазы.

Способность утилизировать разнообразные источники углерода в условиях их дефицита и низких температур в Антарктиде представляет собой выигрышную стратегию, способствующую выживанию организма и его распространению. Селективный отбор микроскопических грибов на континенте идёт в том числе и на способность образовывать разнообразные гликозидазы, способные расщеплять доступные в субстрате полисахариды – целлюлазы, пектиназы, хитиназы, амилазы, а также экзогликозидазы, такие как β-галактозидаза. Эти же ферменты представляют и большой биотехнологический интерес, став важными биокатализаторами в производстве продуктов питания, моющих средств для стирки в холодной воде, в очистке сточных вод и биоремедитации в холодном климате [30].

Практически все исследованные микромицеты способны к секреции амилаз и целлюлаз хотя бы в минимальном количестве. Продуценты пектиназ встречались реже, однако среди исследованных микромицетных грибов более 77% секретировали пектиназы в среду при наличии соответствующего субстрата. Продуценты хитиназ встречались редко и представлены такими таксонами как *Alternaria* sp., *Chaetomium* sp., *Thelobolus* sp., *T. viride.* Интересно отметить также идентификацию нескольких грибов, способных к секреции β-галактозидаз – фермента, гидролизующего дисахарид лактозу, очевидных источников которой, кроме гипотетически антропогенно привнесенных или бактериального происхождения, на континенте нет (см. табл. 3). Также наличие такого типа ферментативной активности может быть дополнительным аргументом в пользу космополитного характера соответствующих микромицетов. Секретируемая β-галактозидазная активность отмечена почти для всех представителей рода *Penicillium, P. pannorum,* st. 2*, Thelobolus* sp., *T. viride.* В дополнение следует отметить, что исследованные микромицеты характеризуются значительной вариабельностью с точки зрения температурных оптимумов продуцирования тех или иных гликозидаз и более пристального внимания заслуживают те, что способны к активной секреции ферментов при низких температурах. Для амилаз это *P. chrysogenum, Penicillium* sp. 1*, P. pannorum* st. 1 и st. 2*, T. viride.* Для целлюлаз – *A. niger*, *C. cladosporioides, C. halotolerans,* часть таксонов рода *Penicillium, P. malorum.*

Важной группой ферментов являются липазы – ферменты, катализирующие гидролиз и синтез длинноцепочечных жирнокислотных субстратов. Эти ферменты безусловно важны в процессах синтеза и структурной организации биомембран. Адаптация психрофильных организмов к низким температурам, таким образом, должна приводить к способности экспрессировать холодактивные липазы со смещенной субстратной специфичностью в область ненасыщенных и полиненасыщенных жирнокислотных субстратов для поддержания адекватной текучести клеточных мембран. С биотехнологической же точки зрения интересны в первую очередь продуценты секретируемых липаз.

Для 12 из 22 исследованных штаммов не выявлено секретируемой липолитической активности во всем диапазоне температур. Однако *Alternaria* sp., *P. chrysogenum, Penicillium* sp. 1*,* sp. 2, sp. 4, sp. 5, *T. viride* таковую демонстрировали с тенденцией к увеличению при повышении температуры культивирования. В этом ряду выделяются *Penicillium* sp. 1 и sp. 2, продемонстрировавшие максимальную продукцию и активность липаз при температуре +20°С с её снижением на более высокой температуре культивирования. Обращают на себя внимание также *C. globosum* st.1 и *C. megalocarpum,* не выделяющие в среду липазы, но способные к утилизации или конверсии ксантенового красителя родамина Б, используемого при скрининге липолитической активности, что выражалось в формировании прозрачных неокрашенных областей вокруг колоний грибов. Такое свойство этих микромицетов делает их заслуживающими внимания объектами для более пристального изучения, обнаруживая потенциал в качестве агентов для биоремедиации промышленных стоков, содержащих родамин Б или схожие красители, представляющие опасность для человека и животных [31].

Также проведена оценка способности микромицетов экспрессировать и секретировать более специфическую группу липаз – фосфолипаз, катализирующих гидролиз фосфолипидов. Способность грибов к секреции фосфолипаз, а в случае антарктических грибов, к секреции фосфолипаз при температурах, сопоставимых с комнатными, может указывать на их потенциальную опасность для человека и членов полярных экспедиций в частности, поскольку выделяемые грибами в окружающую среду ферменты участвуют в разрушении клеточных мембран, являются важными факторами патогенности [31], а исключить вероятность попадания микромицетных грибов в организм полярных исследователей нельзя. По нашим данным, выраженной фосфолипазной активностью при +25°С обладал только *C. globosum* st.1. Для остальных исследованных видов рода она также определялась при данной температуре, но как незначительная или умеренная. Умеренной фосфолипазной активностью при +25°С обла-

дали также *C. halotolerans, Myrothecium verrucaria* st.2, *P. malorum* (см. табл. 3). Таким образом, единственным видом в этом смысле, на который стоит обратить внимание, является *Chaetomium globosum,* поскольку некоторые его штаммы могут обладать высокой фосфолипазной активностью в сочетании с высокой протеолитической активностью при высоких температурах.

Заключение

Антарктические микромицеты представляют собой важную группу микроорганизмов, играющих ключевую роль в поддержании экосистемы материка. Благодаря широкому спектру адаптаций к экстремальным условиям Антарктиды, грибы способны колонизировать все доступные субстраты как естественного, так и искусственного происхождения.

По результатам исследования самыми распространенными порядками микромицетов на изученных субстратах являлись *Eurotiales, Hypocreales* и *Pleosporales*. Микромицеты из родов *Penicillium, Aspergillus* и *Cladosporium* встречались на всех исследуемых субстратах. Микромицеты *Thelebolus* и *Pseudogymnoascus* отмечены как доминантные в пробах почв и субстратах животного происхождения. Проанализировав перечень выделенных видов микромицетов, можно сделать вывод, что микобиота Антарктиды, в основном, состоит из космополитных видов с высоким адаптивным потенциалом. При исследовании температурозависимых особенностей роста у выделенных микромицетов, показано, что большинство видов являются психротолерантными, способными расти в широком диапазоне температур (+10 … +25).

Дальнейшее изучение разнообразия микромицетов Антарктиды позволит исследовать закономерности и особенности адаптационных механизмов эукариотических организмов к экстремальным факторам среды, а также расширить представление о роли грибов в экстремальных экосистемах. Прикладной аспект изучения антарктических микромицетов заключается в поиске психрофильных и психротолерантных видов с высоким биотехнологическим потенциалом.

Для некоторых выделенных микромицетных грибов проведен комплекс исследований, направленных на биохимическое профилирование секреторной ферментативной активности при различных температурах культивирования, что позволяет выявить потенциальных продуцентов биотехнологически значимых ферментов, способных катализировать реакции при низких положительных температурах. С нашей точки зрения, наибольший интерес для оценки параметров наращивания биомассы, количественной оценки накопления ферментов и их ферментативной активности, оценки температурной кинетики реакций, катализируемых соответствующими ферментами, вызывают идентифицированные штаммы *P. pannorum* и *Penicillium* sp.3 как продуценты холодоактивных протеаз, исследованные виды родов *Cladosporium* и отдельные штаммы *Penicillium* как продуценты целлюлаз, *P. pannorum,* st. 2 в качестве продуцента холодоактивных β-галактозидаз, *Penicillium* sp. 1 и sp. 2 как продуценты липаз. Данные штаммы поддерживаются в виде живых культур и будут использованы для обозначенных выше исследований.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержки Президиума Национальной академии наук Беларуси в рамках отдельного проекта фундаментальных и прикладных научных исследований.

Литература

1. Никитин, Д. А. Экологические особенности грибов Антарктиды / Д. А. Никитин // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 2. – С. 79–104.

2. Fungi of Antarctica: Diversity, Ecology and Biotechnological Applications / L. H. Rosa [et al.]. – Switzerland: Springer International Publishing, 2019. – 345 p.

3. Кирцидели, И. Ю. Почвообитающие микроскопические грибы в экосистемах Арктики и Антарктики: дис. … докт. биол. наук: 03.02.12 / БИН РАН. – СПб, 2019. – 459 с.

4. Cold and hot extremozymes: industrial relevance and current trends / F. Sarmiento [et al] // Front. Bioeng. Biotechnol. – 2015. – Vol. 3. – Art. 148.

5. Feller, G. Protein folding at extreme temperatures: current issues / G. Feller // Semin. Cell Dev. Biol. – 2018. – Vol. 84. – P. 129–137.

6. Cold-adapted enzymes produced by fungi from terrestrial and marine Antarctic environments / A. W. F. Duarte [et al.] // Crit. Rev. Biotech. – 2017. – Vol. 38, № 4. – P. 600–619.

7. Билай, В. И. Определитель токсинообразующих грибов / В. И. Билай, З. А. Курбацкая. – Киев: Навукова думка, 1990. – 236 с.

8. Билай, В. И. Аспергиллы / В. И. Билай, Э.З. Коваль. – Киев: Наукова думка, 1988. – 204 с.

9. Литвинов, М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – Л.: Наука, 1967. – 303 с.

10. Саттон Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. – М.: Мир, 2001. – 468 с.

11. Domsch K. H. Compendium of soil fungi, 2nd ed. / K. H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson. – Germany: IHW-Verlag Eching, 2007. – 672 p.

12. Search Index Fungorum [Electronic resource] : Index Fungorum database. – Mode of access: https://www.indexfungorum.org/. – Date of access: 16.10.2024.

13. Mycobank [Electronic resource] : Fungal database, nomenclature & species bank. – Mode of access: https://www.mycobank.org/ – Date of access: 16.10.2024.

14. Юрченко, Е. О. Основы молекулярного маркирования грибной ДНК. Практическое руководство / Е. О. Юрченко, М. Г. Синявская; Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2007. – 101 с.

15. Hirata, T. Nucleotide diversity of rDNA internal transcribed spacers extracted from conidia and cleistothecia of several powdery mildew fungi / T. Hirata, S. Takamatsu // Mycoscience. – 1996. – Vol. 37, № 3. – P. 283–288.

16. BLAST [Electronic resource] : National Center for Biotechnology Information. – Mode of access: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/ – Date of access: 16.10.2024.

17. A novel source of fibrinolytic activity: Bionectria sp., an unconventional enzyme- producing fungus isolated from Las Yungas rainforest (Tucumán, Argentina) / J. I. Rovati [et al] // World J. Microbio.l Biotechnol. -2010. – Vol. 26. – P. 55–62.

18. Hankin, L. The use of solid media for detection of enzyme production by fungi / L. Hankin, S. L. Anagnostakis // Mycol. – 1975. - Vol. 67. – P. 597–607.

19. Teather, R. M. Use of congo-red polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulozalytic bacteria the bovine rumen / R. M. Teather, P. J. Wood // Appl. Environ Microbiol. – 1982. – V. 43. – P. 777–780.

20. Kouker, G. Specific and sensitive plate assay for bacterial lipases / G. Kouker, K. E. Jaeger // Appl. Environ. Microbiol. – 1987. – Vol. 53, No 1. – P. 211–213.

21. Price, M.F. Plate method for detection of phospholipase activity in Candida albicans / M.F. Price, I.D. Wilkinson, L.O. Gentry // Sabouraudia – 1982. – Vol. 20. – P. 7 – 14.

22. b-Galactosidase production by the psychrotolerant yeast Guehomyces pullulans 17-1 isolated from sea sediment in Antarctica and lactose hydrolysis / S. Chunli [et al] // Bioprocess. Biosyst. Eng. – 2010. – Vol. 33. – P. 1025–1031.

22. Видовой состав микромицетов станций «Прогресс», «Новолазаревская», «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида) / В. В. Карманова [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2023. – Т. 68, № 2. – С. 114–123.

23. Особенности видового состава грибов на растительных и животных субстратах станции «Прогресс» (Восточная Антарктида) / В. В. Карманова [и др.] // Экспериментальная биология и биотехнология. – 2023. – Вып. 1. – С. 41–46.

24. Молекулярно-биологическое исследование микромицетов служебно-жилых модулей станций «Гора Вечерняя» и «Мирный» (Восточная Антарктида) / В. В. Карманова [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика: сборник научных трудов / Институт генетики и цитологии НАН Беларуси. – 2022. – Т. 33. – С. 129–136.

25. Antarctic yeasts as a source of enzymes for biotechnological applications / M.M. Martorell [et al.] // Fungi of Antarctica ; edit. L.H. Rosa. – Springer. – 2019. – Ch. 13. – P. 285–304.

26. Mašinova, T. Forest soil yeasts: Decomposition potential and the utilization of carbon sources / T. Mašinova, A. Yurkov, P. Baldrian // Fungal Ecol. – 2018. – Vol. 34 – P. 10–19.

27. Fungi from Admiralty Bay (King George Island, Antarctica) Soils and Marine Sediments / L. C. P. Wentzel [et al.] // Microb. Ecol. – 2018. – Vol. 77. – P. 12–24.

28. Extracellular hydrolase enzyme production by soil fungi from King George Island, Antarctica / A. Krishnan [et al.] // Polar Biol. – 2011. – Vol. 34. – P. 1535–1542.

29. Structural adaptation and biocatalytic prospective of microbial cold-active α-amylase / M. Kuddus [et al] // Afr. J. Microbiol. Res. – 2012. – Vol. 6. – P. 206–213.

30. Biodegradation of textile dye Rhodamine-B by Brevundimonas diminuta and screening of their breakdown metabolites / S. Saravanan [et al.] // Chemosphere. – 2022. – Vol. 308. – P. 136266.

31. Фосфолипазы оппортунистических грибов: их возможная роль в патогенезе и диагностике микозов / Т. И. Карпунина [и др.] // Проб. мед. мик. – 2006. – Т. 8, № 4. – С. 41–46.

Поступила в редакцию 28.10.2024 г.

УДК 582.288.22

И. А. ФЕДЮШКО, В. Д. ПОЛИКСЕНОВА

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПИКНИДИАЛЬНЫХ СЕПТОРИОПОДОБНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. В работе представлена история изучения пикнидиальных септориоподобных микромицетов Беларуси. Кратко охарактеризована морфология, а также показан таксономический родовой состав этой группы. Представлен список видов и внутривидовых таксонов, которые указываются по данным литературы для Беларуси и опубликованы за последние чуть больше 110 лет.

Ключевые слова: грибы, пикнидиальные септориоподобные микромицеты, история микологии Беларуси.

I. A. FIADZIUSHKA, Val. D. POLYKSENOVA

STUDY HISTORY OF PYCNIDIAL SEPTORIA-LIKE MICROMYCETES IN BELARUS

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

Annotation. The article presents the study history of pycnidial Septoria-like micromycetes of Belarus. The morphology is briefly characterized. The taxonomic generic composition of this group is shown. A list of species and intraspecific taxa has been compiled. They are indicated according to literature data for Belarus and have been published for the past more than 110 years.

Key words: fungi, pycnidial *Septoria*-like micromycetes, mycology history of Belarus.

Введение

Исследование биоты Беларуси является одним из векторов формирования устойчивого развития республики. Изучением таксономического разнообразия в пределах разных царств живых организмов в тех или иных аспектах занимаются специалисты из различных областей биологии. Не исключением являются грибы и грибоподобные организмы, видовое разнообразие которых, по мнению белорусских микологов, предположительно может превышать 10000 видов [1, 2].

Среди очень разнообразной и гетерогенной группы микромицетов, которые являются вездесущими и занимают самые разные экониши, в нашей стране слабоизученными остаются септориоподобные целомицеты в широком смысле. Эти грибы включают множество таксонов видового и родового рангов, которые объединены между собой формой конидий: виды с разнообразием вариаций сколекококонидий, вытянутых цилиндрических дидимо- и даже армероконидии. Однако стоит отметить, что морфологически (по конидиогенному аппарату) и филогенетически они являются гетерогенными грибами и образуют полифилитическую группу микромицетов.

Среди этих целомицетов выделяют так называемые подгруппы, которые различаются по типу конидиомы [3]: пикнидиальные (*Septoria*, *Megaloseptoria*, *Zymoseptoria*), ацервулярные (*Pseudocercospora*, *Cylindrosporium*) и строматические (*Septocyta*, *Stictosepta*).

Самой крупной подгруппой септориоподобных целомицетов является подгруппа видов с пикнидиальным типом конидиомы (рис.) – пикнидиальные септориоподобные микромицеты.

Пикнидиальные формы септориоподобных микромицетов являются чрезвычайно широко распространенными в мире грибами. Они встречаются на всех континентах, отмечаются на разнообразных растительных субстратах [3–9]. Вызывают опасные заболевания растений и постоянно находятся в поле зрения специалистов разного профиля [7–10] – прежде всего, фитопатологов и систематиков. Большинство видов этих грибов являются паразитами дикорастущих и культивируемых растений, а также бурых водорослей. Некоторые из них – сапротрофы. Известен один вид гиперпаразита, развивающийся в пустулах ржавчиных грибов [9, 11].

Кроме того, ряд видов являются чужеродными для микобиоты нашей страны и могут представлять угрозу устоявшимся, редким, охраняемым фитоценозам Беларуси [12–16]. Ряд видов используются одновременно как продуценты ценных БАВ (*Septoria cirsii*) [17], которые применяются для контроля сорных растений в агрофитоценозах, а также защиты культур от фитопато-

генных микроорганизмов (*Stagonospora convolvuli*) [18].

Исходя из морфологии изучаемой группы микромицетов, к этим грибам относятся следующие роды: *Acervuloseptoria* [19], *Aristastoma* [20], *Caryophylloseptoria* [4], *Ceratopycnis* [21], *Chaetoseptoria* [22], *Cylindroseptoria* [3], *Cytostagonospora* [23], *Dearnessia* [24], *Eriospora* [25], *Fitzroyomyces* [26], *Haudseptoria* [27], *Hippopotamyces* [28], *Jahniella* [29], *Keissleriella* [30], *Kellermania* [31], *Longiseptatispora* [6], *Megaloseptoria* [32], *Neokamalomyces* [33], *Neoseptoria* [6], *Neostagonospora* [3], *Nothoseptoria* [6], *Paraleptosphaeria* (syn. *Acicuseptoria*) [3], *Parastagonospora* [3], *Phacidiella* [34], *Phaeosphaeria* (*Phaeoseptoria*) [35], *Piptarthron* [36], *Polyphialoseptoria* [3], *Pseudoseptoria* [37], *Rhabdospora* [38], *Ruptoseptoria* [3], *Sclerostagonospora* [39], *Septoria* [3, 38], *Setoseptoria* [3], *Sphaerographium* [38], *Sphaerulina* [40], *Stagonospora* [38, 41], *Stenocarpella* [42], *Stromatoseptoria* [3], *Topospora* [43], *Trichoseptoria* [8, 44], *Umthunziomyces* [45], *Vrystaatia* [3], *Xenoseptoria* [3], *Xenosonderhenia* [46], *Zymoseptoria* [5].

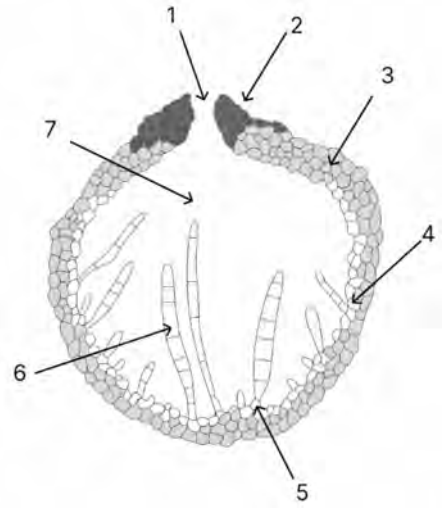


Рис. Строение пикниды на примере грибов р. *Septoria*: 1 – порус; 2 – остиоллюм (устьице, сосочек); 3 – клетки внешней стеки конидиомы; 4 – клетки внутренней стенки конидиомы; 5 – конидиогенная клетка; 6 – конидия; 7 – полость пикниды

Fig. The structure of a pycnida using the example of fungi of the genus *Septoria*: 1 – porus; 2 – ostiollum (stoma or papilla with porus); 3 – cells of the outer stack of conidiomata; 4 – cells of the inner wall of the conidiomata; 5 – conidiogenic cell; 6 – conidium; 7 – pycnidal cavity

Объекты (материалы) и методы исследования
Результаты исследований и их обсуждение

В Беларуси изучением пикнидиальных септориоподобных микромицетов занимались в рамках разнообразия фитопатогенных грибов конкретной местности. В подобных исследованиях эти микромицеты встречались в списках микобиоты лишь эпизодически среди достаточно хорошо изученных групп грибов. Они отмечены в работах A. Kastory [47], Г. Н. Дорогина [48], С. Ю. Шембеля [49], Л. А. Лебедевой [50, 51], М. Н. Медиша [52], С. М. Тупеневича [53, 54], Z. Tumiłowiczówna [55], В. Н.Бондарцевой-Монтеверде, Н. И. Василевского, Б. П. Каракулина, В. Ф. Купревича, А. И. Райлло, С. М. Тупеневича [10], Н. А. Дорожкина, В. И. Нитиевской, Н. И. Чекалинской, С. И. Бельской [56–58, 59], С. В. Горленко, Н. А. Панько [60], Д. Б. Беломесяцевой, Т. Г. Шабашовой, С. И. Кориняка [61–75], Н. А. Склименок [76], И. С. Гириловича, М. А. Джуса, Н. А. Лемезы, В. Д. Поликсеновой, С. Г. Сидоровой, М. А. Стадниченко, М. Н. Федорович, А. К. Храмцова, а также студентов, специализирующихся на кафедре ботаники БГУ [12–16, 77–104].

Кроме того, незначительное число видов пикнидиальных септориоподобных грибов, отмеченных на территории Беларуси, упоминается в работах З. М. Бызовой, М. П. Васягиной, Н. Г. Деевой, Б. К. Калымбетова, Н. Ф. Писаревой, С. Р. Шварцман (Казахстан) [7] и Д. Н. Тетеревниковой-Бабаян (Армения) [9].

Анализ изученной литературы показал, что на территории Беларуси в период с 1912 по 2024 гг. зарегистрировано 214 видов из 12 родов пикнидиальных септориоподобных микромицетов (табл.) в следующем соотношении: *Caryophylloseptoria* – 1 вид, *Longiseptatispora* – 1 вид, *Megaloseptoria* – 1 вид, *Nothoseptoria* – 1 вид, *Parastagonospora* – 2 вида, *Phaeoseptoria* – 1 вид, *Pseudoseptoria* – 1 вид, *Rhabdospora* – 8 видов, *Septoria* – 166, *Sphaerulina* – 7 видов, *Stagonospora* – 23 вида, *Zymoseptoria* – 2.

Как видно из таблицы, часть видов перенесена в телеоморфные роды сумчатых грибов (рр. *Sphaerulina*, *Sphaeria*), в связи с молекулярной ревизией р. *Septoria* s.l. [3–6]. Часть видов перенесена в другие анаморфные роды микромицетов с описанием новых таксонов: *Caryophylloseptoria, Longiseptatispora*, *Nothoseptoria, Parastagonospora, Stagonospora, Zymoseptoria.*

Таблица. Список видов пикнидиальных септориоподобных микромицетов, отмеченных в Беларуси

Table. Species's list of pycnidial Septoria-like micromycetes recorded in Belarus

Названия, встречающиеся в литературе	Валидное название по международной базе данных Mycobank
Род *Megaloseptoria*	
M. mirabilis Naumov [62]	*Gemmamyces piceae* (Borthw.) Casagr. – телеоморфа; *Megaloseptoria mirabilis* Naumov – анаморфа.
Род *Phaeoseptoria*	
Ph. arundinacea (Sacc.) Jørst. [7]	*Septoria arundinacea* Sacc.
Род *Rhabdospora*	
Rh. arenariae Hollós [58]	
Rh. bresadolae Allesch. [1,71]	
Rh. curva P. Karst. [10]	*Selenophoma curva* (P. Karst.) Petr.
Rh. oudemansii Henn. [10]	
Rh. uniseptata Bubák & Wróbl. [66, 75]	
Род *Septoria*	
S. aegopodii Desm. [9, 53, 55, 77, 78, 82, 87, 96, 98]	
S. aesculina Thüm. [61, 63]	
S. affinis Sacc. [9, 10]	
S. agrestis Sacc. [10, 49]	*Septoria elym*i Ellis & Everh.
S. agrimoniae-eupatoriae E. Bommer & M. Rousseau [55]	
S. agropyri Ellis & Everh. [9, 10]	*Septoria elymi* Ellis & Everh.
S. agropyri-elongati Lobik [9, 10]	
S. agropyrina Lobik [10]	
S. albanica Petr. [9, 10]	
S. albopunctata Cooke [92]	
S. alliicola Bäumler [7]	
S. alopecuri (P. Karst.) P. Syd. [9, 10]	*Septoria bromi* Sacc.
S. alopecuri var. *phalaridis* (Trail) Grove [10]	*Phaeoseptoria phalaridis* (Trail) R. Sprague
S. ampelina Berk. & M.A. Curtis [92]	
S. amygdali (Desm.) Mussat [92]	*Polystigma rubrum* (Pers.) DC.
S. anemones Desm. [66, 72, 73, 75]	
S. annua Ellis & Everh. [10]	
S. anthyllidis Sacc. [1]	
S. apii Chester [9]	*Septoria apiicola* Speg.
S. aquilegiae Ellis & Kellerm. [9]	
S. ari Desm. [1, 68]	*Aecidium ari* Desm.
S. artemisiae Pass. [1, 77, 78, 82]	
S. arundinacea Sacc. [9, 10, 79, 80, 82]	*Septoria arundinacea* Sacc.
S. arundinacea var. *major* Sacc. [10]	
S. arundinacea var. *minor* Lobik [10]	
S. arundinis Mont. [10]	
S. asari Sacc. [1, 77, 78, 82]	*Rhabdospora asari* (Sacc.) Petr.
S. ascochytoides Sacc. [1, 71]	
S. astragali f. *robiniae* Nagorny [63]	*Septoria astragali* Roberge ex Desm.
S. astragali Roberge ex Desm. [9, 53, 55, 61, 82]	
S. avenae A.B. Frank [7, 9, 10, 49, 82]	*Parastagonospora avenae* (A.B. Frank) Quaedvl., Verkley & Crous
S. bellunensis Speg. [9]	*Stagonospora bellunensis* (Speg.) Jørst.
S. berberidis Niessl [1, 68, 70]	*Sphaerulina berberidis* (Niessl) Quaedvl., Verkley & Crous – анаморфа
S. betae Westend. [82]	
S. bidentis Sacc. [47]	
S. brachypodii Pass. [9, 10]	
S. brachypodii Rostr. [10]	*Septoria brachypodina* O. Rostr.
S. brachypodiicola Brunaud [9]	
S. brachypodina Rostr. [9]	*Septoria brachypodina* O. Rostr.
S. briosiana Moretti [9, 10]	
S. brissaceana Sacc. & Letell. [79, 80, 82]	

Названия, встречающиеся в литературе	Валидное название по международной базе данных Mycobank
Septoria bromi Sacc. [7, 9, 10]	
S. bromi var. *brachypodii* [10]	*Septoria vestergrenii* Picb.
S. bromi var. *brizae* [10]	*Septoria bromi* Sacc.
S. bromigena Sacc. [7, 9, 10]	
S. brunellae Ellis & Holw. [49]	
S. brunneola Berk. [69]	
S. calamagrostidis (Lib.) Sacc. [9, 11, 49]	
S. callae (Lasch ex Rabenh.) Sacc. [1, 47, 68, 79, 80, 82]	
S. callistephi Gloyer [13, 15, 79, 80, 88, 92]	
S. cannabis (Lasch) Sacc. [59, 53]	
S. caraganae Henn. [92. 102]	*Nothoseptoria caraganae* (Henn.) Crous & Bulgakov
S. cercosporoides Trail [60]	
S. chaerophylli Bres. [77]	
S. chelidonii (Lib.) Desm. [1, 13, 53, 55, 66, 68, 75, 77, 78, 80, 82, 83, 84, 88–92, 94, 96, 98–100, 103]	
S. chrysanthemi Allesch. [79, 80, 82, 100]	
S. cirsii Niessl [53, 77, 82]	
S. convolvuli Desm. [53, 55, 71, 79, 80, 82, 92, 94, 102]	
S. cornicola (DC.) Desm. [9, 50]	
S. corni-maris Sacc. [98]	
S. cristati Hollós [7, 10]	
S. cucurbitacearum Sacc. [9, 12, 53, 55, 77, 82, 92]	
S. culmifida Lind [7, 10]	*Lunospora culmifida* (Lind) Frandsen
S. curva P. Karst. [9]	
S. curvula Woron. [10]	
S. cydoniae Fuckel [61, 63]	
S. dearnessii Ellis & Everh. [1, 68]	
S. degasperiana Sacc. [9, 10]	
S. demidovae Lavrov [9]	*Septoria falcispora* Bubák
S. dianthi (Alb. & Schwein.) Desm. [82, 102]	
S. diedickeana Baudys & Picb. [7, 9, 10]	
S. donacis Pass. [9, 10]	*Pseudoseptoria Donacis* (Pass.) B. Sutton
S. drummondii Ellis & Everh. [60]	
S. elaeospora Sacc. [1]	
S. elymi Ellis & Everh. [9, 10]	*Septoria elymi* Ellis & Everh.
S. elymicola Died. [9, 10]	
S. elymi-europaei Jaap [10]	
S. epigeios Thüm. [10]	
S. erigerontis Peck [97]	
S. euphorbiae Desm. [9, 50]	*Rhabdospora thuemeniana* (Pass.) Sacc.
S. expansa Niessl [9, 49]	
S. falcispora Bubák [10]	
S. festucae Died. [7, 9, 10]	
S. festucae-silvaticae Died. [10]	
S. festucina Tehon & E.Y. Daniels [10]	
S. ficariae Desm. [77, 82]	
S. fragariae (Desm.) Sacc. [9, 49, 82]	*Septoria fragariae* (Desm.) Sacc.
S. fragariae var. *fragariae* Desm. [9]	
S. fusispora Died. [9, 10]	
S. galeopsidis Westend. [47, 77, 82]	
S. gei Roberge ex Desm. [82, 99]	*Sphaerulina gei* (Roberge ex Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. gladioli Pass. [9]	
S. glumarum Pass. [49]	*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous – comb. nov.
S. glycines Hemmi [1]	
S. gracilis Pass. [9, 10]	
S. graminum Desm. [7, 9, 10, 53, 82, 89]	*Mycosphaerella recutita* (Fr.) Johanson – телеоморфа *Septoria graminum* Desm. – анаморфа

Названия, встречающиеся в литературе	Валидное название по международной базе данных Mycobank
Septoria grossularia (Lib.) Westend. [9, 82]	
S. guevillensis Sacc. [61, 63]	*Septoria quevillensis* Sacc.
S. helianthi Ellis & Kellerm. [92]	
S. hepaticae Desm. [1, 66, 72, 73, 75, 77, 82]	*Sphaeria hepaticicola* Duby – телеоморфа *Septoria hepaticae* Desm. – анаморфа
S. heraclei (Lib.) Desm. [50, 77, 78]	
S. hippocastani Berk. & Broome [9, 55, 61, 63]	
S. hippophaës Roberge ex Desm. [61]	
S. hispanica D.N. Babajan & Bokhjan [9]	*Septoria agropyrina* Lobik
S. holci Pass. [9, 10]	*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous
S. hordei Jacz. [9, 10, 82]	
S. humuli (Westend.) Westend. [77]	
S. hyalospora (Mont. & Ces.) Sacc. [55]	*Cryptosporium hyalosporum* Mont. & Ces.
S. hydrangeae Bizz. [13, 15, 92]	
S. hyperici Roberge ex Desm. [1, 9, 66, 68, 75]	*Sphaerulina hyperici* (Roberge ex Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. jaapii Bres. [97]	
S. lachastreana Sacc. & Letendre [1, 67, 68, 70]	
S. lamiicola Sacc. [77, 82]	
S. leersiae Pass. [9, 10]	
S. levistici Westend. [1, 53, 68, 70]	
S. ligustri (Roberge ex Desm.) J.J. Kickx [61, 63]	
S. linicola (Speg.) Garass. [82, 89]	
S. littoralis f. *culmicola* Gonz. Frag. [10]	*Septoria littoralis* Speg.
S. littoralis Speg. [9, 10]	
S. lolii (Castagne) Sacc. [9, 10]	*Rhabdospora lolii* Castagne
S. longispora Bondartsev [79, 82, 92, 98, 102]	
S. lunata Grove [11]	*Lunospora lunata* (Grove) Frandsen
S. lupini Harkn. [1, 9, 13, 14, 56, 57, 77, 80, 82, 88, 93, 99, 102]	
S. lychnidis Desm. [60, 82, 99]	*Caryophylloseptoria lychnidis* (Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov.
S. lycopersici Speg. [1, 9, 12–14, 52, 53, 55, 59, 77, 82, 89]	
S. lycopi Pass. [9, 50]	
S. lysimachiae (Lib.) Westend. [1, 9, 66, 71, 75]	
S. macropoda Pass. [9]	
S. magnoliae Cooke [1, 68, 70]	
S. maianthemi Westend. [66, 71, 75]	
S. majalis Aderh. [1]	
S. malvicola Ellis & G. Martin [55]	
S. martianoffiana Thüm. [1, 64, 68, 70]	
S. maydis Schulzer & Sacc. [9, 10, 92]	
S. maydis var. *major* Panas. [10]	*Septoria maydis* Schulzer & Sacc.
S. medicaginis Roberge ex Desm. [1, 57, 58]	
S. melanosa Elenk [12, 13, 15, 82, 84, 90, 92]	*Septoria ampelina* Viala & Ravaz
S. melicae Pass. [7, 10]	
S. meliloti (Lasch ex Rabenh.) Sacc. [1, 9, 53, 57, 58]	*Longiseptatispora meliloti* (Lasch ex Rabenh.) L.W. Hou & Crous
S. menthae Oudem. [55]	
S. moliniae P. Syd. [9, 10]	
S. nebulosa Desm. [9, 10]	*Rhabdospora nebulosa* (Desm.) Sacc.
S. neglecta Earle [10]	
S. nodorum (Berk.) Berk. [10, 13, 82, 92]	*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous
S. nymaniana Sacc. [9, 10]	
S. oenotherae (Rabenh.) Westend. [1, 55, 67, 68, 71, 82–84, 90, 92, 97, 102]	
S. onobrychidis Bondartsev [1, 57, 58]	
S. oreoselini Sacc. [55, 77]	*Ascochyta oreoselini* Lasch
S. origanicola Allesch. [1, 65, 67, 68]	
S. oxyspora Penz. & Sacc. [9, 10]	*Selenophoma oxyspora* (Penz. & Sacc.) Lavrov
S. oxyspora var. *culmorum* Grove [10]	

Названия, встречающиеся в литературе	Валидное название по международной базе данных Mycobank
Septoria padi Lasch [61, 77]	*Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx
S. paeoniae Westend. [9, 49, 101]	
S. paludosa Kabát & Bubák [9, 10]	
S. panici-miliacei Zybina [10]	
S. passerinii Sacc. [9, 10]	*Zymoseptoria passerinii* (Sacc.) Quaedvl. & Crous
S. pastinacae Westend [77]	
S. penzigii Cocc. & Morini [49]	
S. petroselini (Lib.) Desm. [12, 53, 77, 82, 91, 92]	
S. phleina Baudys & Picb. [7, 10]	
S. phlogina Bondartsev [60]	
S. phlogis Sacc. & Speg. [9, 47, 82, 99]	
S. phlyctaeniformis Bubák & Kabát [1, 68]	
S. phragmitis Sacc. [9, 10]	
S. phyllachoroides Pass. [7, 9, 10]	
S. pisi Westend. [9, 53]	
S. poae-annuae Bres. [10]	
S. poae-annuae f. *septulata* (Gonz. Frag.) R. Sprague [10]	*Septoria macropoda* Pass.
S. poae-trivialis Cocc. [9, 10]	
S. podagrariae Lasch [9, 47, 49, 50, 55, 71, 77, 79, 80, 82–84, 90, 94, 97]	*Septoria aegopodii* Desm.
S. polygonicola (Lasch) Sacc. [9, 47, 50, 53, 82, 95, 97]	
S. polygonina Thüm. [9, 53, 79, 80]	
S. polygonorum Desm. [47, 79, 80, 82, 89, 97, 99]	
S. populi Desm. [55, 77, 81–84, 101, 102]	*Sphaerulina frondicola* (Fr.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. pseudoplatani Roberge ex Desm. [47]	*Sphaerulina aceris* (Lib.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. pyricola Desm. [1, 9, 48, 50, 53, 55, 77–80, 82–85, 90, 93, 96, 97, 99]	
S. pyrina Sawada [98]	
S. quercina Desm. [9, 53, 55, 61, 74]	*Diatrypella quercina* (Pers.) Cooke – телеоморфа *Septoria quercina* Desm. – анаморфа
S. ranunculacearum Lév. [53]	
S. ribis (Lib.) Desm. [7, 9, 49, 53, 55, 77, 82–84, 89, 99]	
S. robiniae (Lib.) Desm. [60, 92, 102]	
S. rubi Westend. [53, 59, 77, 82]	*Sphaerulina westendorpii* Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. rumicis Ellis [55]	
S. salicicola (Fr.) Sacc. [55]	*Mycosphaerella salicicola* (Fr.) Johanson ex Oudem. – телеоморфа *Septoria salicicola* (Fr.) Sacc. – анаморфа
S. saponariae (Fr.) Savi & Becc. [49]	*Naemaspora epiphylla* DC. – телеоморфа *Septoria saponariae* (Fr.) Savi & Becc. – анаморфа
S. rosae Desm. [77, 82]	
S. scabiosicola Desm. [9, 49, 50, 55, 71, 77, 82, 93]	*Septoria scabiosicola* (Desm.) Desm.
S. secalina (Jancz.) Sacc. [10]	*Phoma secalina* Jancz.
S. secalis Prill. & Delacr. [7, 9, 10, 82]	
S. sedi Westend. [52, 97, 52]	
S. sibirica Thüm. [55]	
S. simplex (J. Schröt.) Sacc [9, 10]	*Hendersonia simplex* J. Schröt.
S. smithiana Trotter [10]	*Septoria bromi* Sacc.
S. socia Pass. [60]	*Sphaerulina socia* (Pass.) Verkley, Quaedvl. & Crous comb. nov. – анаморфа
S. sorbi (Ces.) Fuckel [1]	?
S. stachydis Roberge ex Desm. [66, 75]	
S. stenactidis Vill [13, 14, 79, 80, 82, 88, 92, 102]	*Septoria erigerontis* Peck
S. sylvatica Pass [9, 10]	
S. syringae Sacc. & Speg. [1]	
S. tanaceti Niessl [9, 13, 80, 82, 83, 84, 88]	

Названия, встречающиеся в литературе	Валидное название по международной базе данных Mycobank
Septoria tenella Cooke & Ellis [9]	
S. tiliae Westend. [82]	
S. tormentillae Roberge ex Desm. [55]	
S. trientalis (Lasch ex Rabenh.) Sacc. [9, 49, 55, 66, 75, 77, 82]	
S. trifolii Ellis [57]	
S. trifolii-scabri Unamuno [1]	
S. tritici Desm. [7, 9, 10, 13, 76, 82, 92]	*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. & Crous
S. triticicola Lobik [10]	
S. triticina Lobik [7, 9]	
S. trollii Sacc. & G. Winter [1, 67, 68]	*Pseudocercosporella trollii* (Sacc. & G. Winter) U. Braun
S. umbelliferarum Kalchbr. [53]	
S. triticina Unamuno [10]	*Septoria unamunoi* V.Bond.-Mont.*
S. urticae Roberge ex Desm. [9]	
S. valerianae Sacc. & Fautrey [9]	
S. viciae (Lib.) Westend. [79, 80, 82]	*Ascochyta viciae* Lib.
S. virgaureae (Lib.) Desm. [1, 9, 49, 55, 68, 70, 82]	
S. weissii Allesch. [9, 47, 51]	
S. xylostei Sacc. & G. Winter [55]	
S. zeae G.L. Stout [10]	
S. zeicola G.L. Stout [10]	
S. zeina G.L. Stout [9, 10]	
Род *Stagonospora*	
St. agrostidis Syd. [10]	
St. albanica Petr. [10]	
St. arenaria (Sacc.) Sacc. [10]	
St. arundinis (Cooke) Sacc. [10]	
St. ascochytoidea Petr. [10]	
St. atriplicis (Westend.) Lind [79, 80]	*Stagonospora atriplicis* (Westend.) Lind – анаморфа
St. brachypodii Died. [10]	
St. bromi A.L. Sm. & Ramsb. [10]	
St. compta (Sacc.) Died. [1, 58]	*Septoria compta* Sacc.
St. elegans (Berk.) Sacc. [10]	
St. foliicola (Bres.) Bubák [10]	
St. glyceriae Roum. & Fautrey [10]	
St. graminella (Sacc.) Sacc. [10, 77]	*Hendersonia lophioides* Sacc.
St. graminella var. *lophioides* Sacc. [10]	
St. hydrophila Briard & Har. [10]	
St. hyperici Kuznetzova [1, 68]	
St. leersiae Petr. [10]	
St. glyceriae Kupka [10]	*Stagonospora kupkae* v. Bond.-Mont.*
St. meliloti (Lasch ex Rabenh.) Petr. [57, 58]	*Longiseptatispora meliloti* (Lasch ex Rabenh.) L.W. Hou & Crous
St. moliniae (Trail) Died. [10]	
St. mucipara Sacc. [10]	
St. neglecta (Westend.) Sacc. [10]	*Stagonospora neglecta* (Westend.) Sacc.
St. neglecta var. *colorata* Brunaud [10]	
St. opizii Kupka [10]	
St. simplicior Sacc. & Briard [10]	
St. smolandica A.G. Eliasson [10]	
St. subseriata (Desm.) Sacc. [10]	
St. vexata Sacc. [10]	*Stagonospora vexata* Sacc.
St. vexata var. *baldingerae* Sacc. [10]	
St. vexatula (Sacc.) Sacc. [10]	
Примечания: «?» – информация о таксоне отсутствует в базах данных; «*» – таксоны, которые не приводятся в базах данных, но их первоописания приведены в литературе.	

Незначительная часть видов перенесена в роды, которые не являются объектом нашего исследования: *Aecidium, Ascochyta, Cryptosporium, Hendersonia*, *Polystigma, Selenophoma.* Что касается видов, которые относятся к р. *Lunospora*, по данным Франдсена, – это *Septoria culmifida* Lind. и *S. lunata* Grove, то перенос и выделение их в самостоятельный род ещё является открытым вопросом. Некоторые виды (*Stagonospora kupkae* v. Bond.-Mont., *Septoria unamunoi* V.Bond.-Mont.) по каким-то причинам вовсе не цитируются в мировых микологичсеских базах, хотя их диагнозы и номенклатурные комбинации приведены в литературе [10].

Заключение

Таким образом, составленный список видов пикнидиальных септориоподобных микромицетов может являться отправной точкой в более детальном изучении видового разнообразия этих грибов. К сожалению, из вышеперечисленных видов далеко не все подтверждены гербарными образцами в гербарном фонде Республики Беларусь.

По ряду номенклатурных комбинаций для видов в перспективе предстоит более детальное изучение, т.к. для большинства таксонов этой группы микромицетов ещё не было проведено молекулярных исследований. Соответственно, таксономическое разнообразие пикнидиальных септориоподобных микромицетов в будущем может, как сократиться, так и, наоборот, увеличиться.

Опираясь на вышеизложенный список, в дальнейшем можно будет анализировать видовой состав этой группы в ходе изучения разнообразия грибов и грибоподобных организмов нашей страны.

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).

Литература

1. Макромицеты, микромицеты и лихенизированные грибы Беларуси. Гербарий Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревич (MSK-F, MSK-L) / О.С. Гапиенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – 501 с.

2. Беломесяцева, Д. Б. Флора Беларуси. Грибы. В 7 т. т.2. Анаморфные грибы. Кн. 1. Тёмноокрашенные гифомицеты / Д. Б. Беломесяцева, Т. Г. Шабашова. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 162 с.

3. Sizing up Septoria / W. Quaedvlieg [et al.] // Stud Mycol. – 2013. –Vol. 75(1). – P. 307–90. DOI: 10.3114/sim0017. PMID: 24014902; PMCID: PMC3713890.

4. A new approach to species delimitation in *Septoria*. / G. J. Verkley [et al.] // Stud Mycol. – 2013. – Vol. 75(1). – P. 213–305. DOI: 10.3114/sim0018. PMID: 24014901; PMCID: PMC3713889.

5. *Zymoseptoria* gen. nov.: a new genus to accommodate *Septoria*-like species occurring on graminicolous hosts / W. Quaedvlieg [et al.] // Persoonia. – 2011. – Vol. 26. – P. 57–69. DOI: 10.3767/003158511X571841. Epub 2011 Apr 5. PMID: 22025804; PMCID: PMC3160802.

6. New and Interesting Fungi. 3 / P. W. Crous [et al.] // Fungal Syst Evol. – 2020. – Vol. 6. – P. 157–231. DOI: 10.3114/fuse.2020.06.09. Epub 2020 May 12. PMID: 32904192; PMCID: PMC7452156.

7. Флора споровых растений Казахстана. Несовершенные грибы – Fungi Несовершенные (Deuteromycetes). 3. Sphaeropsidales, B. 5. / З. М. Бызова [и др.]. – Алматы: АН Казахской ССР, «Наука», Казахская ССР, 1970. – 557 с.

8. Sutton, B. C. The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata / B. C. Sutton. – England: Common wealth Mycological Institute, Kew, 1980 – 696 с.

9. Тетеревникова-Бабаян, Д. Н. Грибы рода *Septoria* в СССР / Д. Н. Тетеревникова-Бабаян. – Ереван: АН АрмССР, 1987. – 479 с.

10. Определитель паразитных грибов по питающим растениям флоры БССР. Паразиты злаков / В. Бондарцева-Монтеверде [и др.]. – Минск: Академия наук БССР, 1938. – 297 с.

11. Марланд, А. А. Критический обзор рода Septoria применительно к флоре Эстонии / А. А. Марланд. – Татру. – 1948. – 224 с.

12. Храмцов, А. К. Чужеродные для условий Беларуси фитопатогенные микромицеты на некоторых хозяйственно полезных растениях / А. К. Храмцов [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 203–194.

13. Поликсенова, В. Д. Чужеродные фитопатогенные микромицеты Беларуси / В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов // Вестник БГУ. – 2015. – Вып. 3 (2). – С. 43–48.

14. Поликсенова, В. Д. К вопросу о чужеродных видах фитопатогенных микромицетов в Беларуси / В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Материалы II Межд.-нар. науч.-пр. конф. – Минск, 2012. – С. 488–491.

15. Чужеродные для Беларуси микромицеты – паразиты растений, используемых в зеленом строительстве / В. Д. Поликсенова [и др.] // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь: тезисы Респ. науч.-пр. сем., г. Минск, 26–27 апр. 2018 г. / НАН Беларуси; ЦБС НАН Беларуси; редкол.; В. В. Титок [и др.]. – Минск: Медисонт, 2018. – С. 149–152.

16. Поликсенова, В. Д. Патогенные грибы на культивируемых лекарственных растениях / В. Д. Поликсенова, В. С. Кобзарева, С. И. Кориняк // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2000. – Вып. 3. – С. 57–60.

17. Phytotoxic Secondary Metabolites from Fungi / D. Xu [et al.] // Toxins (Basel). –2021. – Vol. 13 (4). – P. 261. DOI: 10.3390/toxins13040261. PMID: 33917534; PMCID: PMC8067579.

18. Elsinochrome A production by the bindweed biocontrol fungus Stagonospora convolvuli LA39 does not pose a risk to the environment or the consumer of treated crops / D. Boss [et al.] // FEMS Microbiol Ecol. – 2007. – Vol. 59 (1). – P. 194–205. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2006.00207.x. Epub 2006 Nov 9. PMID: 17092310.

19. Fungal Planet description sheets: 214–280 / P. W. Crous [et al.] // Persoonia. – 2014. – Vol. 32. – P. 184–306. DOI: 10.3767/003158514X682395. Epub 2014 Jun 10. PMID: 25264390; PMCID: PMC4150077.

20. Tehon, L. R. Notes on the Parasitic Fungi of Illinois / L. R. Tehon // Mycologia. – 1933. – Vol. 25(4). – P. 237–257. https://doi.org/10.1080/00275514.1933.12020664.

21. Höhnel, Fr. V. Fragmente zur Mykologie (XVII. Mitteilung, Nr. 876 bis 943.) [Preis: 3 K 20 h] / F. V. Höhnel // Sitzungsberichte Abt. – 1. 124. Band Jahrgang 124 – Heft 1 bis 10. Kaiserl. Akad. der Wiss. Math.-naturw. Kl. – Wien, 1915. – S. 49–159.

22. Tehon, L. R. Notes on the Parasitic Fungi of Illinois – VI / L. R. Tehon // Mycologia. – 1937. – Vol. 29 (4). – P. 434–446. https://doi.org/10.1080/00275514.1937.12017221.

23. Bubák, Fr. Achter Beitrag zur Pilzflora von Tirol / Fr. Bubák // Annales Mycologici. – 1916. – Vol. 14 (3/4). – P. 145–158.

24. Bubák, Fr. Einige neue oder kritische Pilze aus Kanada / Fr. Bubák// Hedwigia Organ Kryptogamenkunde und Phytopathologie nbst Repertorium für Literatur; Redigiert: prof. dr. G. Hieronymus. – Dresden-N., 1917. – P. 15–34.

25. Notices of British Fungi (With two Plates.) / M. J. Berkeley [et all.] // The Annals magazine of natural history, including Zoology, Botany, and Geology. Vol. V.–Second series.; conducted: sir W. Jardine [et al.]. – London, 1850. – P. 455 – 466.

26. Fungal Planet description sheets: 625–715 / P. W. Crous [et al.] // Persoonia. – 2017. – Vol. 39. – P. 270–467. DOI: 10.3767/persoonia.2017.39.11. Epub 2017 Dec 20. PMID: 29503478; PMCID: PMC5832955.

27. New and Interesting Fungi. 4 / P. W. Crous [et al.] // Fungal Syst Evol. – 2021. – Vol. 7. – P. 255–343. DOI: 10.3114/fuse.2021.07.13. Epub 2021 Apr 28. PMID: 34124627; PMCID: PMC8165967.

28. Fungal Planet description sheets: 951–1041 / Crous, P. W. [et al.] // Persoonia. – 2019. – Vol. 43. – P. 223–425. DOI: 10.3767/persoonia.2019.43.06. Epub 2019 Dec 18. PMID: 32214501; PMCID: PMC7085856.

29. Petrak, Fr. Der mykologische Nachlaß Josf Jahns, ein Beitrag z. Pilzflora d. Egerlandes / Fr. Petrak // Annales Mycologici. – 1920. – Vol. XVIII (4–6). – P. 105–135.

30. Höhnel Fr.v. Mykologische Fragmente. / Fr.v.Höhnel // Annales Mycologici. – 1918. – Vol. 16(1–2). – P. 35–174.

31. Ellis, J. B. Journal of Mycology / J. B. Ellis, B. M. Everhart. – 1885. – Vol. I (12). – P. 148–154.

32. Наумов, Н. А. Микологические заметки. О нескольких новых или малоизвестных видах / Н. А. Наумов// Болезни Растений. – 1925. – № 14. – С. 137–149.

33. Morphology and phylogeny of Neokamalomyces indicus – an addition of *Septoria*-like new genus and species to Mycosphaerellaceae from India / S. Yadav [et al.] // Phytotaxa. – 2022. – Vol. 571 (2). – P. 141–168.

34. Karsten, P. A. Fragmenta mycologica / P. A. Karsten // Hedwigia. – 1884 Vol. XVII(23). – P. 84–86.

35. Spegazzini, C. Fungi aliquot paulistani / C. Spegazzini // Revta Mus. La Plata. – 1908. – Vol. 15(2). – P. 7–48.

36. Höhnel, F. von. Fungi imperfecti. Beiträge zur Kenntnis derselben / F. von. Höhnel. – Hedwigia. – 1920. – 60. – P. 56–89.

37. Spegazzini, C. Mycetes Argentineses. Series V. / C. Spegazzini // Anal. Mus. nac. B. Aires. – 1910. –Vol. 3 (13). – P. 329–467.

38. Saccardo, P. A. Sylloge fungum omnium hucusque cognitorium. Vol. III. / P. A. Saccardo. – Berlin, 1884. – 840 p.

39. Höhnel, Fr. v. Fungi imperfecti. Beirtäge zur Kenntnis derselben / Fr. v. Höhnel // Hedwigia. – 1918. – Vol. 59(5). – P. 236–284.

40. Saccardo, P. A. Fungi Veneti novi vel critici vel mycologiae Venetae addendi / P. A. Saccardo // Michelia. Series IX. – 1878. – № 1(4). – P. 361–445.

41. Saccardo, P. A. Sylloge fungum omnium hucusque cognitorium. Vol. XI. / P. A. Saccardo. – Berlin, 1895. – 753 p.

42. Sydow, P. und H. Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora der Philippines-Inseln/ H. und P. Sydow // Annales Mycologici. – 1917. – Vol. 15(3/4). – S. 165–268.

43. Fries, F. Corpus florarum provincialium sueciae. I. Floram scanicam / F. Fries. – Upsaliae, 1837. – 394 p.

44. Cavara, F. Una malattia dei Limoni: Trichoseptoria alpei n. sp. / F. Cavara // Atti dell'Istituto Botanico della Università e Laboratorio Crittogamico di Pavia – 1892. – № 2. – P. 37–44.

45. Fungal Planet description sheets: 469–557. / P. W. Crous [et al.] // Persoonia. – 2016. – Vol. 37. – P. 218–403. DOI: 10.3767/003158516X694499. Epub 2016 Dec 21. PMID: 28232766; PMCID: PMC5315290.

46. Fungal Planet description sheets: 107–127 / P. W. Crous [et al.] // Persoonia. – 2012. – Vol. 28. – P. 138–182. DOI: 10.3767/003158512X652633. Epub 2012 Jun 4. PMID: 23105159; PMCID: PMC3409410.

47. Kastory, A. Materyały do mykologii Białej Rusi. Na podstawie zbioru B. Namysłowskiego / A. Kastory // Sprawozdanie Komisyi Fizyograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1911 oraz Materyały do fizyografii krajowej. – № 46. – Kraków, 1912. – Str. 101–110.

48. Дорогин, Г. Н. Отчет о командировке Г. Н. Дорогина в Беловежскую пущу осенью 1910 г. Ежегодник сведений о болезнях и повреждениях культурных и полезных дикорастущих растений / Г.Н. Дорогин // Бюро по микологии и фитопатологии. – 1912. – С. 425–439.

49. Шембель, С. Материалы к микологической флоре Минской губернии / С. Шембель // Труды Бюро по прикладной ботанике. – 1913. – С. 697–709.

50. Лебедева, Л. А. Второй список грибов и миксомицетов Белоруссии. Труды Минской болотной станции / Л. А. Лебедева // Записки Белорусского государственного института сельского и лесного хозяйства. – 1925. – Вып. 10. – С. 31.

51. Лебедева, Л. А. Третий список грибов и миксомицетов Белоруссии / Л. А. Лебедева // Труды Ботанического института АН СССР Споровые растения. – Москва, Ленинград: Издательство АН СССР. – 1935. – Вып. 2. – С. 347–351.

52. Мэдзіш, М. Н. Галоўнейшыя захварэньні культурных расьлін у ваколіцах Горак у 1926 годзе / М. Н. Мэдзіш // Працы Горацкай сельска-гаспадарчай дасьледчай станцыі за 1924–26 г., т. 2. Горы-Горкі: БССР: Друкарня акадэміі, 1927. – С. 71–76.

53. Тупяневіч, С. М. Грыбныя паразыты БССР, сабраныя ўлетку 1930 і 1931 г. / С. М. Тупяневіч // Працы Горы-Гарэцкага навуковага таварыства. – Горы-Горкі. – 1932. – С. 79–95.

54. Тупяневіч, С. М. Грыбныя паразыты БССР, сабраныя ўлетку 1928 і 1929 г. / С. М. Тупяневіч // Працы Горы-Гарэцкага навуковага таварыства. – Горы-Горкі. – 1930. – С. 215–234.

55. Tumiłowiczówna, Z. Spic grzybów z okolic Wołkowyska / Z. Tumiłowiczówna // Prace towarzystwa przyjaciół nauk w Wilnie Wydział nauk matematycznych i przyrodniczych. – Wilno. – 1935. – Vyp. 8(4) – Str. 119–137.

56. Дорожкин, Н. А. Болезни люпина / Н. А. Дорожкин, Н. И. Чекалинская. – Минск: Ураджай, 1965. – 81 с.

57. Дорожкин, Н. А. Болезни бобовых культур в БССР / Н. А. Дорожкин, Н. И. Чекалинская, В. И. Нитиевская. – Минск: Наука и техника, 1978. – 192 с.

58. Дорожкин, Н.А. Патогенные грибы на бобовых травах Белоруссии / Н.А. Дорожкин, Н.И. Чекалинская, В.И. Нитиевская. – Минск: Навука и техника, 1990. – 111 с.

59. Дарожкін, М. А. Пералік іржавых хвароб на раслінах Аршанскай акругі і апісанне хвароб культурных с.-г. раслін Бранскай губ. / М. А. Дарожкін // Працы Горы-Гарэцкага навуковага таварыства. – Горы-Горкі. – 1929. – С. 169–175.

60. Горленко, С. В. Формирование микофлоры и энтомофауны городских зеленых насаждений / С. В. Горленко, Н. А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1972. – 168 с.

61. Беломесяцева, Д. Б. Фитосанитарное состояние дендропарков и дендрариев в лесхозах Беларуси / Д. Б. Беломесяцева [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 43. – С. 154–164.

62. Беломесяцева, Д. Б. Микромицеты в консорции Ели европейской/ Д. Б. Беломесяцева, Т. Г. Шабашова // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 43. – С. 165–180.

63. Инвазивные и карантинные дендропатогены на территории Белорусского Полесья / Д. Б. Беломесяцева [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 146–153.

64. Кориняк, С. И. Атлас болезней культивируемых лекарственных растений, вызываемых анаморфными грибами / С. И. Кориняк. – Минск: Беларусь. навука, 2010. – 50 с.

65. Кориняк, С. И. Анаморфные грибы -- возбудители болезней сосудистых растений в природных сообществах и агроценозах Национального парка «Нарочанский» / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2016. – Вып. 45. – С. 185–194.

66. Кориняк, С. И. Целомицеты (Coelomycetes) – возбудители болезней растений на территории Национального парка «Беловежская пуща» / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2017. – Вып. 46. – С. 174–183.

67. Кориняк, С. И. Поражаемость культивируемых лекарственных растений анаморфными грибами / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 39. – С. 259–270.

68. Кориняк, С. И. Фитопатогенные грибы на культивируемых лекарственных растениях / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. 36. – С. 253–265.

69. Кориняк, С. И. Фитопатогенные микромицеты сосудистых растений Республиканского ландшафтного заказника «Прилепский» / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 188–194.

70. Кориняк, С. И. Потенциально инвазивные анаморфные грибы на интродуцированных растениях в Беларуси / С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 47. – С. 116–122.

71. Кориняк, С. И. Видовое разнообразие анаморфных грибов Национального парка Припятский/ С. И. Кориняк // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 41. – С. 163–177.

72. Кориняк, С. И. Фитопатогенные микромицеты на растениях семейства Ranunculaceae в национальном парке «Беловежская пуща» / С.И. Кориняк, В.Н. Лебедько // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 261–271.

73. Кориняк, С. И. Фитопатогенные микромицеты на представителях семейства Ranunculaceae в Национальных парках Беларуси / С. И. Кориняк, В. Н. Лебедько // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 211–217.

74. Видовой состав дендрофильных грибов Национального парка «Беловежская пуща» / Т. Г. Шабашова [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 272–282.

75. Шабашова, Т. Г. Гербофильные микромицеты в дубравах Национального парка «Беловежская пуща» / Т. Г. Шабашова, С. И. Кориняк, Д. Б. Беломяцева // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 218–225.

76. Склименок, Н. А. Комплекс грибов, паразитирующих на озимой пшенице, и меры по ограничению их вредоносности: автореф. дис. … канд. биол. наук.: 06.01.07 / Н. А. Склименок; Ин-т защиты растений, 2015. – 26 с.

77. Джус, М. А. Флора и микобиота Воложинского района Минской области [Электронный ресурс] / М. А. Джус, И. С. Гирилович. – Минск: БГУ, 2014. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM).

78. Гирилович, И. С. Памятник природы республиканского значения «Дубрава»: пособие: для студентов-биологов. фак / И. С. Гирилов, М. А. Джус. – Минск: БГУ, 2009. – 101 с.

79. Храмцов, А. К. Дополнение к перечню фитопатогенных анаморфных грибов Национального парка «Нарочанский» / А. К. Храмцов // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2013. – Вып. 3. – С. 36–40.

80. Храмцов, А. К. Материалы о разнообразии фитопатогенных анаморфных грибов Национального парка «Нарочанский» / А. К. Храмцов // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: мат. меж.-нар. науч. конф., Минск-Нарочь, 23–26 сен. 2014 г. / ред. кол.: А. В. Пугачевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – С. 143–146.

81. Храмцов, А. К. Микромицеты, паразитирующие на листьях тополей города Минска // Грибы в природных и антропогенных экосистемах / А. К. Храмцов // Труды меж.-нар. конф., посвященной 100-летию начала работы профессора А.С. Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН, СПб, 24–28 апр. 2005 г. – В 2-х томах. Том 2. – СПб., 2005. – С. 282–286.

82. Фитопатогенные микромицеты. Краткое руководство по сбору и идентификации: пособие / сост. А. К. Храмцов. – Минск: БГУ, 2020 – 255 с.

83. Храмцов, А. К. О фитопатогенных микромицетах Дрогичинского района / А. К. Храмцов, Е. А. Бушко // Сахаровские чтения 2014 года: экологические проблемы XXI века: материалы 14-й междунар. науч. конф., 29–30 мая 2014 г., г. Минск, Республика Беларусь / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. В. И. Дуная, С. С. Позняка, Н. А. Лысухо. – Минск, 2014. – С. 180–181.

84. Храмцов, А. К. Фитопатогенные микромицеты Дрогичинского и Ивацевичского районов Беларуси / А. К. Храмцов, Е. А. Бушко, А. В. Михинкевич // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 23–24 окт. 2014 г. / УО МГПУ им. И.П. Шамякина; редкол.: О.П. Позывайло (отв. ред.) [и др.]; под общ. ред. В. В. Валетова. – Мозырь, 2014. – С. 53–55.

85. Храмцов, А. К. Фитопатогенные микромицеты некоторых урбанизированных территорий Березинско-Предполесского геоботанического округа Беларуси / А. К. Храмцов, О. В. Савина // Биомониторинг состояния природной среды Полесья (Беларусь – Украина – Россия): материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 10–11 нояб. 2011 г. – Брест, 2011. – С. 139–142.

86. Храмцов, А. К. Фитопатогенные микромицеты Республиканского ландшафтного заказника «Мозырские овраги» и сопредельных территорий / А. К. Храмцов, К. А. Добрянская, О. А. Лис // Научные исследования и экологический мониторинг на особо охраняемых природных территориях России и сопредельных стран: сб. конф. Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. – М., 2022. – С. 234–239.

87. Храмцов, А. К. Дополнение к перечню фитопатогенных микромицетов города Солигорска и его окрестностей / А. К. Храмцов, В. А. Глазова // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI-го века: материалы 19-й меж.-нар. науч. конф., 23–24 мая 2019 г., г. Минск, Беларусь: в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин.-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун.-та; редкол.: А. Н. Батян [и др.]; под ред. С. А. Маскевича, С.С. Позняка. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 207–210.

88. Храмцов, А. К. К вопросу о разнообразии фитопатогенных микромицетов Национального парка «Нарочанский» / А. К. Храмцов, С. С. Каркоцкая // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: сб. ст. II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 2013 г. / БГУ. – Минск, 2013. – С. 115–118.

89. Храмцов, А. К. Разнообразие фитопатогенных микромицетов в Неманском геоботаническом районе / А. К. Храмцов, Н. В. Леонович // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Материалы Меж.-нар. науч.-практ. конф. и X зоол. конф. Часть 1. Сб. науч. работ / Под общей ред. М.Е. Никифорова – Минск, 2009. – С. 251–254.

90. Храмцов, А. К. Дополнение к перечню фитопатогенных микромицетов, развивающихся в консорциях цветковых растений Ивацевичского района Беларуси / А. К. Храмцов, А. В. Михинкевич // Актуальные проблемы биоэкологии: материалы Меж.-нар. науч. конф., 23–25 окт. 2014 г., Минск / БГУ. – Минск, 2014. – С. 128–129.

91. Храмцов, А. К. Мониторинг таксономического разнообразия фитопатогенных микромицетов в естественных и антропогенно трансформированных фитоценозах Столинского района / А. К. Храмцов, Е. И. Пашкевич, В. Ф. Щучка // Ботанические чтения: сб. материалов Меж.-нар. науч. конф., Брест, 25 февр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина; редкол.: В. И. Бойко, Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская. – Брест, 2021. – С. 254–259.

92. Чужеродные фитопатогенные микромицеты на урбанизированных территориях Беларуси / А. К. Храмцов [и др.] // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны: сб. статей по мат. Меж.-нар. науч. экол. конф. / КубГАУ; отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар, 2022. – С. 596–599.

93. Храмцов, А. К. Микромицеты в составе фитопатокомплексов в фитоценозах Беларуси / А. К. Храмцов, М. А. Романович // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века: мат. 13-й меж.-нар. науч. конф., 16–17 мая 2013 г., г. Минск, Республика Беларусь / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С. П. Кундаса, С. С. Позняка, Н. А. Лысухо – Минск:, 2013. – С. 200–201.

94. Храмцов, А. К. Дополнение к списку фитопатогенных микромицетов Мстиславского района Беларуси / А. К. Храмцов, М. В. Русская // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. Нижний Тагил, 1–5 марта 2010 г. Ч. 2 / Нижнетагил. гос. соц.-пед. акад.; отв. ред. Т. В. Жуйкова, О. В. Семенова, О. А. Тимохина. – Нижний Тагил, 2010. – С. 333–334.

95. Храмцов, А. К. Фитопатогенные грибы и грибоподобные организмы северной части Осиповичского района / А. К. Храмцов, А. В. Шалыпина // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы V Меж.-нар. науч.-практ. конф., Мозырь, 25–26 окт. 2012 г. / УО МГПУ им. И. П. Шамякина; редкол.: О. Г. Акушко [и др.]. – Мозырь, 2012. – С. 92–94.

96. Храмцов, А. К. Результаты мониторинга фитопатогенной микобиоты Осиповичского и Пинского районов Беларуси / А. К. Храмцов, А. В. Шалыпина, С. И. Белякович // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века: мат. 15-й меж.-нар. науч. конф., 21–22 мая 2015 г., г. Минск, Беларусь / МГЭУ им. А. Д. Сахарова; под ред. В. И. Дуная, С. С. Позняка, Н. А. Лысухо. – Минск, 2015. – С. 194.

97. Храмцов, А. К. Дополнение к списку видов фитопатогенных микромицетов г. Пинска / А. К. Храмцов, Е. Ф. Шишея // Биомониторинг природных и трансформированных экосистем: мат. Меж.-нар. науч.-практ. конф., Брест, 15–16 окт. 2008 г. / М.-во образования Респ. Беларусь, Брест. Гос. ун.-т им. А.С. Пушкина; [редкол.: А. Н. Тарасюк (гл. ред), В. Е. Гайдук, О. С. Подоляк]. – Брест: Изд.-во БрГУ, 2008. – С. 161–165.

98. Храмцов, А. К. Разнообразие фитопатогенных микромицетов в Республиканском биологическом заказнике «Лебяжий» / А. К. Храмцов, Е. М. Топоркова // Биоразнообразие грибов и лишайников особо охраняемых природных территорий. Мат. конф., 29 сен.–1 окт. 2021 г., г. Минск – Березинский биосферный заповедник, Витебская обл., п. Домжерицы. – Минск, 2021. – С. 156–164.

99. Храмцов, А. К. Фитопатогенные микромицеты Чашникского района Беларуси / А. К. Храмцов, М. Н. Волосач // Экологический вестник. – 2016. – № 2 (36). – С. 40–48.

100. Гринкевич, П. С. Трофические и топические связи фитопатогенных микромицетов юго-западной части города Минска / П. С. Гринкевич, А.К. Храмцов // Региональные экологические проблемы. Мат. V Меж.-нар. науч. конф. ст., магистр. и асп.-тов 21–23 марта 2012 г. – Одесса: ОГЭКУ, 2012. – С. 80–82.

101. Лемеза, Н. А. Фитопатогенные микромицеты на территории г. Калинковичи / Н. А. Лемеза, И. С. Гирилович, Я. С. Дасько // Журнал БГУ. Биология. – 2020. – № 1. – С.55–60.

102. Фитопатогенные микромицеты на чужеродных растениях из издания «Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения» / В. Д. Поликсенова [и др.] // Журнал БГУ. Биология. –2021. – Вып. 3. – С. 78–87.

103. Volosach, M. N. Phytopathogenic fungi in south-western part of Vitebsk region in Chashniki district / M. N. Volosach, A. K. Hramtsov (A. K. Khramtsov) // Actual environmental problems. Proceedings of the III International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, 21–22 November, 2013, Minsk, Republic of Belarus. – Minsk, 2013. – С. 114–115.

104. Храмцов, А. К. Морфолого-биологические особенности и распространение мучнисторосяного гриба *Erysiphe sedi* U. Braun в Беларуси / А. К. Храмцов, И. А. Федюшко // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Минск, 2024. – Вып. 53. – С. 239–247.

Поступила в редакцию 30.05.2024 г.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

УДК 581.17:620.3

О. В. МОЛЧАН[1], Т. Н. КУДЕЛИНА[1], В. В. ТАТУР[1], А. Г. СОЛДАТОВ[2]

ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА РАЗМЕРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРОРОСТКОВ РЕДЬКИ ЯПОНСКОЙ (*RAPHANUS ACANTHIFORMIS J.M. MAEL EX L. SISLEY*)

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: olga_molchan@mail.ru*
[2]*НПЦ по материаловедению Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

Аннотация. Оценка особенностей взаимодействия наноматериалов с растениями является обязательным условием для разработки и использования наноструктур с заданными свойствами, но без негативных побочных эффектов. В работе исследовано действие коммерческих многослойных углеродных нанотрубок (MWCNTs) на физиолого-биохимические параметры побегов и корневой системы проростков редьки японской, дайкон (*лат. Raphanus acanthiformis* J.M. Mael ex L. Sisley). Показано, что кратковременная (от 3 до 16 ч) инкубация проростков в суспензии нанотрубок не приводит к изменению процессов роста и образования супероксид анион-радикала $O_2.^-$. Добавленные в корнеобитаемую среду при гидропонном выращивании проростков в течение 7 сут культивирования MWCNTs в низких (1–15 мг·л$^{-1}$) концентрациях не влияли на основные морфометрические параметры, а при 25–100 мг·л$^{-1}$ ингибировали рост побега и корня. При этом действие на корневую систему было гораздо более выраженным. Так, содержание хлорофилла в листьях возрастало, масса побега не изменялась, а его длина снижалась в среднем на 20% при добавлении в среду 50-100 мг·л$^{-1}$ MWCNTs. В то время как, эти же концентрации MWCNTs массу корня снижали в 1,3 раза, а его длину – почти втрое. Еще более значимым было влияние MWCNTs на функциональные характеристики корневой системы проростков. Достоверное уменьшение общей адсорбирующей и рабочей адсорбирующей поверхности корня отмечали уже при 5 мг·л$^{-1}$ MWCNTs. Более высокие концентрации MWCNTs снижали эти параметры в 1,5 и 2,5 раза, соответственно. Таким образом, при оценке фитотоксичности наночастиц следует отдавать предпочтение таким показателям, как площадь общей и рабочей адсорбирующей поверхности корня.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки (MWCNTs), *Raphanus acanthiformis,* проростки редьки японской, дайкон, адсорбирующая поверхность корневой системы.

O. V. MOLCHAN[1], T. N. KUDELINA[1], V. V. TATUR[1], A. G. SOLDATOV[2]

EFFECT OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBES ON THE DIMENSIONS OF THE FUNCTIONALLY ACTIVE SURFACE OF THE ROOTS OF JAPANESE RADISH (*RAPHANUS ACANTHIFORMIS* J.M. MAEL EX L. SISLEY) SEEDLINGS

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: olga_molchan@mail.ru*
[2]*SPC for Materials Science of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

Annotation. Evaluation of the interaction characteristics of nanomaterials with plants is a prerequisite for the development and use of nanostructures with desired properties, but without negative effects. In this work, the effect of industrial multiwall carbon nanotubes (MWCNTs) on the physiological and biochemical parameters of shoots and root system of daikon seedlings was investigated. It was shown that short-term (3 to 16 h) incubation of seedlings in a nanotube suspension does not lead to changes in growth processes and formation of superoxide anion radical $O_2.^-$.

MWCNTs added to the root-inhabited medium during hydroponic cultivation of radish sprouts for 7 days of cultivation in low (1–15 mg•l^{-1}) concentrations did not affect the main morphometric parameters of the sprouts, and at 25-100 mg•l^{-1} they inhibited shoot and root growth. At the same time, the effect on the root system was much more pronounced. Thus, the chlorophyll content in the leaves increased, the shoot mass did not change, and its length decreased by an average of 20% when 50–100 mg·l^{-1} MWCNTs were added to the medium. At the same time, the same concentrations of MWCNTs reduced the root mass by 1.3 times, and its length – almost three times. The effect of MWCNTs on the functional characteristics of the root system of daikon was even more significant. A reliable decrease in the total adsorbing and working adsorbing surface of the root was noted already at 5 mg•l^{-1} MWCNTs. Higher concentrations of MWCNTs reduced these parameters by 1.5 and 2.5 times, respectively. Thus, when assessing the phytotoxicity of nanoparticles, preference should be given to such indicators as the area of the total and working adsorbing surface of the root.

Keywords: Multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs), Japanese radish seedlings, daikon, adsorbent surface of the root system.

Введение

За несколько десятилетий, прошедших с момента открытия наноразмерных форм углерода, их уникальные свойства и возможности функционализации вызывали настолько большой интерес, что способствовали не только активной разработке методов их получения, но и развитию промышленных производств, в т.ч. и в Беларуси. Углеродные наноматериалы, включая углеродные нанотрубки (CNTs), фуллерены и графен, активно изучаются сегодня с точки зрения перспектив их использования в самых разных направлениях: в тяжелом машиностроении, для производства строительных материалов, в микро- и наноэлектронике, медицине и сельском хозяйстве [1–5]. По последним прогнозам, в течение следующего десятилетия ожидается значительный рост объемов их производства [5]. Согласно мнению ряда авторов, 40% всего вклада нанотехнологий в сельское хозяйство также будет связано с углеродными наноматериалами [6]. Предполагается, что современные нанотехнологии обеспечат повышение урожайности в результате применения наностимуляторов роста, наноудобрений и нанопестицидов, сокращения доз агрохимикатов при использовании наноинкапсулированных средств защиты растений и удобрений с пролонгированным действием [6–7].

Многостенные углеродные нанотрубки (MWCNTs), цилиндрические многослойные структуры являются сегодня самой распространенной и используемой наноразмерной формой углерода. Диаметр и длина MWCNTs могут варьировать в достаточно широком диапазоне значений: от 5 до 200 нм и от 3 до 20 мкм, соответственно, в зависимости от условий производства [4, 5]. CNTs активно исследуются для разработки «умных» систем доставки биологически активных соединений в клетки растений и животных. Например, показано, что фунгициды, инкапсулированные в MWCNTs, обладают более высокой токсичностью в отношении патогенных грибов по сравнению с неинкапсулированными пестицидами [3]. Оказалось, что MWCNTs способны проникать не только в клетки растений, но даже через жесткие семенные оболочки, вероятно в результате перфорации [8]. MWCNTs диаметром 15–40 нм попадают в прорастающие семена ячменя, сои и кукурузы [10]. MWCNTs диаметром менее 13 нм проникали из среды проращивания в корни проростков пшеницы и шпината [9, 10]. В работе [12] продемонстрировано, что MWCNTs могут транспортироваться в корневые волоски пшеницы. В ряде исследований установлено, что MWCNTs, поглощенные корнями растений попадают в ксилему и флоэму [13]. Транспорт MWCNTs из корня в побег, например, пшеницы и рапса, скорее всего, происходил в результате транспирации [14, 15]. Также показаны стимулирующие и ингибирующие эффекты MWCNTs на прорастание семян и рост проростков широкого спектра различных культур [7–23]. Имеются и многочисленные сообщения об отсутствии какого-либо эффекта MWCNTs на ряд разных видов растений [7–23].

Очевидно, что независимо от области применения, в результате преднамеренного или случайного попадания наночастиц в окружающую среду будет усиливаться их влияние на живые организмы, последствия которого пока неизвестны. Учитывая растущие масштабы практического использования наноматериалов и опасения экологов, особую значимость приобретают исследования влияния наночастиц на растения. Фитотоксикология инженерных, в т.ч. углеродных, наноматериалов – новое направление, и потенциальная токсичность наночастиц для растений еще недостаточно изучена [24, 25]. Физиологические процессы, на которые влияют наноматериалы, включают изменения экспрессии генов, повреждение ДНК и повышенное образование АФК [23, 26, 11]. При этом наблюдается высокая вариабельность ответов на действие наночастиц между разными видами и сортами, различными стадиями онтогенеза растений [7–26]. Химический со-

став, размер, форма, структура поверхности, растворимость, агрегация, концентрация и способы применения также являются факторами, определяющими значительные различия в реакции растений [7–26]. Кроме того, очевидно, что вариабельность эффектов наночастиц также во многом обусловлена чувствительностью исследуемых физиолого-биохимических процессов и оцениваемых параметров. Таким образом, выявление особенностей взаимодействия конкретных наноматериалов с растениями является обязательным условием для разработки новых нанобиотехнологий, проектирования и использования наноструктур с заданными свойствами, но без негативных побочных эффектов, т.е. так называемого подхода «safe-by-design».

Целью данной работы была оценка характера воздействия коммерческих MWCNTs на физиолого-биохимические параметры побегов и корня проростков редьки японской, дайкон, ценной посевной культуры, для роста и развития которой особое значение имеет формирование корневой системы.

Объекты (материалы) и методы исследования

В работе использованы коммерческие MWCNTs («Арт-нано ЮНИЭД» ТУ BY 690654933.001-2011, Минск, Беларусь) [27]. Используемые нанотрубки характеризуются 99,9% структурированного углерода, массовой долей аморфного углерода до 0,1 %, диаметром 10–200 нм и длиной 0,01–20 мкм. Суспензии MWCNTs (1–100 мг·л$^{-1}$) в дистиллированной воде диспергировали ультразвуком (35 кГц, Guangzhou Hanker Electronics Technology Co., Ltd, Китай) 30 мин, затем использовали для обработки проростков или добавляли в корнеобитаемую среду при гидропонном выращивании в течение 7 сут проростков редьки японской, дайкон *(лат. Raphanus acanthiformis* J.M.Mael ex L. Sisley)

Для оценки влияния MWCNTs на образование супероксид анион-радикала $O_2^{\cdot-}$ семена проращивали в течение 24 ч в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой. Затем проростки инкубировали в течение 3-16 ч в воде (контроль) или в суспензии MWCNTs различной концентрации. После обработки проростки ополаскивали дистиллированной водой и окрашивали в 50 мМ натрий-фосфатном буфере, pH 6,8, содержащем 0,5 мМ NBT (нитросиний тетразолия хлорид), в течение 30 мин [28]. Реакцию останавливали переносом проростков в дистиллированную воду на 10 мин, затем фотографировали на камеру телефона модели Redmi Note 8 Pro. Обработку изображений проводили в программе ImageJ [29].

Содержание хлорофилла определяли с помощью недеструктивного оптического сенсора Dualex Scientific (A-Force, Франция).

Определение активности каталазы проводили по скорости деградации перекиси водорода [30]. Навеску растительного материала гомогенизировали в 100 мМ Трис-HCl буфере (pH=7,5), содержащем 1 мМ ЭДТА и 1% ПВП при соотношении массы ткани к объему буфера, равном 1:5. После этого гомогенат центрифугировали при 15000 g в течение 30 минут. Все манипуляции проводили при 4^{0}C. Супернатант использовали для анализа. Для определения активности каталазы к 1,3 мл калий-фосфатного буфера (pH=7,0) добавляли 20 мкл супернатанта и 200 мкл 30 мМ H_2O_2. Реакцию проводили при 25^{0}C и измеряли оптическую плотность поглощения при 240 нм с помощью спектрофотометра СФ-2000 (РФ).

Площадь адсорбирующей поверхности корней определяли методом Сабинина-Колосова, основанном на адсорбции метиленового синего на поверхности корней [31]. Корни последовательно погружали в три пронумерованных раствора метиленового синего известных концентрации и объема на 1,5 минуты, затем измеряли оптическую плотность каждого раствора при 664 нм с помощью спектрофотометра СФ-2000 (РФ). По изменению концентрации красителя в первом и втором растворах после погружения корней рассчитывали общую адсорбирующую поверхность, по изменению содержания красителя в третьем растворе оценивали рабочую адсорбирующую поверхность.

Эксперименты проводили в пятикратной повторности, объем экспериментальной выборки для исследований в каждом варианте составил в среднем 20 растений. Данные представлены как среднее значение и стандартное отклонение. Для расчета достоверности различий проводили ANOVA-тест. Отличия от контроля считали достоверными при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследовано влияние MWCNTs на всхожесть семян и ростовые параметры проростков дайкона в течение начального этапа прорастания. Также оценивали образование супероксид анион-радикала $O_2^{\cdot-}$ в проростках после их инкубации в течение 3 / 16 ч в воде (контроль) или в суспензии MWCNTs (рис. 1).



Рис. 1. Оценка образования супероксид анион-радикала $O_2^{\cdot -}$ по NBT-окрашиванию проростков дайкона после инкубации в воде (А, В) или в суспензии 100 мг·л$^{-1}$ MWCNTs (Б Г) в течение 3 (А, Б) или 16 (В, Г) ч; Д – интенсивность NBT-окрашивания тканей проростков после инкубации в суспензии MWCNTs в течение 16 ч

Fig. 1. Evaluation of the formation of superoxide anion radical $O_2^{\cdot -}$ by NBT staining of daikon seedlings after incubation in water (A, B) or in the suspension of 100 mg·l^{-1} MWCNTs (B, D) for 3 (A, B) or 16 (C, D) h; D – intensity of NBT staining of seedlings after incubation in a suspension of MWCNTs for 16 h

Хотя известно, что углеродные нанотрубки достаточно легко проникают через семенную оболочку, клеточную стенку и мембрану, тестируемые в данной работе MWCNTs в достаточно широком диапазоне концентраций не влияли ни на всхожесть семян, ни на физиологическое состояние проростков (см. рис. 1). Изменений в образовании супероксид анион-радикала $O_2^{\cdot -}$ в клетках меристематической зоны корня в присутствии наночастиц также отмечено не было (см. рис. 1). Таким образом, очевидно, что кратковременная (от 3 до 16 ч) инкубация проростков в суспензии нанотрубок не приводит к изменению процессов роста и, вероятно, образования активных форм кислорода. При этом, ранее в ряде работ показано, что MWCNTs стимулировали повышенное образование АФК в клетках суспензионной культуры риса, связанное со снижением жизнеспособности клеток [32]. С другой стороны, в различных публикациях отмечалось стимулирующее влияние MWCNTs на прорастание семян томата, риса, ячменя, сои, кукурузы и горчицы [7–26]. Имеются также многочисленные сообщения об отсутствии какого-либо эффекта MWCNT для широкого спектра различных видов растений, включая редьку посевную, рапс, райграс, салат-латук, кукурузу, огурец, пшеницу, горчицу, черную чечевицу и кабачок [7–26]. Анализ литературных данных показал, что оценка действия наночастиц зависит не только от концентрации и физико-химических характеристик тестируемого наноматериала и вида растения, но и от способа обработки и оцениваемых показателей. Поэтому мы предположили, что независимо от первичной реакции проростков дайкона на обработку MWCNTs, прямой контакт с нанотрубками в течение более длительного времени, все же может быть результативным.

На следующем этапе работы суспензию MWCNTs добавляли в корнеобитаемую среду при гидропонном выращивании проростков дайкона и оценивали ростовые параметры через 7 сут культивирования (рис. 2–4). Оказалось, что контакт корневой системы с тестируемыми наночастицами в течение более длительного периода может приводить к негативным последствиям. В низких (1–15 мг·л$^{-1}$) концентрациях нанотрубки не влияли на основные морфометрические параметры проростков, а при 25–100 мг·л$^{-1}$ ингибировали рост побега и корня (см. рис. 2). При этом действие на корневую систему было гораздо более выраженным. Так, масса побега не изменялась, а его длина снижалась в среднем на 20% при добавлении в среду MWCNTs в концентрации 50–100 мг·л$^{-1}$. Также отмечено повышение содержания хлорофилла в листьях проростков (см. рис. 2Б). В то же время, MWCNTs (50–100 мг·л$^{-1}$) массу корня понижали в 1,5 раза, а его длину – почти втрое (см. рис. 2Д, 2Е).

Более выраженное действие нанотрубок на корневую систему показано также при оценке каталазной активности (см. рис. 3). Так, достоверных изменений активности каталазы под влиянием 15–100 мг л$^{-1}$ MWCNTs в листьях проростков не отмечено, в то время как в корнях активность антиоксидантного фермента возрастала существенно. Значительно (в 3–5 раз) снижалось и количество боковых корней (см. рис. 4А).

Индукция окислительного стресса, связанного с образованием АФК, повреждением мембран, утечкой электролитов, дисфункцией митохондрий, аберрациями ДНК и гибелью клеток, ранее охарактеризована как определяющая токсичность MWCNTs для проростков красного шпината, риса, салата и огурца [11, 23, 33]. Схожесть размеров CNTs и многих патогенов позволяет предположить, что нанотрубки могут индуцировать реакцию, подобную возникающей при патогенной атаке, связанную с окислительным стрессом и активацией антиоксидантной системы в качестве защитной реакции. С другой стороны, стимулирующее влияние MWCNTs на рост корней и побегов проростков зарегистрировано для целого ряда видов растений, таких как томат, пшеница, соя, кукуруза и др. [21–29]. Например, в клетках табака MWCNTs в концентрации 100 мг·л$^{-1}$ стимулировали накопление биомассы, связанное с усилением экспрессии генов клеточного цикла (через 6 часов), ростом клеток (через 4 сут) и транспортом воды (от 24 ч до 4 сут) [34]. С одной стороны, различия в получаемых данных может быть связано с генотипическими особенностями тестируемых растений или физико-химическими параметрами нанотрубок (диаметром, длиной, степенью агрегации, наличием примесей), с другой – с условиями экспериментов и методами применения наночастиц. Во многих исследованиях выраженность эффектов так же, как и в нашей работе, зависела от концентрации, при этом стимуляцию чаще наблюдали при более низких, а ингибирование – при более высоких концентрациях MWCNTs.

С другой стороны, в работе Kolbert Z. с соавторами также показано негативное влияние MWCNTs диаметром 5–100 нм в концентрации 10 и 80 мг•л$^{-1}$ на жизнеспособность и пролиферацию клеток корня проростков томата и рапса, которое авторы связывают с поглощением нанотрубок корневой системой и окислительным стрессом, обусловленным повышением уровня активных форм азота [35]. Присутствие MWCNTs обнаружено в корне и гипокотиле обоих видов рас-

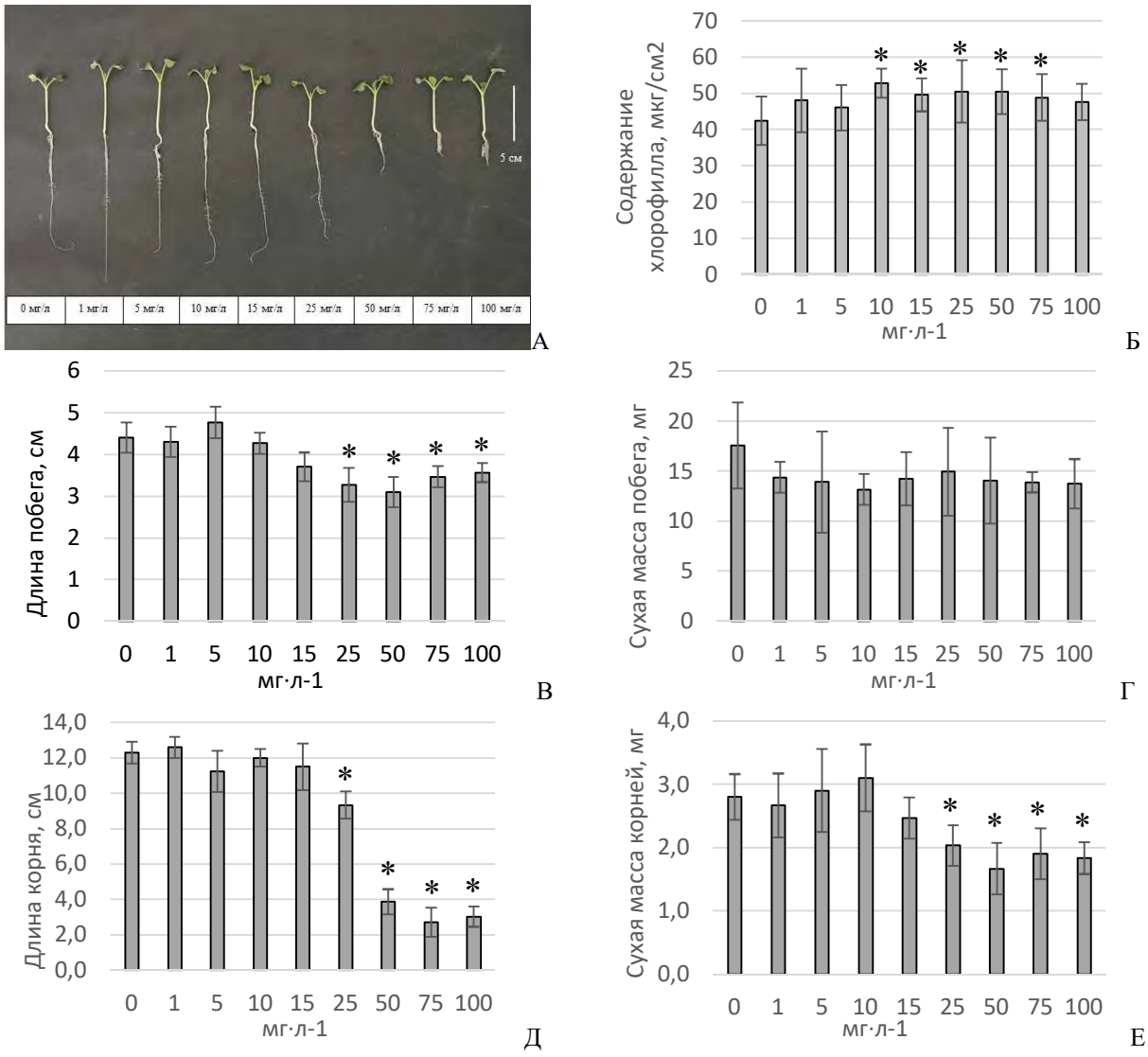


Рис. 2. Внешний вид растений дайкона при добавлении в корнеобитаемую среду MWCNTs (1-100 мг·л$^{-1}$) (А) и их влияние на содержание хлорофилла (Б), длину и массу (В–Е) побега и корня
* – различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Fig. 2. Daikon seedlings grown in water with the addition of MWCNTs (1-100 mg·l^{-1}) to the root environment (A) and their effects on chlorophyll content (Б), length and dry weight of shoot and roots (В–Е)
* – differences with the control are significant at $p \leq 0.05$

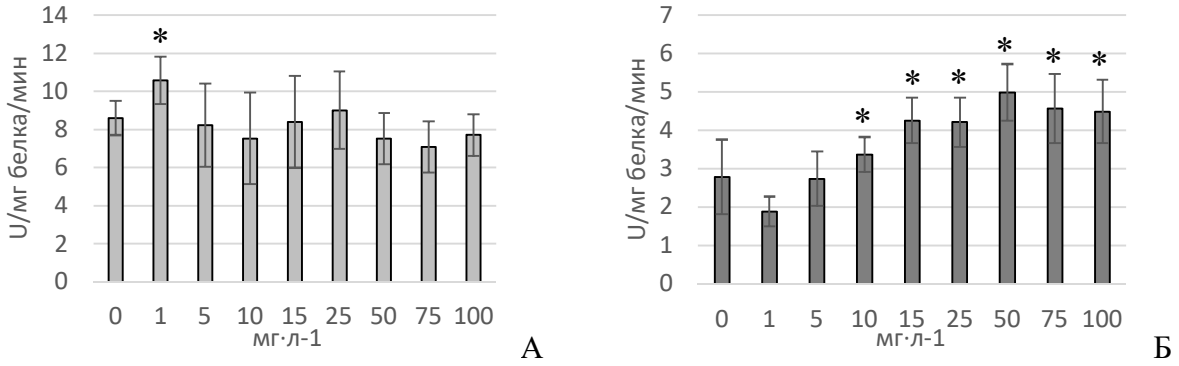


Рис. 3. Влияние MWCNTs на активность каталазы в листьях (А) и корнях (Б) проростков дайкона; * – различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Fig. 3. Effect of MWCNTs on catalase activity in leaves (A) and roots (Б) of daikon seedlings
* – differences with the control are significant at $p \leq 0.05$

тений, кроме того показано образование крупных агрегатов нанотрубок в тканях [35]. Другими авторами при исследовании воздействия промышленного материала таунит, содержащего MWCNTs с внешним диаметром 20–70 нм, на проростки эспарцета песчаного нанотрубки обнаружены в клетках и тканях корней и листьев [36]. Это позволило авторам предположить, что MWCNT могут не только проникать в корни и накапливаться там, но и транспортируются в листья проростков. Результаты Shi J. с соавторами показали, что MWCNTs (10–20 нм) могут попадать в корни сеянцев яблони хубейской и при этом в концентрации 50, 100 и 200 мкг•мл$^{-1}$ стимулируют рост корней [37]. В работе этих же авторов установлено, что агрегаты MWCNTs накапливались между клеточной стенкой и плазматической мембраной клеток корня, вероятно, активировали мембранные рецепторы и, индуцируя экспрессию ряда генов в результате процессов внутриклеточной передачи сигнала, регулировали поглощение и транспорт нитратов, а также повышали активность нитратредуктазы, содержание свободных аминокислот и растворимых белков в корнях и листьях [37]. Таким образом, изменения физиологических параметров растений могут быть связаны не только с адсорбцией MWCNT на поверхности корней, но и с их проникновением, поглощением, накоплением и образованием крупных агрегатов в клетках и тканях растений [8, 12, 35–38]. Адсорбция и накопление растением большого количества MWCNTs может приводить к нарушению поглощения и транспорта питательных веществ и, таким образом, к ингибированию роста. С другой стороны, возможно, в результате поглощения нанотрубок инициируются сигнальные процессы, в том числе и с участием активных форм азота [35]. В этой связи необходимы дальнейшие исследования механизмов действия нанотрубок на организменном и клеточном уровнях, которые будут способствовать более надежной оценке рисков их использования и разработке безопасных нанобиотехнологий в растениеводстве.

Также стоит отметить, что в большинстве работ основным параметром при оценке действия наночастиц на корневую систему растений были линейные размеры и масса корней, которые не всегда отражают их функциональную активность. В то время как, важнейшим показателем физиологической активности корня, его способности поглощать воду и питательные вещества являются размеры общей и рабочей адсорбирующей поверхности. Наиболее важной является рабочая или деятельная адсорбирующая поверхность, к которой относят интенсивно поглощающие корни и корневые волоски. В данной работе отмечено значимое влияние MWCNTs на функциональные характеристики корневой системы проростков дайкона. Достоверное снижение общей адсорбирующей и рабочей адсорбирующей поверхности корня регистрировали уже при кон-

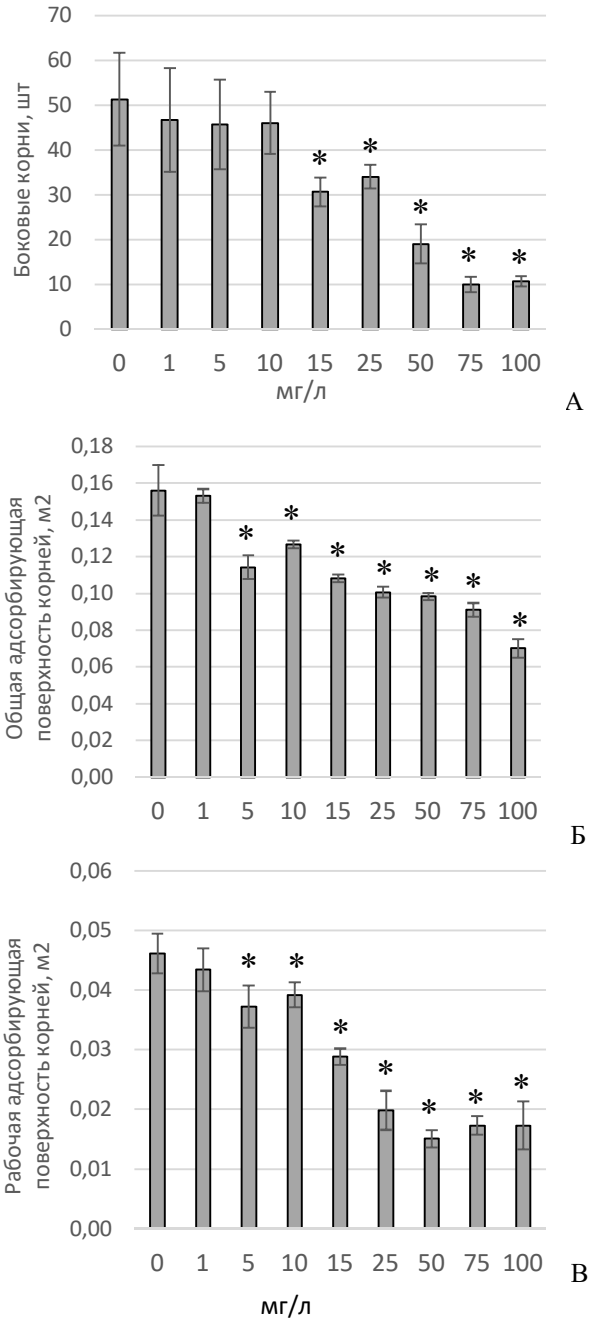


Рис. 4. Влияние MWCNTs на количество боковых корней (А), площадь общей (Б) и рабочей (В) адсорбирующей поверхности корней проростков дайкона
* – различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Fig. 4. Effect of MWCNTs on the lateral roots quantity (A), total (Б) and working (B) adsorbing surface of roots of daikon seedlings
* – differences with the control are significant at $p \leq 0.05$

центрации MWCNTs 5 мг·л$^{-1}$. Высокие же концентрации MWCNTs 50–100 мг·л$^{-1}$ снижали эти показатели почти на 60–70% (см. рис. 4Б, 4В). Важно заметить, что при деструктивном действии наночастиц на функциональную активность корневой системы нарушается транспорт воды и питательных веществ. Также можно предположить, что присутствие в корнеобитаемой среде MWCNTs, их проникновение в корень и формирование в тканях крупных агрегатов приводит к нарушению транспорта ассимилятов по флоэме, в то время как транспорт по ксилеме все еще обеспечивает доставку воды и элементов питания к вегетативным фотосинтезирующим органам. Известно, что следствием нарушения флоэмного транспорта является недостаточное снабжение корневой системы органическими соединениями – продуктами фотосинтеза, в результате чего ингибируется образование новых корней и адекватное формирование корневой системы, что особенно важно для такой культуры, как дайкон. Недостаточное развитие корневой системы приводит в итоге к торможению роста вегетативных органов.

Заключение

Таким образом, очевидно, что с одной стороны, кратковременная инкубация проростков дайкона в суспензии тестируемых MWCNTs не приводит к ингибированию роста и повышению образования АФК, с другой – более длительное выращивание в среде с высокими концентрациями наночастиц может вызывать снижение интенсивности ростовых процессов проростков. Негативное влияние MWCNTs наиболее выражено на функциональных параметрах корневой системы – площади общей и рабочей адсорбирующей поверхности корня. Поэтому при оценке эффектов действия наночастиц на растения (их фитотоксичности) следует отдавать предпочтение таким показателям, как площадь общей и рабочей адсорбирующей поверхности корня. Дальнейшие исследования механизмов поступления и транспорта углеродных нанотрубок в растения, их действия на организменном и клеточном уровнях, процессов внутри- и межклеточной трансдукции сигналов, инициируемых наночастицами, также будут способствовать более надежной оценке экологических рисков, разработке наноструктур с заданными свойствами, но без негативных побочных эффектов и безопасному использованию нанотехнологий в растениеводстве.

Благодарности

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Конвергенция-2025», НИР «Установить закономерности регуляции углеродными наночастицами функциональной активности фотосинтетического аппарата, процессов водообмена и стрессоустойчивости растений и оценить перспективы их использования для разработки регуляторов роста, биодатчиков и сорбентов».

Литература

1. Carbon nanotubes: present and future commercial applications / M.F.L. de Volder [et al.] // Science (New York, N.Y.). – 2013. – Vol. 339. – P. 535–539.

2. Многослойные углеродные нанотрубки и их применение // М. М. Томишко [и др.] // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. II. – № 5.

3. Sarlak, N. Synthesis of nanopesticides by encapsulating pesticide nanoparticles using functionalized carbon nanotubes and application of new nanocomposite for plant disease treatment / N. Sarlak, A. Taherifar, F. Salehi // Journal of agricultural and food chemistry. – 2014. – Vol. 62. – P. 4833–4838.

4. Zaytseva, O. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications / O. Zaytseva, G. Neumann // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. – 2016. – V. 3. – № 17.

5. Engineering plants with carbon nanotubes: a sustainable agriculture approach / M. Safdar [et al.] // J. Nanobiotechnol. – 2022. – V. 20. – № 275.

6. Gogos, A. Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities / A. Gogos, K. Knauer, T. D. Bucheli // Journal of agricultural and food chemistry 2012, 60:9781–9792.

7. Carbon nanotubes as molecular transporters for walled plant cells/ Q. Liu [et al.] // Nano letters. – 2009. – Vol. 9. – P. 1007–1010.

8. Carbon Nanotubes Are Able To Penetrate Plant Seed Coat and Dramatically Affect Seed Germination and Plant Growth / M. Khodakovskaya [et al.] // ACS Nano. – 2009. – Vol. 3. – P. 3221–3227.

9. Impact of Carbon Nanotube Exposure to Seeds of Valuable Crops / M. H. Lahiani [et al.] // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2013. – Vol. 5. – P. 7965–7973.

10. Multi-walled carbon nanotubes can enhance root elongation of wheat (*Triticum aestivum*) plants / X. Wang [et al.] // Journal of Nanoparticle Research 2012, 14:841.

11. Begum, P. Phytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes on red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) and the role of ascorbic acid as an antioxidant / P. Begum, B. Fugetsu // Journal of Hazardous Materials. – 2012. – Vol. 243. – P. 212–222.

12. Wild, E. Novel Method for the Direct Visualization of in Vivo Nanomaterials and Chemical Interactions in Plants / E. Wild, K. C. Jones // Environmental Science & Technology. – 2009. – Vol. 43. – P. 5290–5294.

13. Charge, Size, and Cellular Selectivity for Multiwall Carbon Nanotubes by Maize and Soybean / G. Zhai [et al.] // Environmental Science and Technology. – 2015. – Vol. 49. – P. 7380–7390.

14. Carbon Nanotubes Act as Contaminant Carriers and Translocate within Plants / G. Chen [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – 5. – P. 15682.

15. Quantitative evaluation of multi-walled carbon nanotube uptake in wheat and rapeseed / C. Larue [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2012. – Vol. 227–228. – P.155–163.

16. Biris, A. S. Method of using carbon nanotubes to affect seed germination and plant growth/ A. S. Biris, M. V. Khodakovskaya // Patents US2012233725 (A1). – 2012.

17. Effect of carbon nanomaterials on the germination and growth of rice plants / R. Nair [et al.] // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2012. – Vol. 12. – P. 2212–2220.

18. Beneficial role of carbon nanotubes on mustard plant growth: an agricultural prospect / A. Mondal [et al.] // Journal of Nanoparticle Research. – 2011. – Vol. 3. – P. 4519–4528.

19. Lin, D. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth / D. Lin, B. Xing // Environmental pollution. – 2007. – Vol. 150. – P.243–250.

20. Phytotoxicity of Carbon Nanotubes Assessed by Brassica Juncea and Phaseolus Mungo / G. Ghodake [et al.] // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2010. – Vol. 5. – P. 157–160.

21. Surface chemistry of carbon nanotubes impacts the growth and expression of water channel protein in tomato plants / H. Villagarcia [et al.] // Small. – 2012. – Vol. 8. – P. 2328–2334.

22. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture / D. K. Tiwari [et al.] // Applied Nanoscience. – 2014. – Vol. 4. – P. 577–591.

23. MWCNT uptake in *Allium cepa* root cells induces cytotoxic and genotoxic responses and results in DNA hypermethylation / M. Ghosh [et al.] // Mutation Research – Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. – 2015. – Vol. 774. – P. 49–58.

24. Nowack, B. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment / B. Nowack, T. D. Bucheli // Environmental pollution. – 2007. – Vol. 150. – P. 5–22.

25. New and in-depth database concerning ecotoxicity of nanomaterials / K. Juganson [et al.] // Beilstein Journal of Nanotechnology. – 2015. – Vol. 6. – P. 1788–1804.

26. Multi-walled carbon nanotubes (MWCNT): Induction of DNA damage in plant and mammalian cells / M. Ghosh [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2011. – Vol. 197. – P. 327–336.

27. Структурные и электрохимические характеристики пористых свинцовых электродов с добавкой наноструктурированного углерода / В. О. Данилова [и др.] // Электрохимическая энергетика. – 2019. – Т.19. – № 2. – С. 105–115.

28. Liszkay, A. Production of reactive oxygen intermediates (O_2^{-}, H_2O_2 and OH) by maize roots and their role in wall loosening and elongation growth / A. Liszkay, E. Zalm, P. Schopfer // Plant Physiol. – 2004. – Vol. 136. – P. 3114–3123.

29. ImageJ software as an alternative method for estimating leaf area in oats / T. N. Martin [et al.] // Acta Agronomica. – 2020. – Vol. 69. – N. 3. – P. 162–169.

30. Luck, H. Catalase / H. Luck. // Method of Enzymatic Analysis. – 1965. – P. 885–894.

31. Колосов, И. И. Способ определения поглощающей поверхности корней // Сов. агрономия. – 1939. – № 12. – С. 46.

32. Tan, X. Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on suspension rice cells / X. Tan, C. Lin, B. Fugetsu // Carbon. – 2009. – Vol. 47. – P. 3479–3487.

33. Phytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes assessed by selected plant species in the seedling stage / P. Begum [et al.] // Applied Surface Science. – 2012. – Vol. 262. – P. 120–124.

34. Carbon Nanotubes Induce Growth Enhancement of Tobacco Cells / M. Khodakovskaya [et al.] // ACS Nano. – 2012. – Vol. 6. – P. 2128–2135.

35. Nitro-oxidative response to internalized multi-walled carbon nanotubes in *Brassica napus* and *Solanum lycopersicum* / Z. Kolbert [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2023. – Vol. 267. – P. 115633.

36. Multi-walled Carbon Nanotubes Penetrate into Plant Cells and Affect the Growth of *Onobrychis arenaria* Seedlings / E. A. Smirnova [et al.] // Acta Naturae. – 2011. – Vol. 3(1). – P. 99–106.

37. Multi-walled carbon nanotubes promote the accumulation, distribution, and assimilation of ^{15}N-KNO_3 in *Malus hupehensis* by entering the roots / J. Shi [et al.] // Front. Plant Sci. – 2023. – Vol. 14. – P. 1131978.

38. A novel mechanism underlying multi-walled carbon nanotube-triggered tomato lateral root formation: the involvement of nitric oxide / Z. Cao [et al.] // Nanoscale Res. Lett. – 2020. – Vol.15 (1). – P. 49.

Поступила в редакцию 04.11.2024 г.

УДК 631.8:631.445.12:634.739.3(476)

Ж. А. РУПАСОВА[1], А. П. ЯКОВЛЕВ[1], Э. И. КОЛОМИЕЦ[2], З. М. АЛЕЩЕНКОВА[3], Л. Е. КАРТЫЖОВА[3], В. Н. РЕШЕТНИКОВ[1], С. П. ЗИМИЧ[1], М. Н. ВАШКЕВИЧ[1], А. А. ЛЕШКОВ[1], К. А. ДОБРЯНСКАЯ[1]

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРНЕОБИТАЕМОЙ ЗОНЫ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА ВЕРХОВОГО ТИПА ПОД ПОСАДКАМИ ГЕНЕРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ (*OXYCOCCUS MACROCARPUS* (AIT.) PERS.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

[1]*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by*
[2]*ГНПО Химический синтез и биотехнологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*
[3]*Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре в Смолевичском р-не Минской обл. и в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа в рамках идентичных полевых экспериментов влияния минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного МаКлоРа в 5- и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекса на агрохимические свойства субстрата под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной – раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens*. Установлено, что степень обогащения субстрата основными питательными элементами по сравнению с контролем определялась видом удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития. Показано, что независимо от всех обозначенных факторов, лидирующее положение в улучшении агрохимического фона принадлежало внесению минерального удобрения. При использовании биологических удобрений выявлено преимущественное отставание от контроля содержания в субстрате питательных элементов, несмотря на которое, в Смолевичском р-не наиболее результативным в их накоплении в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта следовало признать внесение 5%-ного и в большей степени 10%-ного МаКлоРа, тогда как в таковом позднеспелого сорта – применение Экогум-комплекса, не уступавшего по эффективности минеральному удобрению, а в Докшицком р-не, наряду с ним, также 5%-ного МаКлоРа.

Ключевые слова: выработанный торфяник, клюква крупноплодная, генеративные растения, сорта, минеральные и биологические удобрения, агрохимические свойства, питательные элементы, легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, обменный калий.

J. A. RUPASOVA[1], A. P. YAKOVLEV[1], E. I. KOLOMIETS[2], Z. M. ALESCHENKOVA[3], L. E. KARTYZHOVA[3], V. N. RESHETNIKOV[1], S. P. SIMICH[1], M. N. VASHKEVICH[1], A. A. LESHKOV[1], K. A. DOBRYANSKAYA[1]

FERTILIZERS INFLUENCE ON AGROCHEMICAL PROPERTIES OF ROOT ZONE IN DEVELOPED RAISED BOG PEAT WITH PLANTING LARGE-FRUIT CRANBERRY (*OXYCOCCUS MACROCARPUS* (AIT.) PERS.) GENERATIVE PLANTS IN BELARUS

[1]*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by*
[2]*Chemical Synthesis and Biotechnology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*
[3]*Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

Annotation. The results of a comparative study in experimental culture in the Smolevichi district of the Minsk region and in the Dokshitsky district of the Vitebsk region, 250 km to the north, are presented. in the recultivated areas of peat mining of the top type, within the framework of identical field experiments, the effect of mineral Basacot Plus 6 (N15P8K12 kg/ha d.v.) and domestic biological fertilizers – nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microbial macroflora in 5 and 10% concentrations, as well as organo-mineral Ecohum complex on the agrochemical properties of the substrate under plantings of generative large-fruited cranberry plants – early-maturing *Ben Lear* and late-maturing *Stevens*. It was found that the degree of enrichment of the substrate with the main nutrients in comparison with the

control was determined by the type of fertilizers, the geographical location of the research area, the genotype of cultivars and the stage of their seasonal development. It is shown that, regardless of all the indicated factors, the leading position in improving the agrochemical background belonged to the application of mineral fertilizers. When using biological fertilizers, a predominant lag was revealed from the control of the content of nutrients in the substrate, despite which, in Smolevichi district, the introduction of 5% and to a greater extent 10% MaCloRa should have been recognized as the most effective in their accumulation in the root zone of the early-maturing variety, whereas in that of the late-maturing variety, the use of Ecogum-a complex that was not inferior in efficiency to mineral fertilizer, and in the Dokshitsky district, along with it, also 5% Maklor.

Keywords: developed peat bogs, large-fruited cranberries, generative plants, varieties, mineral and biological fertilizers, agrochemical properties, nutrients, easily hydrolyzable nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium.

Введение

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

Применение экологически безопасных биологических удобрений, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым в Беларуси в 2018 г. Законом «О производстве и обращении органической продукции», существенно ужесточающим требования к качеству продукции растениеводства, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. В этой связи в 2021 г. на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа – «Радемье-Зеленоборское» в Смолевичском р-не Минской обл. и «Рамжино-Журавлевское» в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. в рамках однотипных полевых экспериментов с применением минеральных и биологических удобрений выполнены сравнительные исследования агрохимических свойств торфяного субстрата в корнеобитаемой зоне генеративных растений раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* сортов клюквы крупноплодной. Оценка влияния испытываемых агроприемов на изменение содержания основных питательных элементов в корнеобитаемой зоне последних явилась целью настоящей работы.

Объекты (материалы) и методы исследования

В районах исследований два первых летних месяца вегетационного сезона 2021 г. характеризовались весьма жаркой погодой с превышением на 22–43% средних многолетних температурных показателей, что наиболее выразительно проявилось в Докшицком р-не и сопровождалось существенным дефицитом влаги, особенно в июле. Температурный режим в остальные месяцы оставался близким к средним многолетним значениям при избыточном выпадении осадков, вдвое превышавшим норму в мае и превосходившим ее на 10–64% в остальной период при наибольших контрастах опять-таки в северном районе.

В обоих районах исследования выполнены в рамках однотипных полевых экспериментов с **5**-вариантной схемой: **1** – контроль, без внесения удобрений; **2** – припосадочное (в мае) луночное внесение минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в.) из расчета 1,5 г под растение; **3** – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; **4** – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение; **5** – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-ного раствора препарата

МаКлоР из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Исследование агрохимических свойств торфяного субстрата в полевых экспериментах осуществляли трижды за сезон с определением содержания нитратного азота – по ГОСТ 27894.4-88 [1]; аммиачного азота – по ГОСТ 27894.3-88 [2]; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – фотоэлектроколориметрически по ГОСТ 27894.5-88 [3]; обменного калия (в пересчете на K_2O) – методом пламенной фотометрии по ГОСТ 27894.6-88 [4].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на незначительные потребности клюквы крупноплодной, как и всех представителей сем. Ericaceae, в элементах минерального питания, особо важное значение для ее успешного культивирования на выработанных торфяниках обретает система внесения удобрений, специфический характер которой определяется происхождением, ботаническим составом и индивидуальными свойствами торфяной залежи. Для корнеобитаемого слоя торфяников верхового типа характерны чрезвычайно низкие запасы доступных форм основных питательных элементов, недостаточные для ежегодного получения высококачественного урожая ягодной продукции. Общеизвестно, что в торфяном субстрате фосфор находится в прочносвязанном состоянии в виде органических соединений и без применения специальных агротехнических приемов недоступен для растений [5]. Крайне незначительны в нем и природные запасы калия, которые даже не учитываются при определении доз калийных удобрений, и поскольку данный элемент в большинстве случаев полностью расходуется уже в первый год их внесения, то данные удобрения применяются ежегодно, исходя из физиологических потребностей этой культуры [6, 7]. Впервые вспаханный остаточный слой донного торфа, как правило, характеризуется также полным отсутствием доступных форм важнейшего питательного элемента – азота, находящегося в прочносвязанном состоянии, причем процесс его высвобождения из органических соединений чрезвычайно затруднен из-за низких темпов минерализации данного вида субстрата, что предопределяет необходимость внесения на этих бесплодных землях не только фосфорных и калийных, но и азотных удобрений [8].

Исследование влияния испытываемых видов удобрений на агрохимические свойства корнеобитаемой зоны остаточного слоя торфяной залежи показало, что в обоих районах все испытываемые агроприемы способствовали ее заметному обогащению основными питательными элементами (табл. 1, 2). При этом самыми высокими параметрами накопления в субстрате характеризовалась наиболее активная аммонийная форма легкогидролизуемого азота, тогда как количественное содержание нитратной формы было намного ниже и в ряде случаев уступало первой в десятки раз, а содержание подвижных соединений фосфора и обменного калия также существенно уступало таковому легкогидролизуемого азота.

С целью установления степени межрегиональных, межвариантных и генотипических различий в пополнении запасов основных питательных элементов в торфяном субстрате на разных этапах сезонного развития генеративных растений клюквы крупноплодной на фоне испытываемых агроприемов, определены различия с контролем в их содержании (табл. 3). Анализ этих данных показал, что в Смолевичском р-не на протяжении большей части вегетационного периода под посадками обоих сортов клюквы наблюдалось обеднение корнеобитаемой зоны питательными элементами по сравнению с контролем, обусловленное их интенсивным потреблением на формирование вегетативных и генеративных органов растений и отчасти связанное с непродуктивным выносом из-за обилия атмосферных осадков. При этом в начале вегетационного периода под посадками раннеспелого сорта отмечено обогащение субстрата основными питательными элементами только на фоне внесения минерального удобрения при значительном истощении их запасов при использовании биологических удобрений, тогда как под посадками позднеспелого сорта при обработках Экогумкомплексом имело место усиление аккумуляции на 25–29% лишь доступных соединений фосфора и калия, обеспечившее в данном варианте опыта получение хотя и незначительного, но все же позитивного совокупного эффекта. При этом в остальных вариантах опыта обнаружено снижение содержания не только данных элементов, но и обеих форм легкогидролизуемого азота, наибольшее при внесении МаКлоРа. В отличие от субстрата под посадками раннеспелого сорта,

под таковыми позднеспелого не обнаружено достоверного позитивного влияния минерального удобрения на состояние агрохимического фона, что обусловило общее ухудшение последнего по сравнению с контролем (см. табл. 3).

В середине вегетационного периода выявлено еще более значительное, чем на предыдущем этапе, обеднение корнеобитаемой зоны обоих сортов клюквы основными элементами минерального питания относительно контроля, наиболее заметное в вариантах опыта с использованием биологических удобрений. Лишь в единичных случаях, в частности, при внесении минерального удобрения, имело место обогащение субстрата под посадками сорта *Ben Lear* на 94% обменным калием, а под таковыми сорта *Stevens* – на 6–9% подвижным фосфором и аммонийным азотом, тогда как при использовании 10%-ного МаКлоРа в первом случае наблюдалось усиление аккумуляции на 12% обменного калия, а во втором – на 13 и 50% аммонийного и нитратного азота. При этом наибольшее истощение общих запасов питательных элементов под посадками обоих сортов клюквы установлено на фоне применения Экогум-комплекса и 5%-ного МаКлоРа. (см. табл. 3). Тем не менее, в середине вегетационного периода, как и в его начале, суммарный позитивный эффект в изменении совокупности агрохимических характеристик торфяного субстрата, наиболее значительный под посадками раннеспелого сорта, обнаружен только на фоне внесения минерального удобрения. В вариантах опыта с применением биологических удобрений наблюдалось обеднение корнеобитаемой зоны субстрата основ-

Таблица 1. Агрохимические характеристики верхнего корнеобитаемого слоя торфяного субстрата (0-25 см) под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не

Table 1. Agrochemical characteristics of the upper root layer of the peat substrate (0-25 cm) under the plantings of generative cranberry plants in the Smolevichi district

Сорт	Вариант опыта	pH_{KCl}	pH_{H2O}	Гумус, %	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$	P_2O_5	K_2O
					мг/кг сухого вещества			
май								
Ben Lear	**1**	2,9	4,7	12,6	208,6±3,9	7,1±0,1	77,2±5,0	72,3±0,6
	2	2,9	4,8	12,6	308,8±3,9	6,4±0,1	126,4±2,5	106,6±0,6
	3	2,9	4,7	14,1	125,7±5,2	6,4±0,1	49,1±2,5	24,4±0,3
	4	2,9	4,8	13,6	116,6±5,2	6,1±0,1	63,2±2,5	37,0±0,3
	5	2,8	4,3	12,6	251,4±5,2	7,4±0,1	69,3±3,7	62,6±0,6
Stevens	**1**	2,7	4,1	16,4	408,1±5,2	9,8±0,1	106,2±3,7	113,8±0,6
	2	2,9	4,2	10,7	341,6±6,4	8,7±0	101,8±5,0	117,8±0,9
	3	2,8	4,5	16,6	323,4±3,9	8,6±0,3	132,5±3,7	146,7±0,9
	4	2,9	4,6	16,4	254,1±1,3	7,5±0,1	93,9±1,2	96,4±0,6
	5	2,8	4,7	16,0	223,2±6,4	7,0±0,1	102,7±3,7	99,1±0,9
июль								
Ben Lear	**1**	2,9	3,8	49,1	393,5±5,2	7,8±0,1	115,0±1,2	31,6±0,3
	2	2,8	3,5	81,6	274,2±1,3	7,9±0,1	104,4±1,2	61,4±0,6
	3	3,0	3,7	32,1	293,3±2,6	6,2±0,1	130,8±1,2	14,2±0,3
	4	3,0	3,7	44,0	212,2±3,9	7,4±0,1	93,9±1,2	19,0±0,3
	5	2,7	3,4	65,9	294,2±3,9	8,1±0,1	90,4±1,2	35,5±0,6
Stevens	**1**	2,7	3,4	74,8	188,6±3,9	13,8±0,2	104,4±1,2	127,7±0,6
	2	2,7	3,4	68,3	205,9±2,6	14,4±0,2	110,6±2,5	110,2±0,6
	3	2,7	3,4	67,8	85,6±5,2	10,5±0,2	68,5±2,5	129,8±0,9
	4	2,7	3,5	74,3	104,8±1,3	12,4±0,2	86,9±1,2	86,7±0,6
	5	2,8	3,5	72,1	213,2±2,6	20,7±0,3	66,7±2,5	89,1±0,6
сентябрь								
Ben Lear	**1**	3,0	4,0	22,7	324,2±22,9	5,3±0,1	74,8±8,8	11,1±0,3
	2	2,9	3,9	35,0	294,8±16,5	5,9±0,2	105,9±9,6	17,8±0,3
	3	2,9	3,9	35,0	462,7±33,8	6,0±0,1	63,5±7,1	14,8±0,3
	4	2,9	4,0	43,0	487,9±44,2	5,9±0,2	88,9±9,0	20,5±0,6
	5	2,8	3,9	48,7	257,1±16,8	6,3±0,2	63,5±7,0	25,3±0,6
Stevens	**1**	2,8	3,7	59,0	456,4±34,7	7,4±0,2	88,9±8,8	23,2±0,3
	2	2,8	3,9	56,3	236,114,1	6,6±0,1	66,4±6,5	23,8±0,3
	3	2,8	3,9	53,4	414,5±33,3	6,1±0,1	74,8±8,5	30,7±0,6
	4	2,8	3,9	61,5	353,6±35,5	6,6±0,1	74,8±7,9	28,6±0,3
	5	2,9	4,0	60,5	385,1±40,1	6,0±0,1	63,5±6,6	25,0±0,3

Таблица 2. Агрохимические характеристики верхнего корнеобитаемого слоя торфяного субстрата (0–25 см) под посадками генеративных растений сорта *Stevens* клюквы крупноплодной в Докшицком р-не

Table 2. Agrochemical characteristics of the upper root layer of the peat substrate (0–25 cm) under the plantings of generative plants of the Stevens variety of large-fruited cranberry in the Dokshitsky district

Вариант опыта	pH_{KCl}	pH_{H2O}	Гумус, %	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$	P_2O_5	K_2O
				мг/кг сухого вещества			
май							
1	2,9	3,8	27,4	213,2±2,6	17,5±0,2	63,2±2,5	83,1±0,6
2	3,0	3,9	27,1	338,9±5,2	10,5±0,1	85,1±3,7	104,8±1,2
3	2,9	3,9	26,9	328,8±3,9	7,3±0,1	63,2±2,5	118,4±0,9
4	2,7	3,4	25,5	335,2±5,2	8,3±0,1	57,9±5,0	116,9±0,6
5	2,7	3,5	27,8	320,6±2,6	8,3±0,2	72,8±3,7	100,6±0,6
июль							
1	2,9	3,6	59,7	313,4±2,6	20,6±0,3	58,8±1,2	27,4±0,3
2	3,0	3,9	68,3	323,4±3,9	14,5±0,2	60,6±1,2	30,1±0,6
3	2,7	3,5	68,6	316,1±1,3	12,1±0,2	55,3±1,2	29,8±0,3
4	2,8	3,7	71,6	297,0±2,6	10,2±0,2	61,4±2,5	33,1±0,6
5	2,7	3,4	70,2	223,2±3,9	8,5±0,1	44,8±1,2	29,8±0,3
сентябрь							
1	3,0	4,3	64,8	196,2±16,7	15,5±0,2	199,1±18,4	66,0±0,3
2	3,0	4,2	71,8	246,6±21,3	12,1±0,2	170,8±16,5	62,6±0,6
3	3,0	4,4	72,3	112,3±10,0	14,1±0,2	111,5±11,1	73,8±0,9
4	2,7	4,0	65,7	156,3±11,6	9,9±0,2	122,8±11,3	76,5±0,6
5	2,8	3,9	67,1	215,1±18,3	10,8±0,2	117,2±11,7	75,9±0,6

Таблица 3. Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по содержанию доступных форм основных питательных элементов в торфяном субстрате под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной в начале, середине и в конце вегетационного периода в районах исследований, %

Table 3. Relative differences with the control of the variants of the field experiment with the application of fertilizers in terms of the content of available forms of basic nutrients in the peat substrate under the plantings of generative cranberry plants at the beginning, middle and end of the growing season in the research areas, %

Вариант опыта	Май					Июль					Сентябрь					Совок. эффект (за сезон)
	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	совок. эффект	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	совок. эффект	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	совок. эффект	
Смолевичский р-н																
Сорт *Ben Lear*																
2	**+48,0**	-9,9	**+63,7**	**+47,4**	**+149,2**	-30,3	-	-9,2	**+94,3**	**+54,8**	-9,1	**+11,3**	**+41,6**	**+60,4**	**+104,2**	**+308,2**
3	-39,7	-9,9	-36,4	-66,3	-152,3	-25,5	-20,5	**+13,7**	-55,1	-87,4	**+47,7**	**+13,2**	-15,1	**+33,3**	**+79,1**	-160,6
4	-44,1	-14,1	-18,1	-48,8	-125,1	-46,1	-5,1	-18,3	-39,9	-109,4	**+50,5**	**+11,3**	**+18,6**	**+84,7**	**+165,1**	-69,4
5	**+20,5**	-	-10,2	-13,4	-3,1	-25,2	-	-21,4	**+12,3**	-34,3	-20,7	**+18,9**	-15,1	**+127,9**	**+111,0**	**+73,6**
Сорт *Stevens*																
2	-16,3	-11,2	-	-	-27,5	**+9,2**	-	**+5,9**	-13,7	**+1,4**	-48,3	-10,8	-25,3	-	-84,4	-110,5
3	-20,8	-12,2	**+24,8**	**+28,9**	**+20,7**	-54,6	-23,9	-34,4	-	-112,9	-9,2	-17,6	-15,9	**+32,3**	-10,4	-102,6
4	-37,7	-23,5	-11,6	-15,3	-88,1	-44,4	-10,1	-16,8	-32,1	-103,4	-22,5	-10,8	-15,9	**+23,3**	-26,0	-217,5
5	-45,3	-28,6	-	-12,9	-86,8	**+13,0**	**+50,0**	-36,1	-30,2	-3,3	-15,6	-18,9	-28,6	**+7,8**	-55,3	-145,4
Докшицкий р-н																
Сорт *Stevens*																
2	**+59,0**	-40,0	**+34,7**	**+26,1**	**+79,8**	-	-29,6	-	**+9,9**	-19,7	**+25,7**	-21,9	-14,2	-5,2	-15,6	**+44,5**
3	**+54,2**	-58,3	-	**+42,5**	**+38,4**	-	-41,3	-6,0	**+8,8**	-38,5	-42,8	-9,0	-44,0	**+11,8**	-84,0	-84,1
4	**+57,2**	-52,6	-8,4	**+40,7**	**+36,9**	-5,2	-50,5	-	**+20,8**	-34,9	-20,3	-36,1	-38,3	**+15,9**	-78,8	-76,8
5	**+50,4**	-52,6	**+15,2**	**+21,1**	**+34,1**	-28,8	-58,7	-23,8	**+8,8**	-102,5	**+9,6**	-30,3	-41,1	**+15,0**	-46,8	-115,2

Примечание: прочерк (-) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $P>0,05$.

ными питательными элементами, наиболее существенное на фоне применения Экогум-комплекса и 5%-ного МаКлоРа и наименьшее при внесении последнего в 10%-ной концентрации.

На наш взгляд, отсутствие ожидаемого эффекта при использовании биологических удобрений в плане обогащения питательными элементами субстрата под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не может быть обусловлено несоответствием весьма значительных объемов их потребления при формировании надземной фитомассы и недостаточно высоких темпов высвобождения элементов из органического вещества торфа в результате активизации микробиологических процессов в субстрате. Наряду с этим определенную роль в истощении запасов питательных элементов в нем могло сыграть также избыточное количество атмосферных осадков в данном сезоне, обусловившее их существенные потери с непродуктивным выносом за пределы корнеобитаемой зоны. Однако несмотря на это, следует отметить, что все испытываемые агроприемы оказывали весьма положительное влияние на формирование вегетативной и генеративной сфер опытных растений, что указывает на достаточное удовлетворение потребностей опытных растений в элементах минерального питания [9, 10].

Вторая половина вегетационного сезона 2021 г., в отличие от первой, характеризовалась преимущественным обогащением субстрата основными питательными элементами, но исключительно под посадками раннеспелого сорта клюквы. Это подтверждалось превышением в конце вегетационного периода во всех вариантах опыта контрольного уровня содержания нитратного азота на 11–19% и обменного калия на 33–128% (см. табл. 3). При этом внесение минерального удобрения и 5%-ного МаКлоРа активизировало на 42% и 19% аккумуляцию также подвижного фосфора, а во втором случае, как и при обработках растений Экогум-комплексом – аммонийного азота на 48–50%. Заметим, что, несмотря на наличие отдельных отрицательных эффектов в накоплении данных соединений, общая результативность всех испытываемых удобрений характеризовалась положительной направленностью с превышением контрольного уровня от 79% на фоне обработок Экогум-комплексом до 165% при внесении 5%-ного МаКлоРа. Это косвенно свидетельствовало не только о достаточном удовлетворении потребностей растений раннеспелого сорта клюквы в питательных элементах в период созревания плодов, но и о создании в корнеобитаемой зоне их определенных запасов.

В связи с запаздыванием в данном сезоне, из-за неблагоприятных погодных условий, сроков созревания плодов позднеспелого сорта *Stevens*, потребление питательных элементов из субстрата во второй половине вегетационного периода могло быть весьма продолжительным, что обусловило заметное истощение запасов аммонийного и нитратного азота на 9–48% и 11–19%, а также подвижного фосфора на 16–29% относительно контроля (см. табл. 3). Что касается обменного калия, то, несмотря на его высокую миграционную способность, на фоне применения биологических удобрений, напротив, отмечено обогащение субстрата данным элементом на 8–32%. Напомним, что аналогичное, но более выраженное явление, наблюдалось также в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта. Тем не менее, в конце сезона, как и в его середине, суммарный эффект от испытываемых агроприемов под посадками генеративных растений сорта *Stevens* оказался отрицательным, что свидетельствовало об опережении темпов потребления питательных элементов относительно темпов пополнения их запасов в субстрате. На наш взгляд, это могло быть обусловлено более значительными, чем у растений раннеспелого сорта, размерами вегетативной сферы, требовавшей для ее формирования соответственно большего количества питательных элементов. При этом наиболее выразительно это проявилось на фоне внесения минерального удобрения, а в наименьшей степени – при обработках Экогум-комплексом.

Проведение аналогичных исследований в условиях сезона 2021 г. с генеративными растениями сорта *Stevens* в более северном Докшицком р-не выявило существенные различия со Смолевичским р-ном в изменении агрохимического фона субстрата на фоне испытываемых агроприемов, состоявшие в менее выраженном его обеднении доступными соединениями азота, фосфора и калия относительно контроля в первой половине вегетационного периода и более значительном во второй. Вместе с тем установлено обогащение корнеобитаемой зоны аммонийным азотом на 50–59% и обменным калием на 21–43%, обусловившее положительные значения совокупного эффекта во всех вариантах опыта, составлявшие 34–80%, при максимальной величине на фоне внесения минерального удобрения (см. табл. 3). Наряду с этим в середине и в конце вегетационного периода выявлена трудно поддающаяся объяснению активизация накопления в субстрате весьма подвижных соединений обменного калия на 9–21% и 12–16% по сравнению с контролем. Заметим, что именно в этот пе

риод, связанный с формированием плодов клюквы, как правило, значительно активизируется потребление фосфора и калия, а, следовательно, должен увеличиваться размер их биологического выноса, и если более выраженное, чем в контроле, обеднение субстрата первым элементом соотносится с высказанным предположением, то объяснение наблюдаемому во втором случае противоположному эффекту требует проведения дополнительных исследований.

Вместе с тем на фоне погодных условий чрезвычайно дождливого сезона 2021 г. весьма выразительный накопительный эффект в плане обогащения торфяного субстрата основными элементами питания во всех вариантах опыта обнаружен лишь в двух случаях – в Смолевичском р-не во второй половине вегетационного периода под посадками раннеспелого сорта, а в Докшицком р-не – в самом начале сезона под посадками позднеспелого сорта (см. табл. 3). В остальных же случаях получен преимущественно отрицательный эффект, указывавший на более значительное, чем в контроле, обеднение субстрата основными питательными элементами за счет увеличения размеров биологического выноса, с одной стороны, и их непродуктивных потерь из-за обилия влаги- с другой. Тем не менее, даже при столь непродолжительных исследованиях, лидирующее положение в сезонном обогащении субстрата питательными элементами принадлежало использованию минерального удобрения. Что касается биологических удобрений, то, несмотря на преимущественно отрицательные значения совокупного эффекта на фоне их применения, в Смолевичском р-не наименее значимые потери элементов в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта клюквы выявлены при внесении 5%-ного МаКлоРа, а при использовании его 10%-ной концентрации получен даже положительный эффект. При этом под посадками позднеспелого сорта наиболее слабое обеднение субстрата питательными элементами, сопоставимое с таковым на фоне внесения минерального удобрения, установлено при обработках растений Экогум-комплексом, а в Докшицком р-не подобный результат установлен не только в этом варианте опыта, но и при внесении 5%-ного МаКлоРа. Вместе с тем содержание основных элементов питания в корнеобитаемой зоне генеративных растений во всех вариантах опыта варьировалось на протяжении вегетационного периода в весьма широких диапазонах, что указывало на высокую лабильность данного показателя, обусловленную сезонными изменениями размеров их биологического и непродуктивного выноса, а также разной скоростью перевода элементов из органического вещества торфа в доступную растениям форму.

Заключение

В результате сравнительного исследования в опытной культуре в Смолевичском р-не Минской обл. и в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа в рамках идентичных полевых экспериментов влияния минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного МаКлоР в 5- и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекса на агрохимические свойства субстрата под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной – раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* установлено, что степень обогащения субстрата основными питательными элементами по сравнению с контролем определялась видом удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития. Показано, что независимо от всех обозначенных факторов, лидирующее положение в улучшении агрохимического фона принадлежало внесению минерального удобрения. При использовании биологических удобрений выявлено преимущественное отставание от контроля содержания в субстрате питательных элементов, несмотря на которое, в Смолевичском р-не наиболее результативным в их накоплении в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта следовало признать внесение 5%-ного и в большей степени 10%-ного МаКлоРа, тогда как в таковом позднеспелого сорта – применение Экогум-комплекса, не уступавшего по эффективности минеральному удобрению, а в Докшицком р-не, наряду с ним, также 5%-ного МаКлоРа.

Литература

1. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения нитратного азота : ГОСТ 27894.4-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989 а. – 13 с.

2. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота: ГОСТ 27894.3-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989 б. – 11 с.

3. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм фосфора: ГОСТ 27894.5-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989в. – 8 с.

4. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм калия: ГОСТ 27894.6-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989 г. – 5 с.

5. Пацевич, В. Г. Фракционный состав фосфатов и доступность фосфора для растений в почвах выработанных торфяников Ленинградской области : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.04 / В. Г. Пацевич ; Ленингр. с.-х. ин-т. – Л., 1984. – 24 с.

6. Костенко, Н. Я. Некоторые приемы мобилизации потенциального плодородия выработанных торфяников низинного типа : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.533 / Н. Я. Костенко ; Львов. с.-х. ин-т. – Львов, 1970. – 16 с.

7. Крештапова, В. Н. Генетические особенности и оценка плодородия выработанных торфяников России / В. Н. Крештапова // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель : докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рожд. акад. С. Г. Скоропанова, Минск, 20–22 сент. 2005 г. / [Нац. акад. наук Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т мелиорации и луговодства НАН Беларуси]. – Минск, 2005. – С. 175–181.

8. Буткус, В. Обогащение ресурсов клюквы / В. Буткус, Р. Рузгене // Вопросы структурной и функциональной реабилитации. – Вильнюс, 1980. – С. 27–29.

9. Влияние удобрений на формирование генеративной сферы растений клюквы крупноплодной на рекультивируемом торфяном месторождении верхового типа / А. П. Яковлев [и др.]. // Природные ресурсы. – 2021. – №2. – С. 59–67.

10. Влияние удобрений на формирование вегетативной сферы виргинильных растений клюквы крупноплодной на рекультивируемом торфяном месторождении верхового типа А. П. Яковлев [и др.]. // Плодоводство: сб науч. трудов / РУП Институт плодоводства. – Самохваловичи, 2020. – Т. 32. – С. 166–176.

Поступила в редакцию 13.03.2024 г.

УДК 57.044; 581.19

Е. И. РЫБИНСКАЯ[1], Ж. Н. КАЛАЦКАЯ[1], Д. К. ЛАЗАРЕВИЧ[1],
И. А. ОВЧИННИКОВ[1], К. М. ГЕРАСИМОВИЧ[1], В. В. НИКОЛАЙЧУК[2]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХИТОЗАНА НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ ОГУРЦОВ (*CUCUMIS SATIVUS* L.)

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: kate.rybinskaya@gmail.com*
[2]*Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

Аннотация. Синтезированы конъюгаты хитозана с кофейной кислотой (Хит:КК) с разным соотношением хитозан : кислота (1:3 и 1:1) и разной степенью пришивки кислот (36,1% и 5,4%, соответственно). Проведена оценка влияния обработки семян разными концентрациями полученных конъюгатов на рост и биохимические параметры 7-дневных проростков огурца (*Cucumis sativus* L.). Отмечено положительное влияние конъюгатов на всхожесть семян, увеличение длины и сырой массы проростков, содержание фотосинтетических пигментов в семядолях по сравнению с необработанным контролем. Показано, что коньюгаты с соотношением Хит:КК 1:3 и степенью пришивки КК 36,1% обладают более выраженной активностью на рост побегов, а Хит:КК 1:1 со степенью пришивки КК 5,4% – корневой системы. Снижение содержания фенольных соединений и пролина в проростках, вероятно, является следствием минимизации окислительных повреждений в растительной клетке и активизации процессов синтеза продуктов первичного метаболизма и наращивания биомассы растениями.

Ключевые слова: огурец (*Cucumis sativus* L.), конъюгаты, хитозан, кофейная кислота, всхожесть, морфометрические показатели, фотосинтетические пигменты, фенольные соединения, пролин.

K. I. RYBINSKAYA[1], J. N. KALATSKAJA[1], D. K. LAZAREVICH[1],
I. A. OVCHINNIKOV[1], K. M. HERASIMOVICH[1], V. V. NIKALAICHUK[2]

EVALUATION OF THE MODIFIED CHITOSAN COMPOUNDS INFLUENCE ON THE GROWTH AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CUCUMBER (*CUCUMIS SATIVUS* L.) SEEDLS

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academi of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kate.rybinskaya@gmail.com*
[2]*Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

Abstract. The impact of synthesized conjugates of chitosan with caffeic acid, characterized by varying chitosan-to-acid ratios and varying degrees of acid conjugation, on the growth and biochemical indicators of cucumber seedlings was assessed. All samples contributed to the increase in the length and mass of the seedlings and the total chlorophyll content. Additionally, no alterations were observed in the levels of proline and phenolic compounds when cucumber seeds were treated with different concentrations of the resulting conjugates.

Keywords: cucumber (*Cucumis sativus* L.), conjugates, chitosan, caffeic acid, germination, morphometric indicators, photosynthetic pigments, phenols, proline.

Введение

Поиск новых экологически безопасных современных средств защиты, а также разработка альтернативных методов защиты растений от болезней, опирающихся на резервные возможности, заложенные в самом растительном организме, является актуальной задачей растениеводства. Известно, что хитин, хитозан и их олигомеры считаются мощными активными элиситорами иммунитета растений [1–3]. Достоинствами этих полисахаридов является возобновляемая и доступная сырьевая база, а также ряд таких уникальных и ценных свойств, как биосовместимость, нетоксичность и широкий спектр физиолого-биохимической активности [4]. Биологическая активность и элиситорные свойства хитозана зависят от его молекулярной массы, степени полимеризации и дезацетилирования (сочетание остатков N-ацетилглюкозамина и глюкозамина), концентрации, вида растения, химического состава почвы и условий окружающей среды.

Однако низкая растворимость в физиологических средах затрудняет его практическое применение [5]. Реакционноспособные гидроксильные и аминогруппы делают хитозан идеальным материалом-носителем для создания новых соединений на его основе с разнообразной структурой, уникальными функциями и расширяет диапазон его использования [6].

В последнее время фенольные кислоты привлекают внимание ученых, так как они являются натуральными растительными антиоксидантами и широко распространены в природе. Кофейная кислота является ранним промежуточным продуктом метаболизма фенилпропаноидов и предшественником полифенолов и многих вторичных соединений, регулирующих защитные реакции растений [7]. Кофейная кислота, в низких концентрациях, оказывает стимулирующее действие на рост, урожайность и содержание фотосинтетических пигментов растений [8].

Химическая модификация хитозана простыми фенольными соединениями, позволяет получать производные с повышенной растворимостью, антимикробными свойствами, ростостимулирующей и антиоксидантной активностью [6, 9, 10].

Выявлен ростстимулирующий эффект обработки семян конъюгатами на основе хитозана и оксикоричных кислот со степенью их пришивки около 5% при выращивании проростков огурца и ячменя [9, 11] и микроклонов картофеля [12], также установлено снижение интенсивности окислительных процессов в растительных тканях при стрессовой нагрузке. Обработка семян редиса повышала содержание витамина С и снижала количество нитратов в корнеплодах редиса [13]. Однако остается неизвестным влияет ли на ростстимулирующую активность модифицированного хитозана увеличение доли пришитой оксикоричной кислоты. В Институте химии новых материалов НАН Беларуси получены образцы конъюгатов хитозана со степенью пришивки кофейной кислоты до 36,1%. Таким образом, целью данной работы являлась сравнительная оценка влияния синтезированных конъюгатов хитозана с кофейной кислотой со степенью пришивки 5,4% и 36,1% на ростовые и биохимические параметры проростков огурца.

Объекты (материалы) и методы исследования

Объектом исследования служили проростки огурца (*Cucumis sativus* L.) сорта Малышок.

Семена растений обрабатывали механическим перемешиванием с раствором конъюгатов хитозан–кофейная кислота в объеме 140 мкл на 3 г семян до равномерного распределения раствора по поверхности семян. Затем семена выдерживали при комнатной температуре в течение 24 ч. Контролем служили необработанные семена. Обработанные и контрольные семена перед закладкой опыта имели одинаковую исходную влажность.

Конъюгаты хитозана с кофейной кислотой получали карбодиимидным методом с предварительной активацией карбоксильных групп кислоты EDC (1-этил-3-(3диметиламинопропил) карбодиимид гидрохлорид) [11] при различном мольном соотношении компонентов (Хит:КК:EDC = 1:3:9 и 1:1:1). Для синтеза конъюгатов использован хитозан с молекулярной массой 30 кДа и степенью деацетилирования > 90 %. Количественный состав полученных конъюгатов представлен в табл. 1.

Содержание кофейной кислоты в полученных коньюгатах определяли спектрофотометрически по калибровочной кривой A=74,561C (где A-величина поглощения раствора; C– концентрация кофейной кислоты, мг/мл). Спектры поглощения записывали на спектрофлуориметре СМ 2203 (Solar, Беларусь) в кварцевой кювете (длина оптического пути 1 см). Массу пришитой кофейной кислоты и степень пришивки кислоты к хитозану (СП, %) рассчитали по формулам 1–2.

$$m_{приш}=c_{к\text{-}ты}*V_{кон}\ , \qquad (1)$$

где $m_{приш}$ – масса пришитой кислоты, мг;

$c_{к\text{-}ты}$ – концентрация кислоты, рассчитанная из калибровочных графиков с учетом разбавления, мг/мл,

$V_{кон}$ – конечный объем конъюгата, мл.

$$CR=n_{к\text{-}ты}/n_{NH2}*100\%, \qquad (2)$$

где $n_{к\text{-}ты}$ – количество кислоты в коньюгате, моль;

n_{NH2} – количество мономерных звеньев хитозана, содержащих аминогруппы, моль [11].

Для обработки использованы 2 образца конъюгатов с тремя вариантами разведений, в которых содержание кофейной кислоты составляло 10, 50 и 100 мкМоль.

Для определения всхожести семена огурца проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, увлажненной водой, в термостате при 22°С. Определяли всхожесть семян согласно ГОСТу [14].

Проростки огурца получали при выращивании рулонным способом [15] на дистиллированной воде до 7-дневного возраста в условиях искусственного освещения с интенсивностью 4 тыс. люкс, фотопериод: 14 ч – свет, 10 ч – темнота.

Таблица 1. Характеристика состава конъюгатов хитозана с кофейной кислотой

Table 1. Characterization of the composition of conjugates chitosan conjugates with a caffeic acid

Образец	Мольное соотношение Хит : КК : EDC	Степень пришивки, %	С(Хит), мг/мл	С(КК), мг/мл
1	1:3:9	36,1	2,78	1,10
4	1:1:1	5,4	3,33	0,20

Содержание пролина определяли согласно методу [16], в основе которого лежит способность нингидрина при нагревании связываться с пролином с образованием продукта розового цвета. Фотосинтетические пигменты экстрагировали 96%-ным спиртом и рассчитывали согласно [17]. Общее содержание фенольных соединений определяли методом, основанным на их реакции с реактивом Фолина-Чокальтеу [18].

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием общепринятых методик, используя для расчетов и построения графиков MS Excel. Оценку различий между вариантами выполняли при помощи однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), посчитана наименьшая существенная разность (НСР). Результаты представлены в виде M ± SEM (где, M – это среднее арифметическое значение, SEM – стандартная ошибка средней). На диаграммах приведены средние значения показателей с указанием стандартной ошибки средней, надстрочные символы обозначают достоверность различий средних значений по критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценивали влияние конъюгатов на всхожесть и биометрические показатели 7-дневных проростков огурца. Обработка семян Хит-КК с соотношением 1:3, степенью пришивки КК 36,1% и концентрацией 10 и 50 мкМоль (варианты 1/10 и 1/50) способствовала увеличению всхожести на 16% и 22%, соответственно (рис. 1).

Отмечен активный рост корневой системы проростков при обработке конъюгатами хитозана с КК. Так, длина корней увеличивалась во всех вариантах относительно контроля на 27–53% (табл. 2), а сырая масса – на 11–39%. Причем соединение, где соотношение Хит-КК составляло 1:3 со степенью пришивки КК 36,1%, оказало более существенное влияние на накопление биомассы корневой системы по сравнению с образцом с соотношением Хит:КК 1:1 и степенью пришивки КК 5,4%. Также выявлено, что наиболее эффективное действие проявляют образцы конъюгатов с концентрацией кофейной кислоты 10 мкМоль.

При использовании исследуемых соединений увеличивалась длина и масса побегов относительно контрольных растений. Коньюгаты с соотношением Хит:КК 1:3 и степенью пришивки

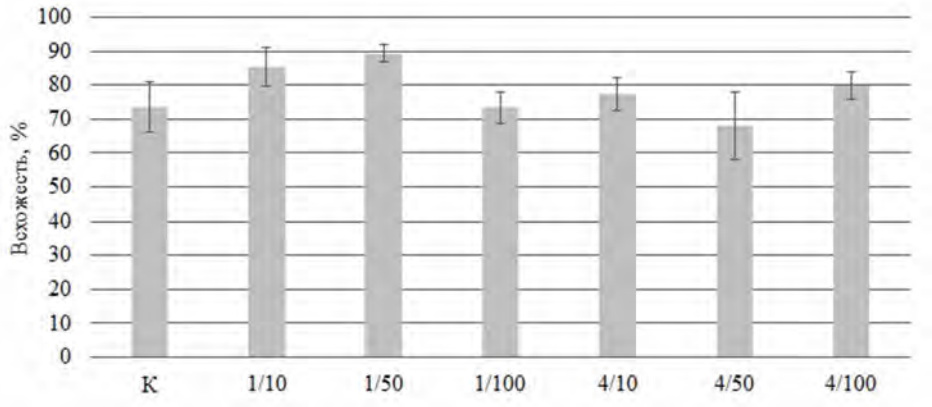


Рис. 1. Всхожесть семян огурца, обработанных конъюгатами хитозана с кофейной кислотой:
К – контроль, 1/10, 1/50, 1/100 – конъюгаты хитозана с концентрацией кофейной кислоты 10, 50, 100 мкМоль соответственно (соотношение Хит:КК – 1:3 и степень пришивки 36,1%), 4/10, 4/50, 4/100 – конъюгаты хитозана с концентрацией кофейной кислоты 10, 50, 100 мкМоль соответственно (соотношение Хит:КК – 1:1 и степень пришивки 5,4%)

Fig. 1. Germination of cucumber seeds treated with chitosan conjugates with caffeic acid:
K – control, 1/10, 1/50, 1/100 – chitosan conjugates with a caffeic acid concentration of 10, 50, 100 μM, respectively (Chit:CA ratio – 1:3 and the degree of cross-linking 36,1%), 4/10, 4/50, 4/100 – chitosan conjugates with a concentration of caffeic acid 10, 50, 100 μM, respectively (Chit:CA ratio – 1:1 and the degree of cross-linking 5,4 %)

Таблица 2. Влияние обработок семян конъюгатами хитозана с кофейной кислотой на биометрические показатели 7-дневных проростков огурца

Table 2. Effect of seed treatments with chitosan-caffeic acid conjugates on biometric parameters of 7-day-old cucumber seedlings

Вариант опыта	Длина корней, см	Сырая масса корней, г	Длина побегов, см	Сырая масса побегов, г	Отношение длины корня к длине побега
Контроль	6,6±0,31	0,058±0,0026	3,8±0,11	0,111±0,0041	1,7
Хит:КК – 1:3, степень пришивки КК 36,1% и концентрацией 10, 50, 100 мкМоль соответственно					
1/10	9,6±0,34*	0,081±0,0048*	4,7±0,10*	0,124±0,0058	2,0
1/50	8,4±0,39*	0,073±0,0033*	4,6±0,10*	0,137±0,0047*	1,8
1/100	9,1±0,34*	0,069±0,0033*	4,6±0,12*	0,125±0,0047	2,0
Хит:КК – 1:1, степень пришивки КК 5,4% и концентрацией 10, 50, 100 мкМоль соответственно					
4/10	10,1±0,30*	0,072±0,0035*	4,3±0,10*	0,135±0,0050*	2,4
4/50	9,5±0,30*	0,066±0,0035	4,2±0,11*	0,123±0,0051	2,3
4/100	9,3±0,37*	0,065±0,0039	4,3±0,08*	0,127±0,0050*	2,2
$НСР_{0,05}$	1,1	0,011	0,3	0,015	
Здесь и далее: * – статистически значимые отличия от контроля ($p \leq 0,05$).					

КК 36,1% (образцы 1), оказывали более значимое влияние на рост побегов по сравнению с образцами 4 (соотношение Хит:КК 1:1 и степень пришивки КК 5,4%.). Однако по массе побегов и по применяемым концентрациям КК такой зависимости не обнаружено.

Одним из надежных биометрических показателей, характеризующим не только онтогенетическое развитие растительного организма, но и уровень его реакции на действие факторов окружающей среды, является отношение длины корней к длине побегов. Применяемые соединения со всеми исследуемыми концентрациями по КК способствовали увеличению отношения длины корней к длине побега по сравнению с контролем, но образцы 4 с соотношением Хит:КК 1:1 и степенью пришивки КК 5,4% вызвали более существенные изменения данного показателя.

Таким образом, выявлен ростстимулирующий эффект конъюгатов хитозана с кофейной кислотой с различным соотношением хитозана и кофейной кислоты и степенью ее пришивки на проростки огурца при обработке семян. Показано, что коньюгаты с соотношением Хит:КК 1:3 и степенью пришивки КК 36,1% обладают более выраженной активностью на формирование побегов, а Хит:КК 1:1 и со степенью пришивки КК 5,4% – на рост корневой системы, причем наиболее эффективная концентрация – 10 мкМоль по КК.

Обработка семян конъюгатами Хит:КК 1:3 и степенью пришивки КК 36,1% (образец 1 с концентрацией КК 10 и 100 мкМоль) приводила к повышению содержания суммы хлорофиллов *a*+*b* в проростках огурца в среднем на 22% относительно контроля (рис. 2), тогда как в других вариантах достоверных изменений не наблюдалось. Повышение содержания фотосинтетических пигментов, вероятно, указывает на активизацию метаболических процессов в системе биосинтеза хлорофилла, что ведет к увеличению количества поглощаемой и преобразуемой световой энергии. Некоторые авторы отмечают, что увеличение содержания хлорофилла напрямую связано со способностью увеличения поглощения кислорода растением, а также способностью поглощения питательных веществ корнями [19].

Известно, что воздействие отдельных химических соединений носит повреждающий характер и может приводить к окислительному стрессу у растений. Поэтому при исследовании новых соединений важно, в том числе, определить их влияние на антиоксидантный статус растительных клеток.

Важными неферментативными низкомолекулярными элементами антиоксидантной системы являются фенольные соединения и пролин. Фенольные соединения выполняют разнообразные физиологические функции в растительной клетке, многие из которых прямо или косвенно связаны с их антиоксидантными эффектами. При этом их рассматривают в качестве полифункциональных протекторов растительных клеток [20–22]. Дополнительный синтез пролина повышает общую устойчивость растений к абиотическим стрессам, так как он защищает мембраны, макромолекулы и структурные элементы клетки, приводя, таким образом, к повышению неспецифической устойчивости. Анализируется возможность рассматривать пролин в качестве метаболического сигнала, регулирующего окислительно-восстановительный гомеостаз и экспрессию некоторых генов стрессового ответа [23–27].

При обработке семян исследуемыми соединениями содержание фенольных соединений и пролина в проростках растений снижалось или оставалось на уровне контрольных показателей (рис. 3 a, b).

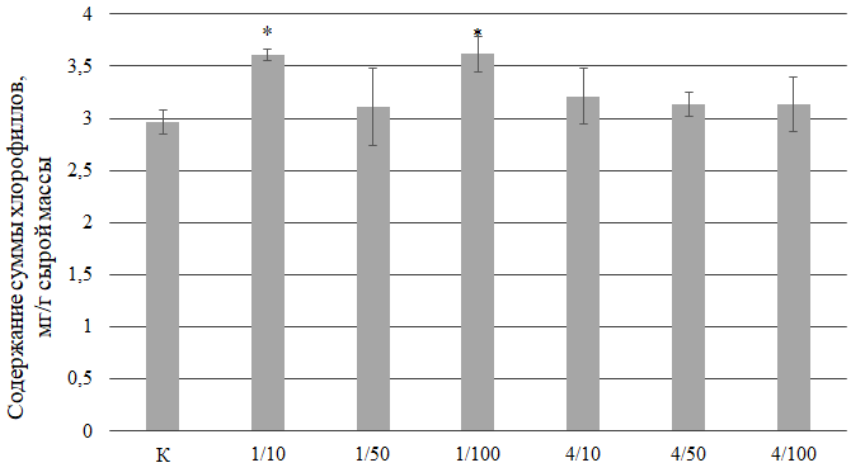


Рис. 2. Влияние конъюгатов хитозан-кофейная кислота на содержание фотосинтетических пигментов в проростках огурца

Fig. 2. Effect of chitosan-caffeic acid conjugates on the content of photosynthetic pigments in cucumber seedlings

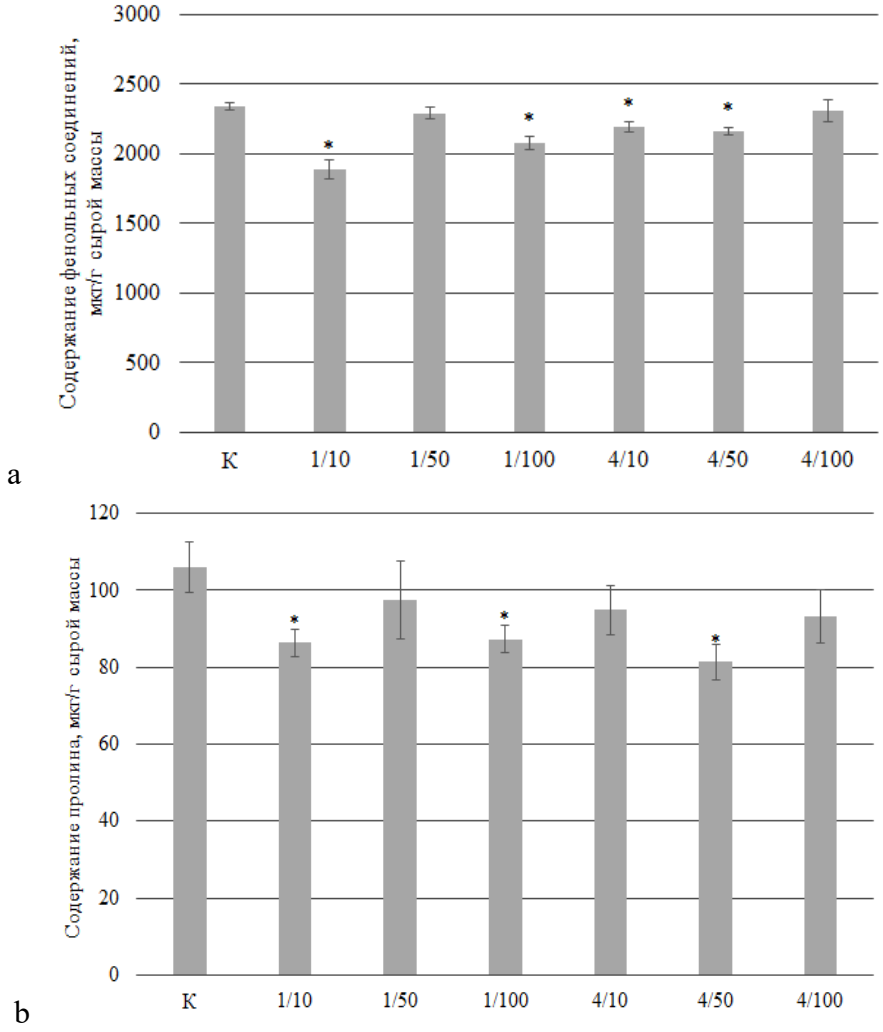


Рис. 3. Влияние конъюгатов хитозан-кофейная кислота на суммарное содержание фенольных соединений (a) и пролина (b) в проростках огурца

Fig. 3. Effect of chitosan-caffeic acid conjugates on the total content of phenolic compounds and proline in cucumber seedlings

Известно, что оксикоричные кислоты регулируют физиологические процессы в растительной клетке, включая минимизацию окислительного повреждения для поддержания клеточного гомеостаза и защиты жизненно важных клеточных компонентов [28]. По-видимому, исследуемые конъюгаты хитозана с кофейной кислотой также проявляют себя как антиоксиданты.

Таким образом, при обработке семян огурцов конъюгатами хитозана с кофейной кислотой с различной степенью пришивки и соотношением соединений выявлено повышение всхожести семян, увеличение длины и массы проростков и суммарного содержания хлорофиллов в семядолях на фоне снижения или отсутствия изменений в содержании пролина и фенольных соединений относительно значений контрольных растений. Показано, что коньюгаты с соотношением Хит:КК 1:3 и степенью пришивки КК 36,1% обладают более выраженной активностью на рост побегов, а Хит:КК 1:1 со степенью пришивки КК 5,4% – на развитие корневой системы. Наблюдаемое снижение содержания фенольных соединений и пролина, вероятно, является следствием процессов минимизации образования активных форм кислорода под действием конъюгатов хитозана с кофейной кислотой и активным синтезом соединений первичного метаболизма.

Заключение

Выявлен ростстимулирующий эффект обработки семян огурцов отдельными синтезированными образцами конъюгатов хитозана с кофейной кислотой, различающимися соотношением соединений, степенью пришивки кофейной кислоты и концентрацией. Так, применение образцов с соотношением Хит:КК 1:3, степенью пришивки КК 36,1% и концентрацией 10 и 50 мкМоль способствовало увеличению всхожести на 16% и 22% соответственно. Все исследуемые образцы стимулировали рост длины и массы проростков и суммарного содержания хлорофиллов в семядолях на фоне снижения или отсутствия изменений в содержании пролина и фенольных соединений относительно значений контрольных растений. Показано, что коньюгаты с соотношением Хит:КК 1:3 и степенью пришивки КК 36,1% обладают более выраженной активностью на рост побегов, а Хит:КК 1:1 со степенью пришивки КК 5,4% – на развитие корневой системы. снижение содержания фенольных соединений и пролина. Действие конъюгатов хитозана с кофейной кислотой вероятно связано с их антиоксидантными свойствами, снижающими окислительные повреждения и способствующими синтезу продуктов первичного метаболизма и наращивания биомассы растениями.

Литература

1. Тютерев, С. Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам / С. Л. Тютерев // Вестник защиты растений. – 2015. – Т. 83, № 1. – С. 3–13.

2. Jiaochen, X. Recognition pattern, functional mechanism and application of chitin and chitosan oligosaccharides in sustainable agriculture / J. Xiaochen, R. R. Mijanur, Y. Heng // Current Pharmaceutical Design. – 2020 – V. 26, Iss. 29. – P. 3508–3521.

3. Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer / M. Chakraborty [et al.] // Agriculture. – 2020. – V.10, Iss. 12. – P. 624.

4. Guan, Z. Chitosan and chitooligosaccharide: the promising non-plant-derived prebiotics with multiple biological activities / Z. Guan, Q. Feng // Int. J. Mol. Sci. – 2022. – V. 23. – P. 6761.

5. Qin, Y. Antimicrobial chitosan conjugates: Current synthetic strategies and potential applications / Y. Qin, P. Li // International journal of molecular sciences. – 2020. – V. 21, № 2. – P. 499.

6. Хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты / В. П. Варламов [и др.] // Успехи биологической химии. – 2020. – Т. 60. – С. 317–368.

7. Caffeic acid affects early growth, and morphogenetic response of hypocotyl cuttings of mung bean (*Phaseolus aureus*) / D. R. Batish [et al.] // Journal of Plant Physiology. – 2008. – V. 165, № 3. – P. 297–305.

8. El-Awadi, M. E. Investigations of growth promoting activity of some phenolic acids / M. E. EI-Awadi, M. G. Dawood, Y. R. Abdel-Baky, K. G. EI-Rokiek // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. – 2017. – P. 53–60.

9. 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.

10. İlyasoğlu, H. Water soluble chitosan-caffeic acid conjugates as a dual functional polymeric surfactant / H. İlyasoğlu, Z. Guo // Food Bioscience. – 2019. – V. 29. – P. 118–125.

11. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: Synthesis, photostability and phytotoxicity to seed germination of barley / V. Nikalaichuk [et al.] // Applied Polymer Science. – 2022. – V. 139, № 14. – P. 51884.

12. Стимулирующее действие оксикоричных кислот и их конъюгатов с хитозаном на рост и биохимические показатели микроклонов картофеля in vitro / Н. А. Еловская [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2023. – Т. 66, № 6. – С. 605–613.

13. 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.

14. Семена сельскохозяйственных культу. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038 – 84. – Введ. 19.12.84. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 58 с.

15. Кабашникова, Л. Ф. Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян: метод. указания / Л. Ф. Кабашникова. – Минск, 2003. – 31 с.

16. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах / Г. Н. Шихалеева [и др.] // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия: биология. – 2014. – Т. 21, № 1112. – С. 168–172.

17. Lichtenthaler, H. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents / H. K. Lichtenthaler, A. R. Wellburn // Biochemical Society Transactions. – 1983. – V. 11, № 5. – P. 591–592.

18. Singleton, V. L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent / V. L. Singleton, R. Orthofer, R. M. Lamuela-Raventós // Methods in enzymology. – Academic press. – 1999. – V. 299. – P. 152–178.

19. Plant-based biostimulants and plant stress responses / Q. Ali [et al.] // Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses. – 2020. – P. 625–661.

20. Колупаев, Ю. Е. Активные формы кислорода, антиоксиданты и устойчивость растений к действию стрессоров / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец. – Киев: Логос, 2019. – 277 с.

21. Pratyusha, S. Phenolic compounds in the plant development and defense: an overview / S. Pratyusha // Plant stress physiology-perspectives in agriculture. – 2022. – С. 125–140.

22. Kulbat, K. The role of phenolic compounds in plant resistance / K. Kulbat // Biotechnology and Food Science. – 2016. – Т. 80, № 2. – С. 97–108.

23. Proline mechanisms of stress survival / X. Liang [et al.] // Antioxidants & redox signaling. – 2013. – V. 19, № 9. – P. 998–1011.

24. Molecular mechanisms for the reaction between OH radicals and proline: insights on the role as reactive oxygen species scavenger in plant stress / S. Signorelli [et al.] // The Journal of Physical Chemistry B. – 2014. – V. 118, № 1. – P. 37–47.

25. Колупаев, Ю. Е. Антиоксидантная система растений: клеточная компартментация, защитные и сигнальные функции, механизмы регуляции (обзор) / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец, Л. Ф. Кабашникова // Прикл. биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 5. – С. 419–440.

26. Proline accumulation in plants: roles in stress tolerance and plant development / M. I. Dar [et al.] // Osmolytes and plants acclimation to changing environment: emerging omics technologies. – 2016. – С. 155–166.

27. Assessment of proline function in higher plants under extreme temperatures / A. Raza [et al.] // Plant Biology. – 2023. – V. 25, № 3. – P. 379–395.

28. Insights into the effects of hydroxycinnamic acid and its secondary metabolites as antioxidants for oxidative stress and plant growth under environmental stresses / S. Khawula [et al.] // Current Issues in Molecular Biology. – 2023. – V. 46, № 1 – P. 81–95.

Поступила в редакцию 18.10.2024 г.

УДК 581.1:633/635; 577.218

А. А. СМИРНОВ, Е. М. КАБАЧЕВСКАЯ, С. В. СУХОВЕЕВА, И. Д. ВОЛОТОВСКИЙ

О МЕХАНИЗМАХ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) К ФИТОФТОРОЗУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ФЕНИЛПРОПАНОИДНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: aasm96@bk.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ изменений экспрессии трех генов семейства циннамил-алкогольдегидрогеназ (*CAD1, CAD6, CAD9*), а также накопления фенольных соединений при инфицировании фитофторой (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)) листьев картофеля сортов белорусской селекции, различающихся по устойчивости к фитофторозу. Установлено, что уровень экспрессии *CAD1, CAD6 и CAD9* в тканях листьев картофеля зависит от сорта и от времени заражения. В листьях высокоустойчивого и среднеустойчивых сортов картофеля в ответ на атаку фитофторы (*Phytophthora infestans*) наблюдалось увеличение общего содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот, в то время как неустойчивый сорт картофеля отвечал их снижением. Таким образом, можно предполагать, что фенилпропаноидный метаболизм играет важную роль в формировании защитных механизмов растений картофеля в ответ на заражение фитофторозом. Ответные реакции наблюдаются как на уровне накопления различных групп фенилпропаноидов, так и на уровне экспрессии генов ферментов, ответственных за их биосинтез.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), фитофтора (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), сорта, фенилпропаноидный метаболизм, гидроксикоричные кислоты, лигнин, генная экспрессия, гены семейства CAD.

A. A. SMIRNOV, A. M. KABACHEVSKAYA, S. V. SUHOVEEVA, I. D. VOLOTOVSKI

THE FORMATION MECHANISMS OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) RESISTANCE TO LATE BLIGHT ON VARIOUS STEPS OF PHENYLPROPANOID METABOLISM

Institute Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: aasm96@bk.ru

Abstract. A comparative analysis of changes in expression of three genes of cinnamyl alcohol dehydrogenase family (*CAD1, CAD6, CAD9*), as well as an accumulation of phenolic compounds during infection with late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)) of potato leaves of belarusian cultivars differing in their resistance to late blight was carried out. It was found that the expression of the *CAD1, CAD6 and CAD9* in the tissues of potato leaves depends on the variety and the time of infection. In the leaves of highly and moderately resistant potato varieties, an increase in the content of total phenolic compounds and hydroxycinnamic acids was observed in response to the attack of late blight, while the susceptible cultivar responded with a decrease in their content. Thus, it can be assumed that phenylpropanoid metabolism plays an important role in the formation of defense mechanisms of potato plants in response to late blight infection. Responses are observed both at the level of accumulation of various groups of phenylpropanoids and at the level of expression of genes of enzymes responsible for their biosynthesis.

Key words: potato (*Solanum tuberosum* L.), late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), cultivars, phenylpropanoid metabolism, hydroxycinnamic acids, lignin, gene expression, CAD family genes.

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из самых востребованных сельскохозяйственных культур, которая по объемам производства в мировой экономике занимает четвертое место после кукурузы, риса и пшеницы. Ежегодно инфекционные болезни наносят ущерб его урожайности и, как следствие, национальной экономике. Несмотря на развитие профилактических и прямых мер борьбы с фитопатогенами, заболеваемость картофеля остается значимой проблемой. Каждые 2–3 года происходят вспышки заболеваемости, которые приводят, в зависимости от вида патогена, к существенным потерям урожая (иногда до 50–80%) [1]. Одним из наиболее вредоносных фитопатогенов картофеля является оомицет фитофтора (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), обладающий исключительной способностью преодолевать различные способы борьбы с ним [2, 3].

В основе стратегии обеспечения продовольственной безопасности в сфере сельского хозяйства, в том числе в области картофелеводства, лежит селекция сортов с высокой устойчивостью к тем или иным патогенам, а также создание эффективных химических или биологических средств борьбы. Изучение фундаментальных механизмов формирования защитных реакций растений является необходимым этапом как для обнаружения новых перспективных селективных маркеров, полезных для выведения более устойчивых сортов, так и для создания биобезопасных средств защиты растений от фитопатогенов различной природы.

В данном контексте актуальным представляется углубленное изучение участия в механизмах развития ответных реакций картофеля на заражение фитофторой ключевой группы полифенольных вторичных метаболитов растений – фенилпропаноидов (на уровне генов и метаболитов).

На сегодняшний день накоплено большое количество данных, свидетельствующих о важной роли фенилпропаноидов в жизнедеятельности растений [4–6]. Широко известно, что основной функцией растительных фенолов, в том числе фенилпропаноидов, является защита растений и расширение их адаптивного потенциала. В рамках реализации иммунных ответов растений развивается многокомпонентный защитный ответ, который, в том числе, может включать изменение и перепрограммирование экспрессии большого числа генов метаболизма фенольных соединений (ФС), накопление транскриптов и синтез ферментов, катализирующих образование различных групп защитных соединений, таких, например, как фитоалексины [7].

Одним из наиболее важных продуктов фенилпропаноидного метаболизма является лигнин – природный фенольный полимер с высокой молекулярной массой, сложным составом и структурой, представляющий собой важный компонент клеточных стенок высших наземных растений [8, 9]. Он укрепляет клеточные стенки, влияет на процессы переноса воды, действует как физический барьер для патогенов и т.д. Ароматические звенья, из которых состоит полимер лигнин, так называемые монолигнолы, объединяются в молекулу лигнина в ходе окислительной полимеризации гидроксикоричных спиртов (п-кумарилового, конифери лового и синапилового). Путь синтеза монолигнолов включает множество субстратов и ферментов, среди которых важную роль играют ферменты семейства CAD (циннамил-алкогольдегидрогеназы), катализирующие последнюю стадию их синтеза [10, 11]. В научной литературе имеются данные, касающиеся влияния монолигнолов, лигнина и ферментов их синтеза, на различные физиологические процессы растений, в том числе, на функционирование механизмов защиты от биотического и абиотического стресса. Например, заражение *Populus* грибком ржавчины *Melampsora larici-populina* приводило к сильному накоплению монолигнолов в течение двух дней после заражения [12]. Инокуляция суспензии грибкового патогена *Ceratocystis polonica* в область непосредственно под перидермой или в середину флоэмы ели обыкновенной приводила к накоплению в клетках паренхимы ФС, в результате чего участок вокруг места инокуляции становился частично или полностью одревесневшим, что приводило к предотвращению проникновения инфекции в более глубокие слои стебля [13].

Образуемые ферментами CAD монолигнолы (гидроксикоричные спирты) являются конечными метаболитами фенилпропаноидного пути. Начальные этапы их синтеза включают активность таких ферментов, как фенилаланинаммиаклиаза, циннамат 4-гидроксилаза и 4-кумарат КоА-лигаза, приводящие к образованию гидроксикоричных кислот (ГКК) [14]. Нами ранее исследована реакция генов ферментов начальных этапов фенилпропаноидного метаболизма в клетках листьев картофеля на заражение фитофторой [15].

Целью настоящего исследования стал сравнительный анализ профилей экспрессии на транскрипционном уровне генов ферментов семейства CAD, а также изменений общего содержания ФС и ГКК в клетках листьев в ответ на заражение фитофторой растений картофеля сортов белорусской селекции, различающихся по устойчивости к фитофторозу.

Объекты (материалы) и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали растения картофеля *Solanum tuberosum* L. сортов белорусской селекции, различающихся по баллам устойчивости к фитофторозу листьев, которые присвоены селекционерами при тестировании создаваемых сортов. Баллы, характеризующие устойчивость сортов к фитопатогену, присваиваются в диапазоне от 3 до 9. Чем меньше балл, тем ниже устойчивость к конкретному заболеванию и наоборот, чем больше балл, тем устойчивость выше. В данной работе использовалось 5 сортов картофеля со следующими баллами устойчивости к фитофторозу листьев: Уладар – 3, Зорачка – 4, Лилея – 5, Скарб – 5, Вектар – 8 [16]. Таким образом, сорт Уладар относится к неустойчивым сортам, Вектар – к высокоустой-

чивым, Зорачка, Лилея, Скарб – к среднеустойчивым. Растения выращивались из клубней в условиях грунтовой теплицы на базе РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

В возрасте 8 недель от растений картофеля отделялись сложные листья, которые использовались для проведения заражения и отбора образцов тканей. На контроль и опыт отводилось по 6 листьев каждого исследуемого сорта. Листья помещали на стеклянные плашки, обернутые смоченной водой фильтровальной бумагой. В опытной группе на каждую долю сложного листа наносилась капля раствора, содержащего конидии фитофторы (≈10 конидий в наблюдаемой зоне микроскопа при увеличении ×120) [1]. Смесь сложных рас *Phytophthora infenstans* представлена отделом иммунитета и защиты картофеля РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В контрольной группе вместо раствора конидий использовали воду. Для нанесения одинаковых по объему капель использовали микродозатор. Плашки с листьями помещались в специальные шкафы для инкубации в условиях высокой влажности. Через одни, двое и трое суток после инокуляции патогена проводилась фотосъемка листовых пластинок для оценки изменений площади очагов поражения, а также отбирались образцы тканей для выделения пула общей РНК и приготовления водно-спиртовых экстрактов для определения содержания ФС и ГКК. Все варианты анализировались в 2 биологических и 3–5 экспериментальных повторностях.

Фотосъемку листовых пластинок для характеристики развития инфекции путем оценки изменений очагов заражения проводили с использованием камеры Canon EOS 750D. Для анализа фотоснимков и определения процента пораженных тканей использовалась программа для обработки изображений в области медицинских и биологических исследований ImageJ 1.37v («Wayne Rasband», США) и Adobe Photoshop CS6.

Для выделения РНК образцы тканей 50–100 мг помещались в 2,0 мл микроцентрифужные пробирки и замораживались в жидком азоте, а после доставки в лабораторию хранились в низкотемпературном морозильнике «Thermo Forma-86C» (Thermo Fisher Scientific, США) при температуре -72°C. Гомогенизацию тканей и выделение общей РНК проводили с использованием реактива TRI-Reagent (Sigma-Aldrich, Германия) в соответствии с протоколом производителя. Содержание РНК в полученных препаратах оценивали на спектрофотометре NanoDrop 2000c (Thermo Fisher Scientific, США) путем измерения поглощения растворов РНК при 260, 280 и 320 нм в соответствии с алгоритмом специализованной программы, предназначенной для измерения количества РНК, входящей в пакет программ спектрофотометра NanoDrop. Качество полученных препаратов тестировалось спектрофотометрически (по показателю A260/280, которое у чистых образцов должно составлять 2,0–2,2).

Синтез кДНК проводили с использованием ДНК-амплификатора Biometra T-1 (Analytik Jena, Германия) с режимом работы: обработка ДНКазой – 30 мин при T = 37°C; инактивация ДНКазы – 10 мин при T = 65°C; отжиг случайных гексамерных праймеров – 5 мин при T = 65°C; синтез кДНК – 5 мин при T = 25°C, 10 мин при T = 42°C, 60 мин при T = 70°C, 10 мин при T = 10°C. Для синтеза кДНК использовали следующие реактивы (все реагенты производства Thermo Fisher Scientific, США): фермент ДНКаза, гексамерные праймеры, ингибитор РНКаз, 10 мМ смесь дНТФ, фермент обратная транскриптаза, буферные растворы для работы используемых ферментов, ЭДТА, вода безнуклеазная.

ОТ-ПЦР (ПЦР, сопряженный с обратной транскрипцией) в реальном времени проводили на приборе «CFX96 Touch™ Real-Time PCR Detection System» с использованием набора мастер-микс Luna® Universal qPCR Master Mix (New England Biolabs, США) в соответствии с протоколом фирмы-производителя.

Реакционная смесь для ПЦР содержала мастер-микс, УДГ (фермент урацил-ДНК-гликозилаза, используемый для расщепления потенциально присутствующих в растворах контаминирующих ампликонов), ген-специфические олигонуклеотидные ДНК-праймеры (Genterra, Россия) для амплификации кДНК транскриптов целевых генов *CAD1, CAD6, CAD9* или гена-нормализатора *EF1*, а также кДНК-матрицу. В качестве гена-нормализатора использовали ген фактора элонгации картофеля *EF1α* (AB061263; 5’-3’-последовательности праймеров – EF1S: ATTGGAAACGGATATGCTCCA, EF1A: TCCTTACCTGAACGCCTGTCA).

Расчет уровня относительной экспрессии R исследованных генов в клетках листьев картофеля проводили с помощью специализированной программы REST (relative expression software tool), версия REST-MCS с использованием Pair Wise Fixed Reallocation Randomisation Test© [17, 18]. Расчет и статистический анализ изменений относительного уровня экспрессии (R) для каждого из исследованных генов проводился в соответствии с требованиями используемой программы. В качестве биологического контроля

при расчете уровней экспрессии целевых генов в каждый определенный день после заражения использовались листья картофеля, которые обрабатывались водой и пролежали в шкафах для инкубации то же время, что и соответствующие зараженные фитофторой образцы. Значение экспрессии гена в контрольных образцах принимается за единицу согласно алгоритму программы REST.

Определение суммарного количества ФС и ГКК проводили фотометрическим методом. Замороженные ткани лиофилизировались (лиофильная сушка LyoQuest -85, «Telstar», Испания) и использовались для приготовления водно-спиртовых экстрактов. Параметры экстракции фенольных соединений и ГКК из лиофилизированных тканей листьев картофеля предварительно оптимизировались под условия эксперимента [19]. Суммарное количество ФС определяли при длине волны 720 нм с использованием реактива Фолина-Чокальтеу, суммарное количество ГКК определяли методом прямой фотометрии при длине 325 нм. Измерения проводили с использованием кварцевой кюветы с длиной рабочего слоя 10 мм на спектрофлуориметре Solar CM2203 (Беларусь). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 8.0. Для оценки различий между двумя группами использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе использовали сорта картофеля белорусской селекции с известными баллами устойчивости к фитофторозу листьев, присвоенные селекционерами на стадии выведения сортов в соответствии с общепринятыми методиками [1, 20–22]. Согласно данным методикам для оценки устойчивости сорта определение размеров некротических пятен и их доли от общей площади листа при капельном способе инокуляции проводят на 4-е сутки или позднее. В связи с тем, что задачей данного исследования была характеристика ранних этапов развития защитного ответа растений (до 3 суток), проведен анализ образования очагов поражения фитофторозом листьев исследуемых сортов в период 1–3 суток после инокуляции, для того, чтобы оценить внешние проявления инфекции в тот же временной период, когда проводится анализ внутриклеточных реакций исследуемых растений. Обнаружено, что после 24 часов с момента инокуляции листьев всех исследованных сортов картофеля суспензией патогена видимых очагов поражения не наблюдалось.

Однако уже на вторые сутки после инокуляции на листьях растений высокоустойчивого сорта Вектар и сортов со средней устойчивостью Скарб, Лилея и Зорачка, отмечены незначительные поражения тканей (порядка 1%) (рис. 1). Интересно отметить, что процент пораженных тканей у сортов со средней устойчивостью во 2 день заражения сопоставим или даже меньше, чем у устойчивого сорта Вектар. Однако к третьим суткам процент поражения у данного сорта оставался практически неизменным (около 1%), в то время как у сортов со средней устойчивостью резко возрастал.

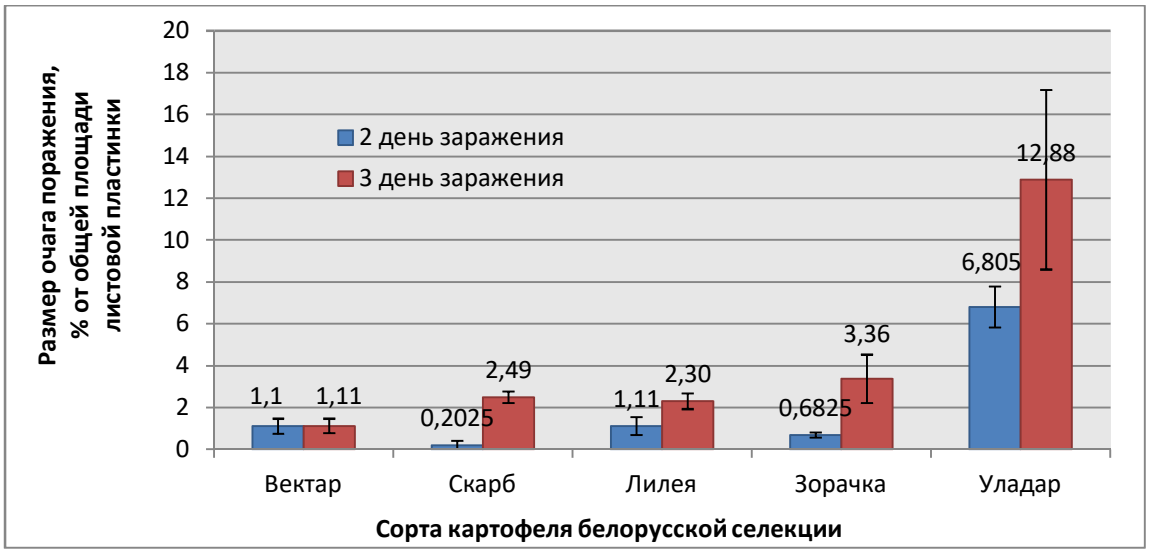


Рис. 1. Изменения очагов поражения фитофторозом тканей листьев растений картофеля сортов белорусской селекции

Fig. 1. Changes in the size of late blight lesions on leaves of potato cultivars of Belarusian selection

Что касается низкоустойчивого сорта Уладар, то процент поражения тканей и на вторые, и на третьи сутки эксперимента был значительно выше, чем у всех остальных сортов.

Таким образом, выявленные нами изменения очагов поражения фитофторозом тканей листьев сортов картофеля на ранних этапах заражения происходили в соответствии с их баллами устойчивости к данному патогену и описываемые далее результаты экспериментов по определению экспрессии генов семейства CAD и характера накопления ФС можно трактовать, в том числе, и в контексте различной устойчивости сортов картофеля белорусской селекции к фитофторозу.

Для анализа характера экспрессии генов семейства циннамил-алкогольдегидрогеназ *CAD1, CAD6, CAD9* предварительно разработаны ген-специфические ДНК-праймеры. Конструирование праймеров проводилось с помощью пакета программ в общественном доступе «Primer-BLAST» (NCBI), оценивались их физико-химические свойства, способность образовывать гетеродимеры, дуплексы, иные вторичные структуры, степень их стабильности, длину и температуру плавления самих праймеров и образуемых ими ампликонов и т.п. В табл. 1 приведены основные характеристики разработанных пар праймеров. Далее проведена оптимизация их работы в ПЦР, оценена специфичность и эффективность их работы. В частности, с помощью электрофореза показано, что реальные размеры ПЦР-продуктов в целом совпадают с ожидаемыми, неспецифических ПЦР-продуктов не обнаруживается (рис. 2).

Таблица 1. Ген-специфические ДНК-праймеры для генов синтеза монолигнолов

Table 1. Gene-specific DNA primers for monolignol synthesis genes

Название праймера	Олигонуклеотидная последовательность ДНК-праймера	Название гена	Идентификатор нуклеотидной последовательности в базе данных GenBank NCBI	Ожидаемый размер ампликонов, пн
CAD1Sj	TCCCTGTTCGTTCTTCCTTCCA	CAD1	XM_006360667.2	138
CAD1Aj	ATCACTGCTGACTGCCCTCC			
CAD6Sj	GTTGCTGATCATAGGTACGTGG	CAD6	XM_006356834.2	174
CAD6Aj	AGCTACA TGTCCAAGTCCACC			
CAD9Sj	GGCTCCGTTGCTCAGTTTAC	CAD9	XM_006355075.2	114
CAD9Aj	CCAACAAGCTTCCTACCCAAA			

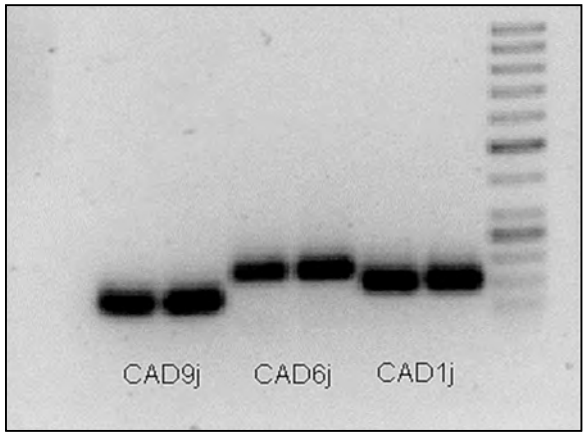


Рис. 2. Агарозный гель-электрофорез ампликонов CAD9j, CAD6j, CAD1j

Fig. 2. Agarose gel electrophoresis of PCR amplicons of CAD9j, CAD6j, CAD1j

Полученные оптимизированные праймеры использованы для постановки ОТ-ПЦР в реальном времени и последующего определения уровня относительной экспрессии (R) генов *CAD1, CAD6, CAD9* в клетках листьев картофеля различных сортов, подвергшихся заражению фитофторозом (рис. 3).

В отношении высокоустойчивого сорта Вектар зафиксирована повышенная экспрессия гена *CAD1* в 1 и 2 сутки после инфицирования листьев, хотя только на 2 сутки повышенный уровень был статистически значимым и составлял примерно 150% относительно контроля. В клетках листьев низкоустойчивого сорта Уладар в первые сутки отмечена тенденция к повышению уровня экспрессии *CAD1*, однако с течением времени наблюдалось ее снижение. Уровень экспрессии в тканях растений картофеля сортов со средней устойчивостью в целом мало отличался от контрольного и проявлял тенденцию к снижению, за исключением сорта Лилея, в тканях которого на 2 сутки отмечена тенденция к повышению уровня экспрессии *CAD1*.

Интересные результаты зафиксированы в отношении гена фермента CAD6. Сорта со средней устойчивостью Лилея и Зорачка, а также низкоустойчивый сорт Уладар в целом отвечали снижением экспрессии гена в ответ на заражение (особенно в 1 и 3 сутки). Повышенный уровень экспрессии у высокоустойчивого сорта Вектар отмечен в первый день после инфицирования, затем он постепенно снижался. Неожиданно высоким уровнем экспрессии данного гена отметился

среднеустойчивый сорт Скарб, у которого в первый день после заражения значения R для экспрессии *CAD6* были практически в 7 раз выше, чем в контроле, что, по всей видимости, является его сортовой особенностью.

В отношении *CAD9* отмечены следующие закономерности. В первые сутки после инфицирования экспрессия данного гена в основном была близка к контрольным значениям. Заметное снижение отмечено только в клетках листьев сорта Зорачка. На второй день наблюдалась схожая картина. К третьим же суткам эксперимента достоверно повышенный уровень экспрессии гена *CAD9* отмечен исключительно у сорта Вектар.

Если провести сравнительную характеристику изменений экспрессии *CAD1*, *CAD6* и *CAD9* в тканях высокоустойчивого сорта Вектар и низкоустойчивого сорта Уладар (как наиболее контрастных по устойчивости к фитофторе листьев), то можно отметить следующие особенности. В периоды максимального усиления экспрессии всех исследованных генов в клетках листьев сорта Вектар наблюдается понижение экспрессии соответствующих генов в клетках листьев сорта Уладар. Кроме того, в отношении Вектара примечательно последовательное включение всех исследованных генов, в первые сутки заражения – *CAD6*, во вторые – *CAD1*, в третьи – *CAD9*.

Следует отметить, что работы, посвященные изучению экспрессии генов *CAD* в растениях картофеля в условиях заражения фитофторой, в научной литературе практически отсутствуют. В то же время, имеются исследования, посвященные изучению экспрессии данного семейства генов в ответ на действие стрессовых факторов в тканях других видов растений, в том числе имеющих сельскохозяйственное значение. Так, например, для растений *Arabidopsis* показано, что экспрессия ряда генов семейства CAD увеличивается в ответ на заражение *Pseudomonas syringae pv. tomato* [23]. Отмечается также усиление экспрессии сразу нескольких генов *GhCAD* в растениях хлопка при их атаке патогеном *Verticillium dahliae* [24]. Отдельные представители семейства CAD *Nicotiana tabacum* проявляют чувствительность к действию фитопатогена *Erysiphe cichoracearum*, что выражается в повышенной чувствительности к инфекции у мутантов с выключенным геном *CAD* [25]. Для растений риса показана положительная роль генов CAD в формировании устойчивости к *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* [26].

Интересно, что для ряда растений и их патогенов показана положительная связь между устойчивостью сорта (линии) к данному заболеванию и повышенным уровнем экспрессии генов семейства *CAD*. Например, уровни транскрипции *TaCAD12* у устойчивых к *Rhizoctonia cerealis* линий пшеницы были выше по сравнению с таковыми у восприимчивых линий пшеницы [27].

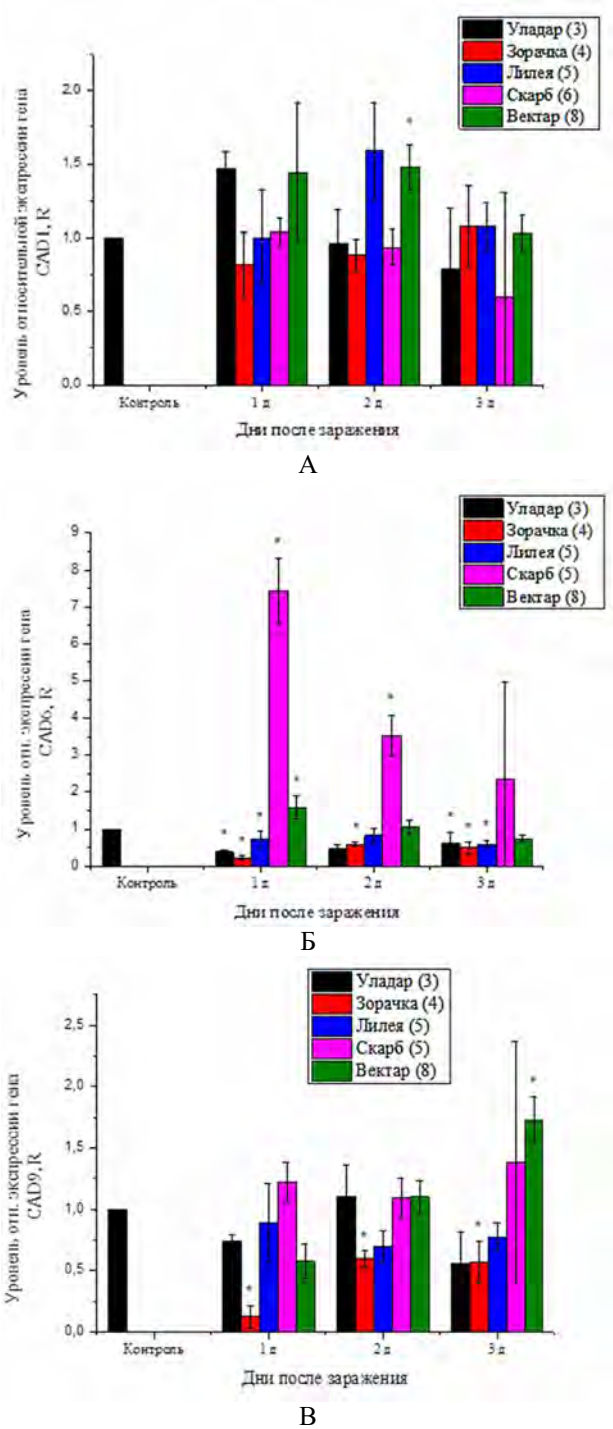


Рис. 3. Уровень относительной экспрессии (R) *CAD1* (А) , *CAD6* (Б), *CAD9* (В) в тканях листьев картофеля сортов белорусской селекции при заражении фитофторозом

Fig. 3. Relative expression level (R) of *CAD1* (A), *CAD6* (Б), *CAD9* (В) in leaf tissues of potato cultivars of Belarusian selection infected with late blight

В масштабном исследовании реакции транскриптома *Momordica charantia* на заражение патогеном *Podosphaera xanthii* показано, что ряд генов, ассоциированных с различными этапами фенилпропаноидного метаболизма, в том числе, изоформы фенилаланинаммиаклиазы, а также гены CAD, демонстрировали заметно повышенную экспрессию в резистентной категории линий по сравнению с их восприимчивыми аналогами при заражении *P. xanthii* [28]. Эти данные согласуется с полученными нами результатами по сортозависимости экспрессии генов CAD картофеля и устойчивости исследованных белорусских сортов к фитофторозу.

Таким образом, уровень относительной экспрессии генов *CAD1*, *CAD6* и *CAD9* в тканях листьев картофеля различается как в зависимости от времени заражения, так и от сорта картофеля. Повышение экспрессии данной группы генов может быть связано с повышением синтеза монолигнолов и накопления лигнина в тканях зараженных листьев. Здесь следует отметить, что нуклеотидная последовательность гена *CAD9* при blast-анализе показывает довольно высокий уровень сходства с генами с маннит-дегидрогеназной активностью [29]. Такая ферментативная активность сама по себе имеет защитную функцию у многих видов растений и помогает бороться против действия ряда патогенов [30, 31].

Обнаруженные тенденции позволяют предполагать, что исследованные гены могут играть важную роль в реализации защитных механизмов растений картофеля в контексте их устойчивости к фитофторе, однако характер их конкретного участия и степень вовлеченности в данные механизмы требует дальнейшего изучения и уточнения.

Помимо определения изменений в характере экспрессии генов семейства CAD, проводили также оценку динамики общего содержания ФС, а также накопления ключевой группы фенилпропаноидов ГКК, в тканях листьев картофеля в ответ на действие фитофторы (рис. 4, 5).

Установлено, что в тканях листьев четырех из пяти исследованных сортов (высокоустойчивый сорт Вектар и среднеустойчивые сорта Скарб, Лилея, Зорачка) наблюдалось повышенное общее содержание ФС и ГКК в течение всех трех дней после заражения. В то же время, для листьев неустойчивого сорта Уладар было свойственно снижение уровня ФС и ГКК. При этом интенсивность и динамика выявленных изменений несколько различалась между сортами. Обнаружено, например, что для листьев высокоустойчивого сорта Вектар в течение всех 3 дней заражения характерно стабильно более высокое содержание ФС по сравнению с контролем. Сходная динамика наблюдалась для накопления ГКК. При этом превышение опытных значений над контрольными составило для ФС – 8–10%, для ГКК – 12–14%. В листьях среднеустойчивых сортов с баллом устойчивости 5 в первый день заражения фиксировался быстрый (даже больший, чем у Вектара) рост накопления ФС (на 22% у Скарба, на 25% у Лилеи) и ГКК (18% у Лилеи, 37% у Скарба). У Зорачки с баллом устойчивости 4 максимум общего увеличения ФС (16%) и ГКК (20%) выявлен на 2-ой день заражения. При этом в листьях Лилеи содержание ФС и ГКК быстро падало уже на второй день, у сорта Скарб резкое снижение ФС отмечено к третьему дню после инфицирования, у Зорачки к 3-ему дню содержание ФС и ГКК также снижалось. У сорта Уладар с баллом устойчивости 3 в первый день после заражения листьев фитофторой обнаружено пониженное (85–90% от контроля) содержание ФС и ГКК, затем наблюдалось постепенное их увеличение таким образом, что на 3-ий день содержание изучаемых групп веществ превосходило контроль на 10–14%.

В целом, можно говорить о том, что в листьях исследованных высокоустойчивого и среднеустойчивых сортов уровень содержания ФС возрастает на достаточно ранних этапах развития ответа и сохраняется повышенным до 3 суток после инфицирования у большинства исследованных сортов. Однако неустойчивый сорт отвечал снижением содержания фенилпропаноидов. Эти данные свидетельствуют о том, что фенилпропаноидные соединения являются одной из составляющих механизма ответа картофеля на действие фитофторы, причем для одних сортов характерно увеличение накопления фенилпропаноидов, для других – снижение.

Следует отметить, что в научной литературе регулярно сообщается об увеличении содержания тех или иных групп ФС в ответ на действие биотических факторов (атака насекомых-фитофагов, заражение патогенными микроорганизмами или колонизация полезными микроорганизмами). Однако некоторые исследования приходят к противоположным выводам. В одной из работ, посвященных мета-анализу влияния биотических факторов на метаболизм полифенолов, осуществлена попытка выявить некоторые общие тенденции в образовании фенолов в растениях в ответ на биотический фактор внешней среды [32]. В частности, мета-анализ подтвердил, что общей реакцией в ответ на атаку насекомыми или колонизацию бактериальными или грибковыми микроорганизмами можно считать повышение суммарного содержания ФС.

Между тем, реакции растительного полифенольного метаболизма на атаку оомицетов, к которым относится и фитофтора, обнаруженные в ходе данного мета-анализа, оказались более противоречивыми. Авторы исследования отмечают, что это, по всей вероятности, связано с недостаточным числом работ, попавших в анализ, и подчеркивают, что необходимы будущие исследования для изучения фенольной индукции оомицетами на примере различных растений-хозяев и в расширенном временном диапазоне действия, поскольку несколько исследований позволяют полагать, что такая индукция существует.

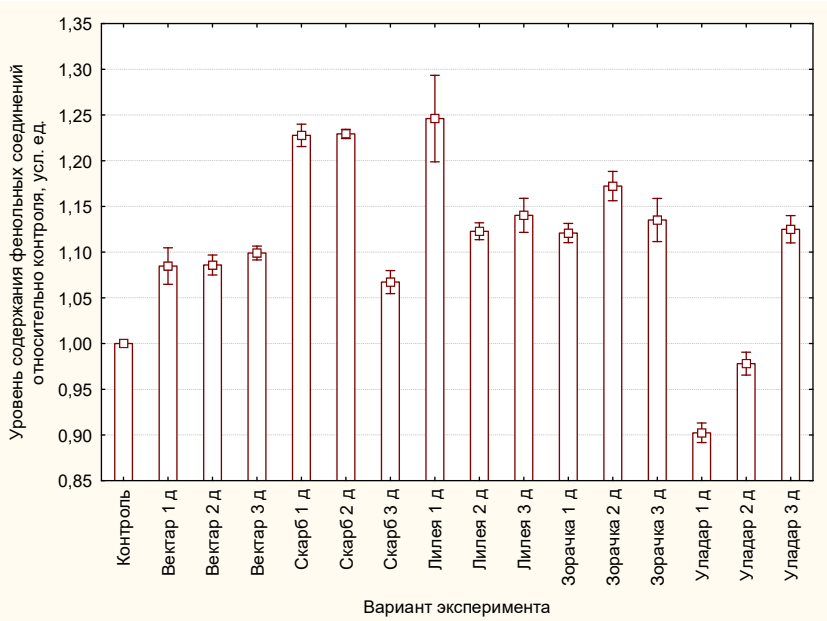


Рис. 4. Динамика содержания фенольных соединений в тканях листьев картофеля сортов белорусской селекции в условиях заражения фитофторозом

Fig. 4. Dynamics of the content of phenolic compounds in the tissues of potato leaves of Belarusian cultivars infected with late blight

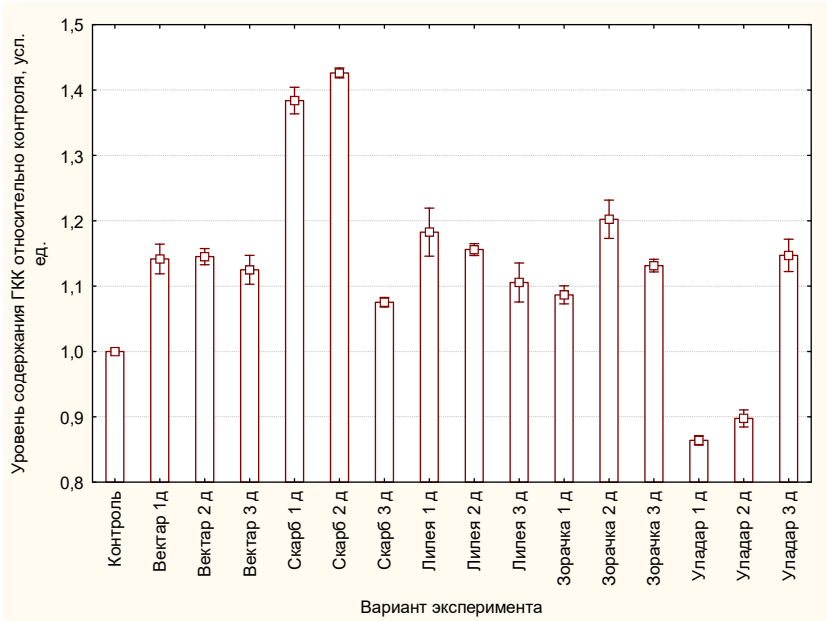


Рис. 5. Динамика содержания ГКК в тканях листьев картофеля сортов белорусской селекции в условиях заражения фитофторозом

Fig. 5. Dynamics of the content of HCA in the tissues of potato leaves of Belarusian cultivars infected with late blight

Например, в листьях сорта картофеля зарубежной селекции Cooperation-88, который широко культивируется во всем мире и является уникальным в том смысле, что вот уже более 20 лет сохраняет высокую устойчивость к фитофторозу, в том числе к супер-расам, наблюдается индуцированное фитофторой увеличение экспрессии отдельных генов фенилаланинаммиаклиазы и накопление ФС [33]. При оценке методом отделенных листьев реакции растений вида *Solanum tarijense*, ценного источника факторов устойчивости для селекции картофеля, на заражение фитофторой, показано, что клоны, проявлявшие низкий уровень инфицирования, характеризовались более высоким накоплением фенолов, лигнина и каллозы, в то время как в сильно инфицированных клонах наблюдалось меньшее накопление этих соединений или их полное отсутствие [34].

Заключение

Проведен сравнительный анализ активности фенилпропаноидного пути на конечном (синтез мономеров лигнина) и первичном (синтез ГКК) этапах ФПМ, а также динамики общего содержания ФС в листьях картофеля сортов белорусской селекции различающихся по устойчивости к фитофторозу. Выявлено увеличение уровня экспрессии генов семейства циннамил-алькогольдегидрогеназ *CAD* в клетках листьев картофеля после их заражения фитофторой. Показано, что характер ответа зависит от сорта. При этом самые значительные изменения в экспрессии генов *CAD* были свойственны наиболее устойчивому к фитофторозу сорту, наименьшие – неустойчивому сорту. Также обнаружены различия в уровнях накопления ФС и ГКК и их зависимость от сорта картофеля. Проведенные исследования позволяют предположить, что фенилпропаноидная ветвь метаболизма играет важную роль в реализации защитных механизмов растений картофеля при заражении фитофторой. Ответные реакции наблюдаются как на уровне генов ферментов, ответственных за биосинтез полифенолов, так и на биохимическом уровне накопления метаболитов. При этом следует отметить, что в контексте формирования устойчивости белорусских сортов картофеля к патогену, по всей видимости, существенную роль играют не высокие уровни активации исследованных генов или накопление большого количества ФС, а скорее своевременное включение определенных этапов их метаболизма и накопление конкретных соединений фенилпропаноидной природы.

Литература

1. Чашинский, А. В. Создание нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу / А. В. Чашинский // Картофелеводство. – 2018. – Т. 26, № 1. – С. 112–118.

2. How Does *Phytophthora infestans* Evade Control Efforts? Modern Insight Into the Late Blight Disease / W. Leesutthiphonchai [et al.] // Phytopathology. – 2018. – V.108, № 8. – P. 916–924.

3. Fry, W. E. *Phytophthora infestans*: New Tools (and Old Ones) Lead to New Understanding and Precision Management / W. E. Fry // Annu Rev Phytopathol. – 2016. – № 54. – P. 529–47.

4. Волынец, А. П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений / А. П. Волынец. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 283 с.

5. Role of Phenylpropanoids and Flavonoids in Plant Resistance to Pests and Diseases / M. L. Ramaroson [et al.] // Molecules. – 2022. – V. 27, № 23. – AN. 8371.

6. Ortiz, A. Phenylpropanoid Derivatives and Their Role in Plants' Health and as antimicrobials / A. Ortiz, E. Sansinenea // Curr Microbiol. – 2023. – V. 80, № 12. – P. 380.

7. Pratyusha, S. Plant Stress Physiology – Perspectives in Agriculture Physiology / S. Pratyusha. – London : IntechOpen, 2022. – 224 p.

8. Liu, Q. Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants / Q. Liu, L. Luo, L. Zheng // Int J Mol Sci. – 2018. – V. 19, № 2. – P. 335.

9. Ma, Q. H. Lignin Biosynthesis and Its Diversified Roles in Disease Resistance / Q. H. Ma // Genes (Basel). – 2024. – V. 15, № 3. – P. 295.

10. Expression of cinnamyl alcohol dehydrogenases and their putative homologues during *Arabidopsis thaliana* growth and development: lessons for database annotations? / S. J. Kim [et al.] // Phytochemistry. – 2007. – № 68. – P. 1957–1974.

11. Lignin biosynthesis and its integration into metabolism / R. Vanholme [et al.] // Curr Opin Biotechnol. – 2019. – № 56. – P. 230–239.

12. Transcript profiling of poplar leaves upon infection with compatible and incompatible strains of the foliar rust *Melampsora larici-populina* / C. Rinaldi [et al.] // Plant Physiol. – 2007. – № 144(1). – P. 347–366.

13. Phloem parenchyma cells are involved in local and distant defense responses to fungal inoculation or bark-beetle attack in *Norway spruce (Pinaceae)* / V. R. Franceschi [et al.] // Am J Bot. – 2000. – № 87(3). – P. 314–326.

14. Лебедев, В. Г. Генная инженерия биосинтеза лигнина в деревьях: компромисс между свойствами древесины / В. Г. Лебедев, К. А. Шестибратов // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 4. – С. 339–355.

15. Смирнов, А. А. Экспрессия генов ферментов метаболизма коричной кислоты и ее производных в листьях картофеля в условиях заражения фитофторозом / А. А. Смирнов [и др.] // Сборник научных трудов «Картофелеводство и овощеводство». – 2023. – Т. 1. – С. 228–237.

16. Сорта картофеля белорусской селекции. Каталог / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; сост.: В. Л. Маханько [и др.]; науч. ред. В. Л. Маханько. – Самохваловичи, 2021 г. – 94 с.

17. Michael, W. New mathematical model for relative quantification in real-time RT–PCR / W. Michael, A. Pfaffl // Nucleic Acids Research. – 2001. – V. 29, № 9. – P. 45.

18. Pfaffl, M. W. Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR / M. W. Pfaffl, G. W. Horgan, L. Dempfle // Nucleic Acids Res. – 2002. – V. 30, № 9. – P. 36.

19. Смирнов, А. А. Оптимизация методов экстракции и количественного анализа общего содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот в листьях картофеля / А. А. Смирнов [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. Центр Нац. Акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В.Л. Маханько (гл. ред) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 30. – с 90–97.

20. Патрикеева, М. В. Методические указания по фитопатологическим работам при селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу / М. В. Патрикеева. – Л. : ВИЗР, 1990. – 42 с.

21. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням: метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоводства; сост.: В. Г. Иванюк [и др.]; под ред. Н. А. Дорожкина, В. Г. Иванюка. – Минск, 1987. – 95 с.

22. Филиппов, А. В. Фитофтороз картофеля (приложение к журналу) / А. В. Филиппов // Защита и карантин растений. – 2012. – № 5. – С. 28 с.

23. Cinnamyl alcohol dehydrogenases-C and D, key enzymes in lignin biosynthesis, play an essential role in disease resistance in *Arabidopsis* / M. Tronchet [et al.] // Mol Plant Pathol.. – 2010. – V. 11, № 1. – P. 83–92.

24. Lignin metabolism has a central role in the resistance of cotton to the wilt fungus *Verticillium dahliae* as revealed by RNA-Seq-dependent transcriptional analysis and histochemistry / L. Xu [et al.] // J. Exp. Bot.. – 2011. – V. 62, № 15. – P. 5607–5621.

25. Genome-wide identification of the CAD gene family and functional analysis of putative bona fide CAD genes in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) / M. Wu [et al.] // Front. Plant Sci.. – 2024. – V. 15. – AN. 1400213.

26. Biochemical Characterization of the Rice Cinnamyl Alcohol Dehydrogenase Gene Family / H. L. Park [et al.] // Molecules. – 2018. – V. 23. – AN. 2659.

27. A wheat cinnamyl alcohol dehydrogenase TaCAD12 contributes to host resistance to the sharp eyespot disease / W. Rong [et al.] // Front. Plant Sci. – 2016. – V. 7. – AN.1723.

28. Transcriptomic Analysis of the Response of Susceptible and Resistant Bitter Melon (*Momordica charantia* L.) to Powdery Mildew Infection Revealing Complex Resistance via Multiple Signaling Pathways / X. Chen [et al.] // Int J Mol Sci. – 2023. – V. 24, № 18. – AN.14262.

29. Nordling, E. Medium-chain dehydrogenases/reductases (MDR) Family characterizations including genome comparisons and active site modeling / E. Nordling, H. Jörnvall, B. Persson // European Journal of Biochemistry. – 2002. – V. 269. – P. 4267–4276.

30. Role of mannitol metabolism in the pathogenicity of the necrotrophic fungus *Alternaria brassicicola* / B. Calmes [et al.] // Front. Plant Sci. – 2013. – V. 4. – AN.131.

31. Mannitol metabolism during pathogenic fungal-host interactions under stressed conditions / M. Meena [et al.] // Front. Microbiol. – 2015. – T. 6. – AN. 1019.

32. Wallis, C. Phenolic Compound Induction in Plant-Microbe and Plant-Insect Interactions: A Meta-Analysis / C. Wallis, E.R.-A. Galarneau // Front. Plant Sci. – 2020. – V. 11. – AN.580753.

33. Multiple R genes and phenolic compounds synthesis involved in the durable resistance to *Phytophthora infestans* in potato cv. Cooperation 88 / H. Dahai [et al.] // Agri Gene. – 2018. – V. 8. – P. 28–36.

34. *Solanum tarijense* reaction to *Phytophthora infestans* and the role of plant defence molecules / S. Korgan [et al.] // Plant Breeding. – 2011. – V. 130. – P. 231–236.

Поступила в редакцию 04.11.2024 г.

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ
BOTANICAL DISCOVERIES

УДК 582.572 (476)

А. В. АБРАМЧУК[1], Ю. А. ЯНКЕВИЧ[2]

О НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ МХОВ, ГРИБОВ, ЛИШАЙНИКОВ И ВОДОРОСЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

[1]*Фонд Михаэля Зуккова, Грайфсвальд, Германия, e-mail: andrei.abramchuk@succow-stiftung.de*
[2]*Ботаническое общество, Брест, Беларусь, e-mail: yankevich.apb93@gmail.com*

Аннотация. Представлены данные о находках новых мест произрастания охраняемых видов мхов, грибов, лишайников и водорослей. Преимущественно приводятся находки мест произрастания охраняемых видов для относительно слабо изученных во флористическом отношении административных районов Беларуси, ранее не указанных в Красной книге Республики Беларусь, растения, 4-е издание.

Ключевые слова: флора, редкие и охраняемые виды мхов, водорослей, лишайников грибов.

A. V. ABRAMCHUK[1], Y. A. YANKEVICH[2]

ON NEWLY DISCOVERED LOCATIONS OF PROTECTED SPECIES OF MOSSES, FUNGI, LICHENS, AND ALGAE ON THE TERRITORY OF BELARUS

[1]*Michael Succow Stiftung, Greifswald, Germany, e-mail: andrei.abramchuk@succow-stiftung.de*
[2]*Botanical Society, Brest, Belarus, e-mail: yankevich.apb93@gmail.com*

Annotation. The data on findings of the new places of growth of protected species of mosses, algae, lichens, and fungi is presented in the publication. The findings of protected species of relatively poorly floristically studied administrative districts of Belarus, not previously listed in the Red Data Book of the Republic of Belarus, Plants, 4th edition, are mainly presented.

Keywords: flora, rare and protected species of mosses, algae, lichens, fungi.

Введение

В данной публикации приведены авторские результаты находок мест произрастания охраняемых видов мхов, грибов, лишайников и водорослей на территории Беларуси в 2015–2024 гг.

Все находки подтверждены фото и видео документами, либо гербарными экземплярами.

Для каждого места произрастания указаны точные координаты места находки, приведена краткая информация о численности вида и площади места произрастания.

В данный обзор, за некоторым исключением, включены находки мест произрастания охраняемых видов, только в тех районах, для которых они ранее не указаны в [1] и ранее неопубликованные.

Материалы статьи дополняют известные ранее сведения о распространении в стране ряда охраняемых видов мхов, грибов, лишайников и водорослей и актуальны для готовящегося нового издания Красной книги Республики Беларусь.

Материалы (объекты) и методы исследования

Исследования проводили маршрутным методом по заранее спланированным маршрутам в различные сезоны года (с марта по октябрь).

При планировании маршрутов приоритет отдавали не нарушенным или мало нарушенным естественным биотопам. Перечень видов и номенклатура таксонов приводится согласно [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Далее приведены точные данные о местонахождениях 19 видов редких и охраняемых мхов, грибов, лишайников и водорослей, выявленных на территории Беларуси за период 2015–2024 гг. с кратким описанием места произрастания вида, указанием численности вида и площади занимаемой популяцией.

Cinclidium stygium Sw. – Гродненская область, Сморгонский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Сольское лесничество, 1,0 км юго-восточнее д. Валейковичи, низинное болото по берегу озера Мертвое, не менее 10 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 54°35'12.54"N, 26°16'8.10"E, 05.07.2020 г.

Porella platyphylla (L.) Preiff. – Брестская область, Ивановский район, ГЛХУ «Пинский лесхоз», Завышанское лесничество, 7,5 км юго-восточнее д. Мохро, в грабняке кисличном, на коре *F. excelsior* L., не менее 2 куртин на площади около 90 м², координаты места произрастания 51°56'56.62"N и 25°39'28.18"E, 21.04.2024 г. Брестская область, Пинский район, ГЛХУ «Телеханский лесхоз», Клетнянское лесничество, 3,5 юго-восточнее д. Клетная, в ельнике папоротниковом с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади около 0,2 м², координаты места произрастания 52°23'22.26"N и 25°45'29.20"E, 28.05.2020 г. Брестская область, Столинский район, ГЛХУ «Столинский лесхоз», Дубойское лесничество, 4,0 км северо-западнее д. Большие Орлы, в дубраве снытевой, на коре *F. excelsior* L., не менее 2 куртин на площади около 10 м², координаты места произрастания 52°5'22.17"N и 27°2'8.21"E, 04.07.2024 г. Брестская область, Столинский район, ГЛХУ «Столинский лесхоз», Дубойское лесничество, 3,8 км северо-западнее д. Туры, в грабняке снытевом, на коре *A. platanoides* L., не менее 2 куртин на площади около 7 м², координаты места произрастания 52°4'57.14"N и 27°7'25.05"E, 06.07.2024 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 2,5 км северо-западнее д. Дубрава, в дубраве кисличной, на коре *A. platanoides* L., не менее 2 куртин на площади около 5 м², координаты места произрастания 51°53'36.43"N и 23°48'53.25"E, 11.09.2024 г. Брестская область, Малоритский район, приусадебный парк при бывшей усадьбе Троекуровых-Лещинских д. Великорита, в дубраве снытевой, на коре *F. excelsior* L., не менее 5 куртин на площади около 20 м², координаты места произрастания 51°56'8.81"N и 24°4'4.58"E, 19.09.2024 г. Витебская область, Толочинский район, ГЛХУ «Толочинский лесхоз», Волосовское лесничество, 2,4 км северо-западнее д. Козики, в осиннике снытевом, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади 0,1 м², координаты места произрастания 54°29'39"N и 29°31'17"E, 14.04.2017 г. Витебская область, Дубровенский район, ГЛХУ «Оршанский лесхоз», Дубровенское лесничество, 2,0 км северо-западнее д. Боброво, в осиннике кисличном, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади 0,1 м², координаты места произрастания 54°37'48.35"N и 30°48'16.46"E, 10.06.2017 г. Гомельская область, Речицкий район, ГЛХУ «Василевичский лесхоз», Василевичское лесничество, 4,8 км западнее д. Защебье, в ясеннике снытевом, на коре *A. platanoides* L., не менее 2 куртин на площади около 5 м², координаты места произрастания 52°10'26.65"N и 29°48'29.50"E, 16.06.2023 г. Гомельская область, Хойникский район, ГЛХУ «Хойникский лесхоз», Ново-Барсуковское лесничество, 5,6 км юго-западнее д. Рудня-Бурицкая (Лоевский район), в дубраве кисличной и березняке снытевом, на коре *C. betulus* L., не менее 3 куртин на площади около 0,4 м², координаты места произрастания 52°1'33.11"N и 30°16'6.18"E, 18.04.2018 г. Гомельская область, Хойникский район, ГЛХУ «Хойникский лесхоз», Поселичское лесничество, 6,1 км северо-восточнее д. Кононовщина (Брагинский район), в дубраве и березняке снытевых, на коре *C. betulus* L. и *Q. robur* L., не менее 5 куртин на площади около 0,5 м², координаты места произрастания 51°59'27.96"N и 30°14'26.56"E, 18.04.2018 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Чечерское лесничество, 2,5 км севернее д. Репище, в березняке черничном с примесью широколиственных пород, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 52°56'4.67"N и 30°44'12.74"E, 27.04.2018 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Ковчицкое лесничество, 2,4 км северо-западнее д. Ковчицы, в ясеннике кисличном, на коре *C. betulus* L., не менее 1 куртины на площади около 0,4 м², координаты места произрастания 52°50'45.00"N и 29° 09'02.71"E, 12.06.2017 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Щучинское лесничество, 4,1 км юго-западнее д. Кемяны, в сосняке кисличном с примесью широколиственных пород, на коре *Q. robur* L., не менее 2 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°36'52.10"N и 24°50'3.15"E, 06.06.2024 г. Гродненская область, Гродненский район, ГЛХУ «Гродненский лесхоз», Августовское лесничество, 2,5 км северо-восточнее д. Соничи, в липняке кисличном, на коре *U. scabra* Mill., *F. excelsior* L., *T. cordata* Mill., не менее 30 куртин на площади около 200 м², координаты места произрастания 53°52'54.33"N и 23°42'51.43"E, 14.06.2024 г. Гродненская область, Мостовский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Мостовское лесничество, 2,6 км северо-запад-нее д. Малые Степанишки, в дубраве кисличной, на коре *A. platanoides* L., не менее 1 куртины на площади около 0,01 м², координаты места произрастания 53°27'36.03"N и 24°30'34.93"E, 23.04.2024 г.

Большинство мест обитания вида, выявленных нами, приурочены к старовозрастным древостоям широколиственных лесов либо с участием широколиственных пород и/или с участием *P. tremula* L.

Dicranum viride (Sull. et Lesq. in Sull.) Lindb. – Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Великоритское лесничество, 2,9 км юго-западнее д. Грушка, в дубраве снытевой, на коре *A. platanoides* L., не менее 1 куртины на площади около 1 м², координаты места произрастания 51°55'7.75"N, 24°8'41.03"E, 10.09.2024 г.

Paraleucobryum longifolium (Ehrh. ex Hedw.) Loeske – Гродненская область, Сморгонский район, юго-восточная окраина д. Крево, на камне в осиннике снытевом, не менее 1 куртины на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 54°18'24.73"N, 26°17'9.61"E, 15.05.2020 г. Гродненская область, Ошмянский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Ошмянское лесничество, 1,5 км юго-западнее д. Огородники, на камне в дубраве снытевой, не менее 4 куртин на площади около 0,5 м², координаты места произрастания 54°24'46.33"N, 26°2'15.33"E, 13.05.2020 г.

Pseudobryum cinclidioides (Hueb.) T.J. Kop. – Гомельская область, Петриковский район, ГЛХУ «Петриковский лесхоз», Новоселковское лесничество, 1,5 км северо-западнее д. Бобрик, в черноольшанике осоковом, не менее 3 куртин на площади около 1 м², координаты места произрастания 52°24'27.72"N, 28°22'23.71"E, 05.07.2016 г.

Neckera pennata Hedw. – Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 2,2 км северо-западнее д. Дубрава, в дубраве кисличной, на коре *C. betulus* L., не менее 10 куртин на площади около 70 м², координаты места произрастания 51°53'35.60"N и 23°49'3.96"E, 16.05.2019 г. Брестская область, Пинский район, ГЛХУ «Пинский лесхоз», Житновичское лесничество, 3,1 км юго-западнее д. Изин, в грабняке кисличном, на коре *C. betulus* L., не менее 2 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 52°1'23.66"N и 25°54'27.95"E, 12.04.2024 г. Брестская область, Пинский район, ГЛХУ «Телеханский лесхоз», Поречское лесничество, 6,4 км северо-восточнее д. Ольшанка, в дубраве кисличной, на коре *A. platanoides* L., не менее 10 куртин на площади около 200 м², координаты места произрастания 52°20'41.05"N и 25°48'34.73"E, 14.04.2024 г. Брестская область, Столинский район, ГЛХУ «Столинский лесхоз», Дубойское лесничество, 4,2 км северо-западнее д. Большие Орлы, в дубраве кисличной, на коре *F. excelsior* L., не менее 2 куртин на площади около 10 м², координаты места произрастания 52°4'33.49"N и 27°0'7.59"E, 18.07.2024 г. Брестская область, Лунинецкий район, ГЛХУ «Лунинецкий лесхоз», Борское лесничество, 4,7 км юго-восточнее д. Малые Чучевичи, в сосняке кисличном с примесью ели и осины, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 52°37'57.45"N и 26°56'27.47"E, 13.03.2020 г. Брестская область, Лунинецкий район, ГЛХУ «Лунинецкий лесхоз», Лунинецкое лесничество, 1,4 км юго-восточнее д. Кривяч, в дубраве кисличной, на коре *Q. robur* L., не менее 1 куртины на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 52°20'44.85"N и 26°43'54.29"E, 16.04.2020 г. Витебская область, Глубокский район, ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», Голубичское лесничество, 7,1 км восточнее д. Урожайная, в ельнике черничном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 110 м², координаты места произрастания 55°3'32.42"N и 28°1'42.99"E, 05.07.2023 г. Витебская область, Глубокский район, ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», Липовское лесничество, 8,4 км северо-западнее д. Лесины, в сосняке черничном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 90 м², координаты места произрастания 55°2'55.15"N и 28°8'11.48"E, 06.07.2023 г. Витебская область, Докшицкий район, ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», Тумиловичское лесничество, 4,1 км северо-восточнее д. Нестеровщина, в сосняке черничном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 2 куртин на площади около 150 м², координаты места произрастания 54°59'12.74"N и 28°2'25.88"E, 07.07.2023 г. Витебская область, Докшицкий район, ЭЛОХ «Барсуки», Березинское лесничество, 3,8 км северо-западнее д. Березино, в березняке кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 50 м², координаты места произрастания 54°55'0.13"N и 28°8'15.59"E, 03.07.2023 г. Витебская область, Городокский район, ГЛХУ «Городокский лесхоз», Холомерское лесничество, 1,5 км северо-западнее д. Осмата, в осиннике кисличном с примесью ели, на коре *P. tremula* L., не менее 2 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 55°42'58.93"N и 29°37'55.02"E, 09.04.2019 г. Витебская область, Городокский район, ГЛХУ «Городокский лесхоз», Меженское лесничество, 2,3 км северо-восточнее д. Шарипы, в ельнике кисличном с примесью осины и березы, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 200 м², координаты места произрастания 55°42'5.25"N и 30°23'46.46"E, 24.03.2019 г. Витебская область, Витебский район, ГЛХУ «Суражский лесхоз», Запольское лесничество, 3,0 км восточнее д. Пудоть, в ельнике кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 10 куртин на площади около 5000 м², координаты места произрастания 55°34'27.72"N и 30°54'30.56"E, 22.03.2019 г. Витебская область, Витебский район, ГЛХУ «Витебский лесхоз», Лосвидское лесничество, 2,9 км юго-западнее д. Герасимово, в осиннике кисличном с примесью ели, на коре *P. tremula* L. не менее 2 куртин на площади около 50 м², координаты места произрастания 55°21'16.12"N и 30°1'12.87"E, 25.03.2019 г. Витебская область, Лиозненский район, ГЛХУ «Лиозненский лесхоз», Бабиновичское лесничество, 2,1 км юго-западнее д. Лапицкие, в осиннике кисличном с примесью ели, на коре *P. tremula* L., не менее 1 куртины на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°47'33.27"N и 30°30'53.20"E, 02.02.2018 г. Витебская область, Оршанский район, ГЛХУ «Оршанский лесхоз», Копысское лесничество, 1,6 км северо-восточнее д. Сосновка-2, в березняке и осиннике снытевых, на коре *P. tremula* L., не менее 7 куртин на площади около 0,5 м², координаты места произрастания 54°16'24.70"N и 30°31'24.20"E, 09.07.2017 г. Витебская область, Дубровенский район, ГЛХУ «Оршанский лесхоз», Осинторфское лесничество, 2,7 км северо-восточнее д. Озеры, в березняке черничном с примесью осины, на коре *P. tremula* L. и *A. platanoides* L., не менее 5 куртин на площади 5000 м², координаты места произрастания 54°46'54.35"N и 30°46'40.91"E, 09.06.2017 г. Витебская область, Миорский район, ГЛХУ «Дисненский лесхоз», Узменское лесничество, 1,4 км восточнее д. Франополь, в осиннике кисличном, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., *F. excelsior* L., не менее 10 куртин на площади около 5000 м², координаты места произрастания 55°40'12,00"N и 27°50'45,00"E, 26.05.2019 г. Витебская область, Шарковщинский район, ГЛХУ «Дисненский лесхоз», Лужковское лесничество, 1,5 км южнее д. Латышки, в осиннике снытевом, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 10 м², координаты места произрастания 55°24'24.34"N и 27°53'38.08"E, 26.05.2019 г. Гомельская область, Петриковский район, ГПУ «Национальный парк «Припятский», Переровское лесничество, 4,4 км юго-восточнее д. Хлупин, в дубраве снытевой, на коре *Q. robur* L., *P. tremula* L., *A. platanoides* L., не менее 5 куртин на площади около 50 м², координаты места произрастания 52°2'29.60"N и 28°11'38.12"E, 19.05.2022 г. Гомельская область, Петриковский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Копцевичское лесничество, 4,5 км северо-западнее д. Копцевичи, в дубраве кисличной, на коре *Q. robur* L., *A. platanoides* L., не менее 10 куртин на площади около 50 м², координаты места произрастания 52°16'0.99"N и 28°17'59.59"E, 18.05.2022 г. Гомельская область, Калинковичский район, ЭЛОХ «Лясковичи»,

Хобненское лесничество, 6,8 км юго-западнее д. Глинная Слобода, в дубраве снытевой, на коре *C. betulus* L., не менее 2 куртин на площади около 40 м², координаты места произрастания 52°7'9.90"N и 29°40'24.05"E, 12.07.2023 г. Гомельская область, Калинковичский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Голевицкое лесничество, 4,0 км юго-восточнее д. Малые Автюки, в дубраве снытевой, на коре *C. betulus* L., не менее 3 куртин на площади около 90 м², координаты места произрастания 52°7'12.11"N и 29°33'53.92"E, 16.05.2022 г. Гомельская область, Речицкий район, ГЛХУ «Василевичский лесхоз», Голевицкое лесничество, 5,2 км северо-западнее д. Защебье, в дубраве снытевой, на коре *A. platanoides* L., не менее 4 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 52°11'16.37"N и 29°48'18.25"E, 18.06.2023 г. Гомельская область, Речицкий район, ГОЛХУ «Речицкий опытный лесхоз», Борщевское лесничество, 1,8 км юго-западнее д. Щербовка, в грабняке кисличном, на коре *A. platanoides* L., не менее 4 куртин на площади около 80 м², координаты места произрастания 52°22'40.99"N и 30°40'27.83"E, 08.08.2023 г. Гомельская область, Гомельский район, ГОЛХУ «Гомельский опытный лесхоз», Макеевское лесничество, 2,7 км северо-восточнее д. Абрамовка, в дубраве кисличной, на коре *C. betulus* L., не менее 7 куртин на площади около 150 м², координаты места произрастания 52°21'50.24"N, 30°42'30.15"E, 09.08.2023 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Ковчицкое лесничество, 2,7 км северо-восточнее д. Мошны (Октябрьский район), в ельнике кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., *F. excelsior* L., не менее 36 куртин на площади 5000 м², координаты места произрастания 52°51'36.00"N и 29°5'37.20"E, 13.06.2017 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Полесское лесничество, 3,2 км юго-западнее д. Коммунар, в березняке и сосняке черничных с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 10 куртин на площади около 5000 м², координаты места произрастания 53°04'45.5"N и 31°13'09.5"E, 04.04.2018 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Чечерское лесничество, 3,1 км юго-восточнее д. Ветвица, в осиннике кисличном, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 300 м², координаты места произрастания 52°56'13.1"N и 30°44'26.8"E, 27.04.2018 г. Гомельская область, Кормянский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Кормянское лесничество, 1,9 км южнее д. Волынцы, в березняке и осиннике кисличных, на коре *P. tremula* L., не менее 5 куртин на площади около 300 м², координаты места произрастания 53°10'44.9"N и 30°59'53.0"E, 03.06.2018 г. Гомельская область, Хойникский район, ГЛХУ «Хойникский лесхоз», Ново-Барсуковское лесничество, 5,6 км юго-западнее д. Рудня-Бурыцкая, (Лоевский район), в дубраве кисличной и березняке снытевом, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., *F. excelsior* L., не менее 10 куртин на площади около 500 м², координаты места произрастания 52°1'35.93"N и 30°16'15.33"E, 18.04.2018 г. Гомельская область, Хойникский район, ГЛХУ «Хойникский лесхоз», Глинищанское лесничество, 3,0 км западнее д. Хвойное, в ясеннике кисличном, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., *F. excelsior* L., не менее 12 куртин на площади 5000 м², координаты места произрастания 51°58'1.00"N и 29°46'29.30"E, 03.04.2018 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Щучинское лесничество, 3,6 км юго-западнее д. Кемяны, в дубраве кисличной, на коре *A. platanoides* L., не менее 10 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°37'16,55"N и 24°49'29,29"E, 06.06.2024 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Лидский лесхоз», Новодворское лесничество, 4,1 км северо-западнее д. Замостяны, в березняке кисличной с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 12 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°54'26.29"N и 24°32'31.30"E, 10.06.2024 г. Гродненская область, Мостовский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Мостовское лесничество, 2,7 км северо-западу д. Малые Степанишки, в дубраве снытевой, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., *F. excelsior* L., не менее 10 куртин на площади около 5000 м², координаты места произрастания 53°27'39.00"N и 24°30'32.00"E, 23.04.2024 г. Гродненская область, Новогрудский район, ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», Любчанское лесничество, 2,6 км юго-восточнее д. Набережная, в ельнике кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°47'48,1"N и 26°02'27,5"E, 27.04.2023 г. Гродненская область, Кореличский район, ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», Еремичское лесничество, 1,7 км юго-восточнее д. Понемонь (Новогрудский район), в ельнике кисличном с примесью широколиственных пород, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., не менее 4 куртин на площади около 3000 м², координаты места произрастания 53°37'35,7"N и 26°15'54,6"E, 28.04.2023 г. Гродненская область, Лидский район, ГЛХУ «Лидский лесхоз», Лидское лесничество, 1,3 км юго-западнее д. Поддубно, в дубраве снытевой, на коре *P. tremula* L., *A. platanoides* L., не менее 3 куртин на площади около 10 м², координаты места произрастания 53°49'6.60"N и 25°19'26.10"E, 03.07.2020 г. Гродненская область, Дятловский район, ГЛХУ «Дятловский лесхоз», Роготновское лесничество, 2,5 км юго-западнее д. Чураи, в ельнике кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 2 куртин на площади около 10 м², координаты места произрастания 53°18'13.00"N и 25°31'53.00"E, 26.03.2024 г. Гродненская область, Слонимский район, ГЛХУ «Слонимский лесхоз», Мижевичское лесничество, 1,9 км юго-западнее д. Шуляки, в дубраве кисличной, на коре *Q. robur* L., *A. platanoides* L., не менее 3 куртины на площади 5000 м², координаты места произрастания 53°5'33.22"N и 25°7'55.74"E, 30.07.2023 г. Минская область, Крупский район, ГЛХУ «Крупский лесхоз», Старослободское лесничество, 1,8 км южнее д. Сомры, в березняке кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 10 куртин на площади около 120 м², координаты места произрастания 54°3'12.49"N и 29°21'54.54"E, 08.07.2023 г. Могилевская область, Круглянский район, ГЛХУ «Тетеринское», Шепелевичское лесничество, 3,1 км северо-восточнее д. Стаи, в березняке кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 8 куртин на площади около 45 м², координаты места произрастания 54°11'5.89"N и 29°32'38.68"E, 19.07.2023 г. Могилевская область, Круглянский район, ГЛХУ «Тетеринское», Кручанское лесничество, 3,8 км северо-восточнее д. Стаи, в березняке кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 12 куртин на площади около 65 м², координаты места произрастания 54°11'37.65"N и 29°32'12.13"E, 20.07.2023 г. Могилевская область, Могилевский район, ГЛХУ «Могилевский лесхоз», Могилевское лесничество, 0,8 км юго-западнее д. Полыковичи, в дубраве кисличной, на коре *P. tremula* L., не менее 10 куртин на площади около 400 м², координаты места произрастания 53°57'42.60"N и 30°22'15.21"E, 22.07.2023 г. Могилевская область, Белыничский район, ГЛХУ «Белыничский лесхоз», Эсьмонское лесничество, 3,9 км северо-западнее д. Клева, в березняке кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 12 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 54°1'26.39"N и 29°23'13.50"E, 08.07.2023 г. Могилевская область, Костюковичский район, ГЛХУ «Костюковичский лесхоз»,

Паньковское лесничество, 2,3 км северо-восточнее д. Боровая, в осиннике снытевом с примесью широколиственных пород, на коре *P. tremula* L., не менее 2 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°11'56.85"N и 32°2'27.92"E, 13.06.2019 г. Могилевская область, Хотимский район, ГЛХУ «Костюковичский лесхоз», Батаевское лесничество, 1,6 км севернее д. Дубровка, в ельнике кисличном с примесью осины, на коре *P. tremula* L., не менее 3 куртин на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°17'53.77"N и 32°26'59.44"E, 12.06.2019 г.

Несмотря на многочисленные точки регистрации, вид очень редок и приурочен к старовозрастным высоко полнотным древостоям широколиственных лесов (центральная и южная часть Беларуси) и/или к старовозрастным высоко полнотным осинникам и/или высоко полнотным древостоям с участием широколиственных пород и/или с участием *P. tremula* L. (центральная и северная Беларусь).

Cladophora aegagropila (Linnaeus) Rabenhorst – Брестская область, Брестский район, озеро Белое, 3,8 км юго-западнее д. Збунин, вдоль западного и северного берега озера, сплошным ковром в прибрежной зоне по дну озера и участками, в виде плавающего ковра, по поверхности воды, координаты места произрастания 51°49'2.96"N и 23°42'14.68"E, 23.08.2024 г.

Chara tomentosa Linnaeus C. – Брестская область, Малоритский район, Олтушское озеро, окрестности д. Олтуш, вдоль восточного берега, на площади около 500 м², координаты места произрастания 51°41'42.73"N и 23°57'57.23"E, 21.08.2024 г.

Nitellopsis obtusa (Desvaux A.N.) Groves J. – Брестская область, Малоритский район, Олтушское озеро, окрестности д. Олтуш, не менее 2 участков вдоль юго-восточного и восточного берега, не менее 10 экземпляров на площади около 100 м², координаты места произрастания 51°41'3.56"N и 23°57'20.96"E, 51°41'42.73"N и 23°57'57.23"E, 21.08.2024 г. Брестская область, Ивановский район, озеро Мульное, 1,4 км северо-восточнее д. Тышковичи, вдоль северо-восточного берега на протяжении не менее 100 м, координаты места произрастания 52°22'0.00"N и 25°37'49.61"E, 17.08.2024 г. Брестская область, Брестский район, озеро Белое, 3,8 км юго-западнее д. Збунин, вдоль северо-западного берега озера, на протяжении не менее 10 м, на площади не менее 30 м², координаты места произрастания 51°49'6.69"N и 23°42'10.92"E, 23.08.2024 г.

Hildenbrandtia rivularis (Liebm.) Agardh J. – Гродненская область, Новогрудский район, 0,5 км восточнее д. Литовка, река Литовка, не менее 10 слоевищ на камнях в русле реки на площади около 70 м², координаты места произрастания 53°38'9.68"N и 25°48'28.31"E, 27.07.2024 г. Гродненская область, Новогрудский район, окрестности д. Городечно, река Валовка, не менее 3 слоевищ на камнях в русле реки на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°37'14.08"N и 25°52'46.46"E, 27.07.2024 г.

Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog – Гомельская область, Петриковский район, ГПУ «Национальный парк «Припятский», Снядинское лесничество, 5,4 км юго-западнее д. Снядин, дубрава снытевая, на коре *Q. robur L.* (валеж), не менее 3 талломов на площади около 10 м², координаты места произрастания 52°1'34.28"N и 28°16'27.41"E, 06.05.2022 г. Гомельская область, Наровлянский район, ГСЛХУ «Наровлянский спецлесхоз», Колеговское лесничество, 2,6 км севернее д. Заракитное, не менее 1 таллома на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 51°51'37.94"N и 29°27'21.34"E, 11.07.2020 г.

Peltigera aphthosa (L.) Willd. – Витебская область, Городокский район, ГЛХУ «Суражский лесхоз», Щелбовское лесничество, 1,1 км северо-восточнее д. Ольховец, в березняке кисличном с примесью осины и ели, на выворотне *P. abies* (L.) Karst., не менее 2 талломов на площади около 10 м², координаты места произрастания 55°36'54.11"N и 30°33'28.33"E, 23.03.2019 г.

Hypotrachyna revoluta (Flörke) Hale – Брестская область, Лунинецкий район, ГЛХУ «Лунинецкий лесхоз», Микашевичское лесничество, 2,8 км северо-восточнее г.п. Микашевичи, черноольшаник осоковый, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 1 таллома на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 52°13'32.58"N и 27°31'13.73"E, 13.03.2020 г. Гомельская область, Петриковский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Копцевичского лесничество, 3,3 км юго-восточнее д. Большие Селютичи, черноольшаник осоковый, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 2 талломов на площади около 0,2 м², координаты места произрастания 52°17'26.77"N и 28°15'9.54"E, 11.07.2022 г. Гродненская область, Сморгонский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Жодишковского лесничества, 0,1 км юго-восточнее д. Новая Рудня, черноольшаник осоковый в пойме ручья, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 3 талломов на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 54°34'07.32"N и 26°23'20.66"E, 13.05.2020 г.

Cetrelia cetrarioides (Delise) W.L. Culb. & C.F. Culb – Брестская область, Ивацевичский район, ГЛХУ «Телеханский лесхоз», Вульковское лесничество, 3,6 км западнее г.п. Телеханы, черноольшаник осоковый, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 3 талломов на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 52°30'42.67"N и 25°46'59.65"E, 13.04.2020 г. Гомельская область, Петриковский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Копцевичское лесничество, 4,7 км северо-западнее д. Копцевичи, черноольшаник осоковый, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 2 талломов на площади около 1 м², координаты места произрастания 52°15'59.84"N и 28°18'1.91"E, 11.07.2022 г. Гродненская область, Ивьевский район, ГЛХУ «Ивьевский лесхоз», Лелюкинское лесничество, 0,1 км севернее д. Набережная (Новогрудский район), в дубраве приручейно-пойменной с примесью черной ольхи, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 1 таллома на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 53°48'52.33"N и 26°0'17.18"E, 26.04.2023 г. Гродненская область, Ивьевский район, ГЛХУ «Ивьевский лесхоз», Лелюкинское лесничество, 2,7 км юго-западнее д. Малая Чапунь, дубрава снытевая с участками палеостариц, затопленных и поросших черноольшаником, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 1 таллома на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 53°48'44.1"N и 26°04'02.2"E, 26.04.2023 г.

Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. – Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Щучинский лсхоз», Щучинское лесничество, 2,8 км восточнее г. Щучин, дубрава кисличная, на коре *Q. robur* L., не менее 3 талломов на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°36'20.5"N и 24°47'27.6"E, 28.03.2024 г. Гродненская область, Мостовский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Мальковичское лесничество, 1,6 км юго-западнее д. Шестилы, дубрава снытевая на склоне долины реки Щара, на коре *Q. robur* L., не менее 1 таллома на площади около 0,1 м², координаты места произрастания 53°25'29.2"N и 24°50'16.6"E, 27.03.2024 г. Гродненская область, Ошмянский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Гравжишковское лесничество, 2,1 км северо-западнее д. Борти, вырубка с от-

дельно растущими дубами и участок осинника кисличного с участием широколиственных пород, на коре *Q. robur* L. и *Acer platanoides* L., не менее 7 талломов на площади около 2 м², координаты места произрастания 54°18'57.35"N и 25°43'51.13"E, 54°18'58.74"N и 25°44'3.08"E, 15.05.2020 г. Гродненская область, Ошмянский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Гравжишковское лесничество, 2,3 км северо-западнее д. Борти, дубрава, осинник и ельник кисличные с участием широколиственных пород, на коре *Q. robur* L. и *Acer platanoides* L., не менее 5 талломов на площади около 0,4 м², координаты места произрастания 54°19'2.24"N и 25°43'30.94"E, 54°19'2.77"N и 25°43'40.75"E, 15.05.2020 г.

Menegazzia terebrata (Hoffm.) A.Massal. – Гродненская область, Ивьевский район, ГЛХУ «Ивьевский лесхоз», Лепешское лесничество, 3,0 км западнее д. Залесковщина, черноольшаник осоковый, на коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn., не менее 3 талломов на площади около 3 м², координаты места произрастания 54°03'19.3"N и 26°07'57.7"E, 23.04.2023 г.

Fistulina hepatica (Schaeff.) With. – Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Пожежинское лесничество, 1,2 км юго-западнее д. Старое Роматово, в ельнике кисличном с примесью широколиственных пород, на стволе *Q. robur* L., не менее 3 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 51°53'8.84"N и 23°57'57.98"E, 23.07.2023 г. Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Великоритское лесничество, 3,3 км юго-западнее д. Грушка, в ельнике кисличном с примесью широколиственных пород, на стволе *Q. robur* L., не менее 3 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 51°55'8.15"N и 24°8'20.69"E, 12.09.2021 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Мухавецкое лесничество, 2,7 км северо-западнее д. Малые Радваничи, в дубраве кисличной, на стволе *Q. robur* L., не менее 4 плодовых тел на площади около 45 м², координаты места произрастания 52°3'15.18"N и 23°58'2.99"E, 15.09.2021 г. Брестская область, Столинский район, ГЛХУ «Столинский лесхоз», Дубойское лесничество, 3,0 км северо-западнее д. Туры, в дубраве снытевой, на стволе *Q. robur* L., не менее 2 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 52°4'51.04"N и 27°7'59.98"E, 16.08.2024 г. Гомельская область, Хойникский район, ГЛХУ «Хойникский лесхоз», Глинищанское лесничество, 3,0 км юго-западнее д. Новоселки, в дубраве снытевой, на стволе *Q. robur* L., не менее 2 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 51°48'17.03"N и 29°49'50.50"E, 20.08.2018 г. Гродненская область, Кореличский район, ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», Кореличское лесничество, 1,3 км северо-восточнее д. Литаровщина, в дубраве снытевой, на стволе *Q. robur* L. (валеж), не менее 2 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 53°24'27.65"N и 26°5'59.10"E, 24.07.2024 г.

Fomitopsis rosea (Alb. et Schwein.: Fr.) P. Karst. – Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Пожежинское лесничество, 3,1 км юго-восточнее д. Старое Роматово, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 30 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 51°52'31.97"N и 24°0'18.95"E, 17.07.2021 г. Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Пожежинское лесничество, 4,0 км северо-западнее д. Замшаны, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 100 плодовых тел на площади около 90 м², координаты места произрастания 51°52'7.13"N и 24°3'44.70"E, 11.04.2022 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 5,9 км западнее д. Струга, в дубраве кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 100 плодовых тел на площади около 110 м², координаты места произрастания 51°55'40.86"N и 23°50'17.45"E, 12.04.2023 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 3,5 км северо-западнее д. Дубрава, в дубраве кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 14 м², координаты места произрастания 51°53'54.70"N и 23°48'8.12"E, 12.04.2023 г. Брестская область, Березовский район, ГЛХУ «Ивацевичский лесхоз», Песковское лесничество, 3,8 км юго-западнее д. Корочин (Ивацевичский район), в ясеннике кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 20 плодовых тел на площади около 70 м², координаты места произрастания 52°32'4.58"N и 25°18'1.72"E, 07.06.2023 г. Брестская область, Ивацевичский район, ГЛХУ «Ивацевичский лесхоз», Житлинское лесничество, 3,2 км юго-восточнее д. Корочин, в березняке кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 52°31'55.86"N и 25°21'43.02"E, 06.06.2023 г. Брестская область, Пинский район, ГЛХУ «Телеханский лесхоз», Поречское лесничество, 6,2 км северо-восточнее д. Ольшанка, в дубраве кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 100 м², координаты места произрастания 52°20'27.37"N и 25°48'30.12"E, 20.04.2024 г. Брестская область, Кобринский район, ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», Засимовское лесничество, 4,6 км севернее д. Зосимы, в ельнике кисличном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 100 м², координаты места произрастания 52°22'27.00"N и 24°25'42.00"E, 08.02.2023 г. Витебская область, Глубокский район, ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», Голубичское лесничество, 4,5 км северо-восточнее д. Урожайная, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 5 м², координаты места произрастания 55°4'21.85"N и 27°58'54.86"E, 05.07.2023 г. Витебская область, Глубокский район, ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», Липовское лесничество, 8,3 км северо-западнее д. Лесины, в черноольшанике кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 4 м², координаты места произрастания 55°3'5.14"N и 28°8'56.33"E, 06.07.2023 г. Витебская область, Докшицкий район, ЭЛОХ «Барсуки», Березинское лесничество, 2,1 км северо-западнее д. Березино, в березняке папоротниковом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°55'21.92"N и 28°10'28.65"E, 03.07.2023 г. Витебская область, Витебский район, ГЛХУ «Суражский лесхоз», Запольское лесничество, 2,5 км восточнее д. Шлыки, в сосняке долгомошном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 55°35'43.27"N и 30°52'26.24"E, 22.04.2018 г. Витебская область, Витебский район, ГЛХУ «Суражский лесхоз», Куринское лесничество, 2,5 км севернее д. Хомяково, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 55°24'21"N и 30°22'42"E, 07.04.2019 г. Витебская область, Лиозненский район, ГЛХУ «Лиозненский лесхоз», Бабиновичское лесничество, 2,3 км юго-западнее д. Лапицкие, в березняке снытевом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst.

(валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 100 м², координаты места произрастания 54°48'1.31"N и 30°30'20.12"E, 21.03.2020 г. Витебская область, Шарковщинский район, ГЛХУ «Дисненский лесхоз», Лужковское лесничество, 2,0 км северо-западнее д. Клиновое, в черноольшанике таволговом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 3 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 55°20'27.06"N и 27°47'12.48"E, 26.05.2019 г. Витебская область, Бешенковичский район, ГЛХУ «Бешенковичский лесхоз», Бешенковичское лесничество, 1,0 км юго-западнее д. Комли, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 55°10'0.88"N и 29°44'50.60"E, 25.04.2018 г. Витебская область, Толочинский район, ГЛХУ «Толочинский лесхоз», Озерецкое лесничество, 1,8 км юго-восточнее д. Гончаровка, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 35 плодовых тел на площади около 300 м², координаты места произрастания 54°22'17.92"N и 29°48'23.49"E, 14.08.2018 г. Гомельская область, Петриковский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Ветчинское лесничество, 3,3 км северо-западнее д. Большие Селютичи, в ельнике кисличном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 20 плодовых тел на площади около 90 м², координаты места произрастания 52°19'35.58"N и 28°10'4.33"E, 11.07.2022 г. Гомельская область, Петриковский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Копцевичское лесничество, 2,2 км севернее д. Копцевичи, в сосняке черничном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 52°16'7.71"N и 28°16'24.96"E, 10.07.2022 г. Гомельская область, Лельчицкий район, ГПУ «Национальный парк «Припятский», Симоничское лесничество, 1,8 км юго-западнее д. Симоничская рудня, в ельнике долгомошном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 55 плодовых тел на площади около 4 м², координаты места произрастания 51°54'29.25"N и 28°7'4.20"E, 12.05.2022 г. Гомельская область, Житковичский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Житковичское лесничество, 1,7 км южнее д. Черетянка, в ельнике кисличном и осиннике кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 200 плодовых тел на площади около 500 м², координаты места произрастания 52°9'6.30"N и 27°49'27.17"E, 15.05.2022 г. Гомельская область, Житковичский район, ЭЛОХ «Лясковичи», Ветчинское лесничество, 1,6 км северо-восточнее д. Ветчинская Рудня, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 52°24'34.57"N и 28°9'30.63"E, 15.05.2022 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Ковчицкое лесничество, 3,1 км северо-западнее д. Ковчицы, в березняке снытевом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 52°50'50.10"N и 29°8'40.98"E, 13.06.2017 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Светлогорское лесничество, 2,7 км восточнее д. Печищи, в дубраве черничной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 52°35'18.12"N и 29°40'26.40"E, 12.06.2017 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Искровское лесничество, 5,3 км северо-восточнее д. Здудичи, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 52°45'0.76"N и 29°39'10.76"E, 11.06.2017 г. Гомельская область, Ветковский район, ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз», Ветковское лесничество, 7,2 км северо-восточнее г. Ветка, в дубраве с примесью ели и ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 15 м², координаты места произрастания 52°36'2.60"N и 31°16'46.07"E, 31.05.2018 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Рудня-Бартоломеевское лесничество, 3,0 км юго-западнее д. Комунар, в березняке мшистом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 53°04'37.1"N и 31°13'44.1"E, 04.04.2018 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Нисимковичское лесничество, 2,2 км юго-восточнее д. Томино, в березняке кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 52°57'38.9"N и 31°07'01.8"E, 05.04.2018 г. Гомельская область, Кормянский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Кормянское лесничество, 3,5 км северо-восточнее д. Волынцы, в березняке долгомошном и сосняке орляковом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 5000 м², координаты места произрастания 53°12'04.1"N и 31°02'39.9"E, 20.04.2018 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Щучинское лесничество, 1,6 км юго-восточнее д. Давлюдовщина, в дубраве кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 30 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 53°36'19.85"N и 24°47'23.30"E, 06.06.2024 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Лидский лесхоз», Новодворское лесничество, 4,3 км северо-западнее д. Замостяны, в березняке кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 30 м², координаты места произрастания 53°54'26.21"N и 24°32'21.90"E, 08.06.2024 г. Гродненская область, Ивьевский район, ГЛХУ «Ивьевский лесхоз», Лелюкинское лесничество, 1,0 км восточнее д. Набережная (Новогрудский район), в ельнике мшистом, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 2 м², координаты места произрастания 53°48'43.60"N и 26°1'28.80"E, 26.04.2023 г. Гродненская область, Новогрудский район, ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», Любчанское лесничество, 3,6 км северо-западнее д. Бор, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 53°46'49.2"N и 26°06'20.9"E, 27.04.2023 г. Гродненская область, Зельвенский район, ГЛХУ «Волковысский лесхоз», Волковысское лесничество, 1,9 км юго-восточнее д. Мадейки, в дубраве снытевой с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 35 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 53°8'47.50"N и 24°39'20.70"E, 20.04.2024 г. Гродненская область, Кореличский район, ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», Кореличское лесничество, 0,8 км севернее д. Зеленец, в ельнике кисличном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 53°28'42.3"N и 26°00'58.9"E, 21.04.2024 г. Гродненская область, Слонимский район, ГЛХУ «Слонимский лесхоз», Зельвенское лесничество, 0,7 км южнее д. Медухово, в березняке кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 3 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 53°6'37.20"N и 24°56'56.00"E, 20.04.2024 г. Гродненская область, Дятловский район, ГЛХУ «Дятловский лесхоз», Руда-Яворское лесничество, 3,6 км южнее д. Руда Яворская, в березняке кисличном с примесью ели, на

стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 53°22'14.3"N и 25°06'44.7"E, 29.30.2024 г. Гродненская область, Мостовский район, ГЛХУ «Щучинский лесхоз», Мостовское лесничество, 2,0 км северо-западнее д. Даньковцы, в черноольшанике снытевом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 53°24'56.04"N и 24°28'13.92"E, 23.04.2024 г. Гродненская область, Лидский район, ГЛХУ «Лидский лесхоз», Лидское лесничество, 1,8 км юго-западнее д. Поддубно, в ельнике мшистом, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 5 м², координаты места произрастания 53°48'46.3"N и 25°19'16.7"E, 03.07.2020 г. Гродненская область, Ошмянский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Гравжишковское лесничество, 1,8 км северо-западнее д. Борти, в ельнике и осиннике кисличных с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 30 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°18'45.64"N и 25°44'12.14"E, 15.05.2020 г. Гродненская область, Сморгонский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Трилесинское опытно-производственное лесничество, 1,3 км северо-западнее д. Ордея, в ельнике и березняке кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 13 плодовых тел на площади около 5 м², координаты места произрастания 54°28'00.50"N и 26°31'37.20"E, 12.05.2020 г. Гродненская область, Островецкий район, ГЛХУ «Островецкий лесхоз», Кемелишское лесничество, 0,6 км юго-восточнее д. Довнаришки, в сосняке мшистом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°49'39.48"N и 25°50'30.66"E, 21.03.2019 г. Минская область, Червенский район, ГЛХУ «Червенский лесхоз», Червенское лесничество, 1,8 км северо-восточнее д. Лежни, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 30 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 53°42'53.6"N и 28°20'45.1"E, 20.05.2020 г. Минская область, Крупский район, ГЛХУ «Крупский лесхоз», Денисовичское лесничество, 1,3 км севернее д. Еджар, в ельнике кисличном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 2 м², координаты места произрастания 54°11'33.37"N и 29°20'18.44"E, 06.07.2017 г. Минская область, Минский район, ГЛХУ «Минский лесхоз», Новосельское лесничество, 1,1 км северо-восточнее д. Звенячи, в ельнике орляковом, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 11 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 53°56'37.76"N и 27°07'17.22"E, 15.06.2018 г. Минская область, Дзержинский район, ГЛХУ «Минский лесхоз», Путчинское опытно-производственное лесничество, 0,5 км восточнее д. Поусье, в ельнике кисличном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 12 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 53°46'23.02"N и 27°8'29.69"E, 16.06.2018 г. Минская область, Вилейский район, ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз», Ижское лесничество, 1,8 км северо-восточнее д. Ижа, в сосняке черничном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 5000 м², координаты места произрастания 54°40'44.31"N и 26°47'13.99"E, 15.10.2018 г. Минская область, Вилейский район, ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз», Ильянское лесничество, 2,1 км юго-восточнее д. Малевичи, в ельнике, осиннике и березняке кисличном и снытевом с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 5000 м², координаты места произрастания 54°24'12.61"N и 27°24'10.41"E, 13.04.2019 г. Минская область, Столбцовский район, ГОЛХУ «Столбцовский опытный лесхоз», Налибокское лесничество, 1,0 км северо-западнее д. Прудище, в ельнике черничном, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 150 м², координаты места произрастания 53°43'12.43"N и 26°21'51.70"E, 25.03.2018 г. Могилевская область, Круглянский район, ГЛХУ «Тетеринское», Шепелевичское лесничество, 1,6 км северо-западнее д. Стаи, в сосняке кисличном с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°10'44.49"N и 29°29'49.92"E, 20.07.2023 г. Могилевская область, Круглянский район, ГЛХУ «Тетеринское», Шепелевичское лесничество, 2,0 км западнее д. Стаи, в сосняке, березняке кисличных с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 15 м², координаты места произрастания 54°9'53.75"N и 29°28'45.12"E, 20.07.2023 г. Могилевская область, Могилевский район, ГЛХУ «Могилевский лесхоз», Могилевское лесничество, 1,0 км южнее д. Полыковичи, в дубраве кисличной с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 30 м², координаты места произрастания 53°57'40.52"N и 30°22'31.92"E, 22.07.2023 г. Могилевская область, Белыничский район, ГЛХУ «Белыничский лесхоз», Эсьмонское лесничество, 3,5 км северо-западнее д. Клева, в ельнике снытевом, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 40 плодовых тел на площади около 50 м², координаты места произрастания 54°1'23.62"N и 29°23'22.65"E, 08.07.2023 г. Могилевская область, Костюковичский район, ГЛХУ «Костюковичский лесхоз», Паньковское лесничество, 2,5 км северо-западнее д. Паньковская Буда, в дубраве снытевой с примесью ели, на стволе *P. abies* (L.) Karst. (валеж), не менее 20 плодовых тел на площади около 100 м², координаты места произрастания 53°11'36.96"N и 32°3'1.34"E, 13.06.2019 г.

Несмотря на многочисленные точки регистрации, вид очень редок и приурочен к старовозрастным высоко полнотным, влажным лесам из *P. abies* и/или старовозрастным высоко полнотным, влажным лесам с участием *P. abies*.

Pycnoporus cinnabarinus (Jacq.) P. Karst. – Брестская область, Малоритский район, ГЛХУ «Малоритский лесхоз», Малоритское лесничество, 4,5 км северо-восточнее г. Малорита, в сосняке черничном с примесью березы, на стволе *B. pendula* Roth. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 51°49'16.80"N и 24°7'24.40"E, 23.07.2023 г. Брестская область, Кобринский район, ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», Дивинское опытно-производственное лесничество, 3,7 км северо-восточнее д. Липово, в березняке черничном, на ветвях *B. pendula* Roth. (валеж), не менее 10 плодовых тел на около площади 50 м², координаты места произрастания 52°0'18.68"N и 24°32'14.67"E, 19.07.2022 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 4,5 км южнее д. Подлесье-Каменецкое, в березняке папоротниковом, на стволе *B. Pendula* Roth. (валеж), не менее 8 плодовых тел на площади около 8 м², координаты места произрастания 51°57'22.56"N и 23°50'5.83"E, 31.10.2015 г. Гомельская область, Чечерский район, ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз», Чечерское лесничество, 1,0 км юго-западнее д. Мотневичи, в березняке кисличном, на ветвях *B. pendula* Roth. (валеж), не менее 15 плодовых тел на площади около 5 м², координаты места произрастания 52°53'22.57"N и 30°44'46.14"E, 04.06.2018 г. Гомельская область, Наровлянский район, ГСЛХУ «Наровлянский спецлесхоз», Колеговское лесничество, 2,0 км северо-за-

паднее г. Наровля, в дубраве злаковой, на ветвях *B. pendula* Roth. (валеж), не менее 10 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 51°49'10.09"N и 29°27'22.90"E, 11.07.2020 г. Гродненская область, Ошмянский район, ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», Ошмянское лесничество, 0,7 км северо-восточнее д. Ольковичи, в дубраве кисличной с примесью березы, на ветвях *B. pendula* Roth. (валеж), не менее 25 плодовых тел на площади около 10 м², координаты места произрастания 54°24'41.83"N и 26°01'42.24"E, 13.05.2020 г.

Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst. – Брестская область, Кобринский район, ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», Дивинское опытно-производственное лесничество, 2,6 км северо-восточнее д. Липово, в черноольшанике папоротниковом, на стволе *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 3 плодовых тел на площади около 2 м², координаты места произрастания 52°0'21.10"N и 24°31'22.01"E, 19.03.2021 г. Брестская область, Брестский район, ГЛХУ «Брестский лесхоз», Брестское лесничество, 4,5 км северо-западнее д. Струга, в черноольшанике папоротниковом, на стволе *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 5 плодовых тел на площади около 15 м², координаты места произрастания 51°56'24.03"N и 23°51'30.42"E, 28.12.2017 г. Гомельская область, Житковичский район, ГЛХУ «Житковичский лесхоз», Ленинское лесничество, 2,8 км юго-западнее д. Ленин, в черноольшанике осоковом, на стволе *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 2 плодовых тел на площади около 2 м², координаты места произрастания 52°20'7.22"N и 27°26'40.31"E, 25.04.2019 г. Гомельская область, Светлогорский район, ГЛХУ «Светлогорский лесхоз», Чернинское лесничество, 2,1 км северо-восточнее д. Слободка, в ельнике черничном, на пне *P. abies* (L.) Karst., не менее 3 плодовых тел на площади около 3 м², координаты места произрастания 52°45'23.09"N и 29°12'03.86"E, 04.07.2017 г. Гродненская область, Щучинский район, ГЛХУ «Лидский лесхоз», Новодворское лесничество, 4,2 км северо-западнее д. Замостяны, в березняке долгомошном с примесью черной ольхи, осины и ели, на стволе *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (валеж), не менее 2 плодовых тел на площади около 5 м², координаты места произрастания 53°54'35.45"N и 24°32'36.59"E, 08.06.2024 г.

Hericium coralloides (Scop.: Fr.) Pers. – Витебская область, Городокский район, ГЛХУ «Городокский лесхоз», Езерищенское лесничество, 3,7 км северо-западнее д. Студенка, в березняке черничном с примесью черной ольхи, осины и ели, на стволе *P. tremula* L. (валеж), не менее 2 плодовых тел на площади около 1 м², координаты места произрастания 55°49'2.12"N и 29°52'53.09"E, 01.10.2019 г.

Grifola frondosa (Dicks.: Fr.) S.F. Gray – Брестская область, Кобринский район, ГОЛХУ «Кобринский опытный лесхоз», Дивинское опытно-производственное лесничество, 3,7 км северо-восточнее д. Липово, в березняке черничном с примесью дуба, на стволе *Q. robur* L., не менее 2 плодовых тел на площади около 2 м², координаты места произрастания 52°0'24.98"N и 24°32'24.78"E, 12.07.2021 г.

Заключение

В материалах публикации приведена информация о 167 новых местонахождения 19 аборигенных охраняемых видов мхов, лишайников, грибов и водорослей. Для всех видов указана их биотопическая приуроченность, а также данные о численности и площади занимаемой популяции. Эти сведения позволят более точно оценить состояние популяции этих видов в стране. Для мхов, грибов и лишайников указаны субстраты, на которых произрастают виды, что, на наш взгляд, будет способствовать лучшему пониманию биологии и экологии данных видов.

Для ряда видов, прежде всего таких как: *Porella platyphylla* (L.) Preiff., *Neckera pennata* Hedw., *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., *Fomitopsis rosea* (Alb. et Schwein.: Fr.) P. Karst.), *Pycnoporus cinnabarinus* (Jacq.) P. Karst., приведенные данные значительно расширяют имеющуюся информацию о их распространении в стране. Представленные материалы также позволяют уточнить сведения о флористическом составе некоторых природоохранных территорий, таких как заказники: «Хованщина», «Гусак», «Дивин-Великий лес», «Средняя Припять», «Прибужское Полесье», «Запольский», национальный парк «Припятский» и другие. Абсолютное большинство находок приурочены к ненарушенным или мало нарушенным старовозрастным лесам естественного происхождения, что в очередной раз подтверждает исключительно важное значение таких лесов для сохранения биологического разнообразия.

Результаты исследований имеют также важное практическое значение, в контексте сохранения выявленных популяций. Для всех выявленных мест произрастания подготовлены паспорта и охранные обязательства для дальнейшей их передачи под охрану землепользователям.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.б.н. А. П. Яцыне, сотруднику Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, за помощь в определении видов лишайников.

Литература

1. 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.

Поступила в редакцию 12.11.2024 г.

УДК 581.95

Д. В. ДУБОВИК

ЖЕРУХА ЛЕКАРСТВЕННАЯ (*NASTURTIUM OFFICINALE* W. T. AITON, *BRASSICACEAE*) – НОВЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: dvdubovik73@gmail.com

Аннотация. В 2024 г. обнаружен в Сморгонском районе Гродненской области новый вид растений для флоры Беларуси – *Nasturtium officinale*. Все его предыдущие указания для флоры страны основывались или на неверном определении образцов, или на основании данных о культивируемых в ботаническом саду растениях. Вид редок в сопредельных с Беларусью регионах и в большинстве из них находится под охраной. Статус вида (аборигенный или адвентивный, но хорошо натурализовавшийся) в Беларуси спорный.

Ключевые слова: флора, новый вид, *Nasturtium officinale*, лекарственное растение.

D. V. DUBOVIK

WATER-CRESSES (*NASTURTIUM OFFICINALE* W. T. AITON, *BRASSICACEAE*) – A NEW SPECIES FOR 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 2024, a new plant species for the flora of Belarus – *Nasturtium officinale* – discovered in the Smorgon district of the Grodno region. All his previous indications for the flora of the country were based either on incorrect identification of specimens, or on the basis of data on plants cultivated in the botanical garden. The species is rare in regions adjacent to Belarus and is protected in most of them. The status of the species (native or adventive, but well naturalized) in Belarus is controversial.

Key words: flora, new species, *Nasturtium officinale*, medicinal plant.

ВВЕДЕНИЕ

В 2024 г. в процессе флористического изучения Сморгонского района нами обнаружена довольно крупная популяция жерухи лекарственной – *Nasturtium officinale*. Этот вид до настоящего времени не был известен по достоверным гербарным данным для флоры страны, поэтому включен в Красную книгу Республики Беларусь в «Список растений и грибов, вероятно, исчезнувших с территории Беларуси» [1], однако в его подраздел Б «виды, выявление которых на территории Республики Беларусь указано в старых литературных источниках и произрастание которых возможно только с определенной долей вероятности».

Род *Nasturtium* W. T. Aiton, nom. cons. в настоящее время включает 4 вида и один межвидовой гибрид, которые встречаются почти космополитно, за исключением Антарктиды, северо-восточной части Южной Америки и значительной части Азии (преимущественно её северных и северо-восточных регионов) [2]. В сопредельных с Беларусью регионах (Брянская область России, Литва, Украина и Польша) известны 2 вида этого рода и 1 гибрид – *Nasturtium officinale*, *N. microphyllum* (Boenn.) Rchb., *N.* × *sterile* (Airy Shaw) Oefelein [3–7], причем в приграничных с Беларусью районах встречается лишь один вид – *Nasturtium officinale*, который охраняется в Литве, Польше и Брянской области России.

В Польше *Nasturtium officinale* встречается преимущественно в западной и южной части страны, известен также из нескольких локалитетов вблизи границ с Беларусью, здесь он считается аборигенным или хорошо натурализовавшимся видом [8, 9]. В Литве известен из нескольких локалитетов в окрестностях Вильнюса и в Тракяйском районе [5]. В Украине вид встречается преимущественно в её западной части, чаще в горных и предгорных районах, но не севернее широты Ровно-Житомир [3]. В Брянской области России таксон известен из 3 административных районов в южной и юго-восточной частях страны [4].

Находки этого вида во многих сопредельных с Беларусью регионах предрасполагали к тому, что он может быть найден и в пределах Беларуси, поэтому целью работы было исследование под-

ходящих для произрастания *Nasturtium officinale* экотопов на предмет наличия этого вида в пределах страны. Основными задачами исследований были – правильная идентификация таксона и критический анализ литературных указаний на наличие этого вида во флоре Беларуси.

Объекты (материалы) и методы исследования

При работе и идентификации гербарных образцов использовали общепринятые методики [10]. Определение проводили 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» [11]. Кроме основных белорусских гербариев (MSK, MSKU и др.) изучен и ряд зарубежных гербариев (KW, LE, WA, KRAM). Гербарий Жилибера (KW) просмотрен автором лично и в полном объеме. Гербарные сборы приведенного в статье вида хранятся в Гербарии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-V).

Результаты исследований и их обсуждение

Жеруха лекарственная, или водяной кресс (*Nasturtium officinale*) это многолетнее растение, которое внешне напоминает более широко распространенный в Беларуси вид – *Cardamine amara* L., но легко отличается от него длинными плетевидными стеблями с многочисленными корнями почти до верхней части растения, стебли часто плавающие, стручки довольно толстые и почти горизонтально оттопыренные, цветки более мелкие, растение цветет с мая по сентябрь.

Жеруха лекарственная нередко выращивается в различных странах как неприхотливое овощное растение, имеющее специфический острый вкус. Обычно её выращивают как однолетник для получения молодых побегов, входит в группу необычных и модных «полезных» листовых овощных растений. Съедобной частью являются молодые побеги. Имеет горький вкус (содержит гликозиды), так же, как кресс-салат, руккола и другие крестоцветные овощные культуры. По этой причине его в основном используют как пряность и овощное растение. Также её применяют как лекарственное растение (при неправильном обмене веществ, для очищения и улучшения состояния крови, в качестве отхаркивающего и мочегонного средств, при лихорадке и цинге; в народной медицине – как противолихорадочное и успокаивающее средство при нервных заболеваниях. Сок растения применяли наружно при ожогах, липомах, бородавках, полипах; отвар – внутрь при заболеваниях щитовидной железы, печени, желчно- и мочекаменной болезнях, анемии, кожных болезнях, ревматизме, подагре, сахарном диабете, используется в ветеринарии). Растение эффективно в свежем виде. Высушенная трава теряет свои лечебные свойства [12].

Из-за широко культивирования и последующей натурализации растений статус *Nasturtium officinale* (аборигенный или адвентивный вид) в некоторых странах или их частях является дискуссионным, особенно там, где он может встречаться как в диком виде (особенно горные регионы), так и одичавшим, но хорошо натурализовавшимся растением. Следует заметить, что в сопредельных с Беларусью регионах Польши этот вид является, вероятно, лишь хорошо натурализовавшимся растением [8, 9], однако в горах и предгорьях Польши это несомненно аборигенный таксон, как и в западной части Украины [3]. Изолированно от основного ареала и всего в нескольких локалитетах вид выявлен в Литве и Брянской области России, где он находится под охраной [3, 5]. Не исключено, что в Литве и Брянской области *Nasturtium officinale* является также лишь хорошо натурализовавшимся растением. В частности, такое мнение уже высказывалось для популяций этого вида в средней полосе европейской части России [13].

Ареал вида занимает Западную и Центральную Европу, крайние западные районы Восточной Европы, Юго-Западную Азию и Северную Африку, в качестве заносного или интродуцированного растения известен на всех континентах, кроме Антарктиды [14, 15]. Аборигенный статус этого вида в Беларуси также пока вызывает сомнения.

Довольно сложной и запутанной является история литературных указаний *Nasturtium officinale* для флоры Беларуси. Впервые этот таксон упомянут Ж. Э. Жилибером во «Flora Lituanica inchoata» [16] под триноминалом, как *Sisymbrium nasturtium aquaticum* L. (в оригинале автора «*S. cardamine folio*»). Ж. Э. Жилибер указывает, что вид растет «обычно в водоемах рядом с реками в окрестностях Гродно». Однако, его гербарный образец за № 950 (KW), так называемого «Гродненского гербария», с названием *Sisymbrium aquaticum* и припиской вверху ? «nasturtifolium» (концовка слова неразборчива) снабжен на оригинальной этикетке надписью рукой Жилибера

(со ссылкой на его же работу), что данный образец упоминается во «Flora Lituanica inchoata» (коллекция 4) на стр. 72. Однако на этой странице имеется лишь *Sisymbrium amphibium* L. (=*Rorippa amphibia* (L.) Besser). Очевидна нестыковка гербарных сборов Жилибера и упоминания таксона в его монографии, хотя другие гербарные образцы *Sisymbrium* соответствуют указанным автором страницам в работе «Flora Lituanica inchoata». Следует заметить, что еще в гербарии Жилибера (гербарий культивируемых растений – «Horti Grodnense») под названием *Sisymbrium aquaticum* лежит образец *Rorippa sylvestris* (L.) Besser.

Также имеется образец *Nasturtium officinale* (sub nom. *Sisymbrium nasturtium*) в гербарии Жилибера (KW), относящийся к части коллекции ученого, которая представляет из себя систематический гербарий «Herbarium Linneanum» и не был собран в окр. г. Гродно (футляр 18) [17]. В исследованном нами гербарии Жилибера, который собран непосредственно в окр. г. Гродно, образцы *Nasturtium officinale* отсутствуют, однако следует отметить, что часть образцов из семейства *Brassicaceae* самим Жилибером изначально определена с ошибками, о чем свидетельствуют многочисленные приписки на этикетках самого Жилибера и вычеркнутые ранее определения. В литературе имеется упоминание И. К. Пачоского, что И. Ф. Шмальгаузен при работе с гербарием Жилибера видел экземпляр *Nasturtium officinale*, так как в работе Шмальгаузена при этом виде поставлен восклицательный знак [18]. Возможно, это указание как раз и относится к выше названному образцу.

Таким образом, достоверные гербарные сборы в диком (или одичавшем) виде *Nasturtium officinale* из окрестностей Гродно отсутствуют. Вполне очевидно, что, если бы и был в конце XVIII в. в окр. г. Гродно *Nasturtium officinale*, то лишь в культуре (в ботаническом саду).

Затем *Nasturtium officinale* указан Э. Э. Линдеманном в общем для Гродненской и Минской губерний [19]. Причем, упоминание вида для Гродненской губернии, вероятно, основано на более ранних данных Ж. Э. Жилибера. Следует заметить, что в этой работе Линдеманна нередко приводятся таксоны, которые не свойственны нашей стране или их указания основаны на том, что тот или иной таксон может произрастать в исследованных им губерниях. К сожалению, сохранились лишь единичные сборы Линдеманна из современной Беларуси, которые хранятся в Санкт-Петербургском университете (LECB).

Позже *Nasturtium officinale* упомянут К. А. Чоловским для бывшей Могилевской губернии [20], как растение, растущее «около ключей и речек», а также И. Г. Васильковым для окрестностей г. Горки [21]. Эти литературные данные являются, вероятно, ошибочными и не подтверждены гербарными данными, хотя достоверные флористические находки названных выше авторов почти всегда документированы гербарным материалом. Отчасти *Nasturtium officinale* мог быть спутан некоторыми из выше перечисленных авторов с *Cardamine amara* на который он внешне похож. Все последующие литературные указания *Nasturtium officinale* для флоры Беларуси основаны на приведенных выше данных. Таким образом, до настоящего времени отсутствовали достоверные гербарные материалы, подтверждающие наличие этого вида для флоры страны.

Нами (Д. В. Дубовик, Т. О. Давидчик) *Nasturtium officinale* найден 10.07.2024 г. (рис. 1) в довольно большом количестве по берегам и на мелководье р. Сикуня в окр. д. Кушляны Сморгонского района Гродненской области. Вид аспектировал и доминировал по берегам реки Сикуня (вблизи её истоков), растения частично плавали на поверхности воды после проливных дождей. Вода в реке очень чистая, имеются выходы многочисленных родников. Вид встречался на протяжении около 800 метров вдоль обоих берегов реки, одиночные растения и небольшие группы *Nasturtium officinale* также обнаружены на мелководье запруженного русла реки (немного ниже по течению) у северной окраины деревни, вблизи бывшего усадебного парка Шафнагелей. Ниже дамбы на этой реке данный вид нами уже не отмечался. Вполне вероятно, что жеруха лекарственная могла быть интродуцирована здесь бароном К. Шафнагелем в конце XIX – начале XX вв., который был известным ученым-бриологом, натуралистом. Впоследствии *Nasturtium officinale* мог успешно натурализоваться по берегам реки и пруда вблизи усадебного парка.

В Литве *Nasturtium officinale* растет во влажных местах, на берегах рек и ручьев, прудов (в сообществах класса *Montio-Cardaminetea*) [5]. В Польше приурочен к сообществам *Sparganio–Glycerion fluitantis* класса *Phragmitetea* [15], известно около 130 местообитаний вида [8, 9]. В Брянской области России растет в сообществах порядка *Nasturtio-Glycerietalia* – союз *Sparganio–Glycerion fluitantis* – ассоциации *Glycerietum fluitantis* и *Nasturtietum officinalis* [22]. В Беларуси вид приурочен также к подобным растительным сообществам с доминированием *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *G. notata* Chevall, *G. fluitans* (L.) R. Br., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Veronica anagalis-aquatica* L., *V. beccabunga* L., *Lemna minor* L., *Spirodella polyrhiza* (L.) Schleid. Растения в период наблюдений цвели и плодоносили.

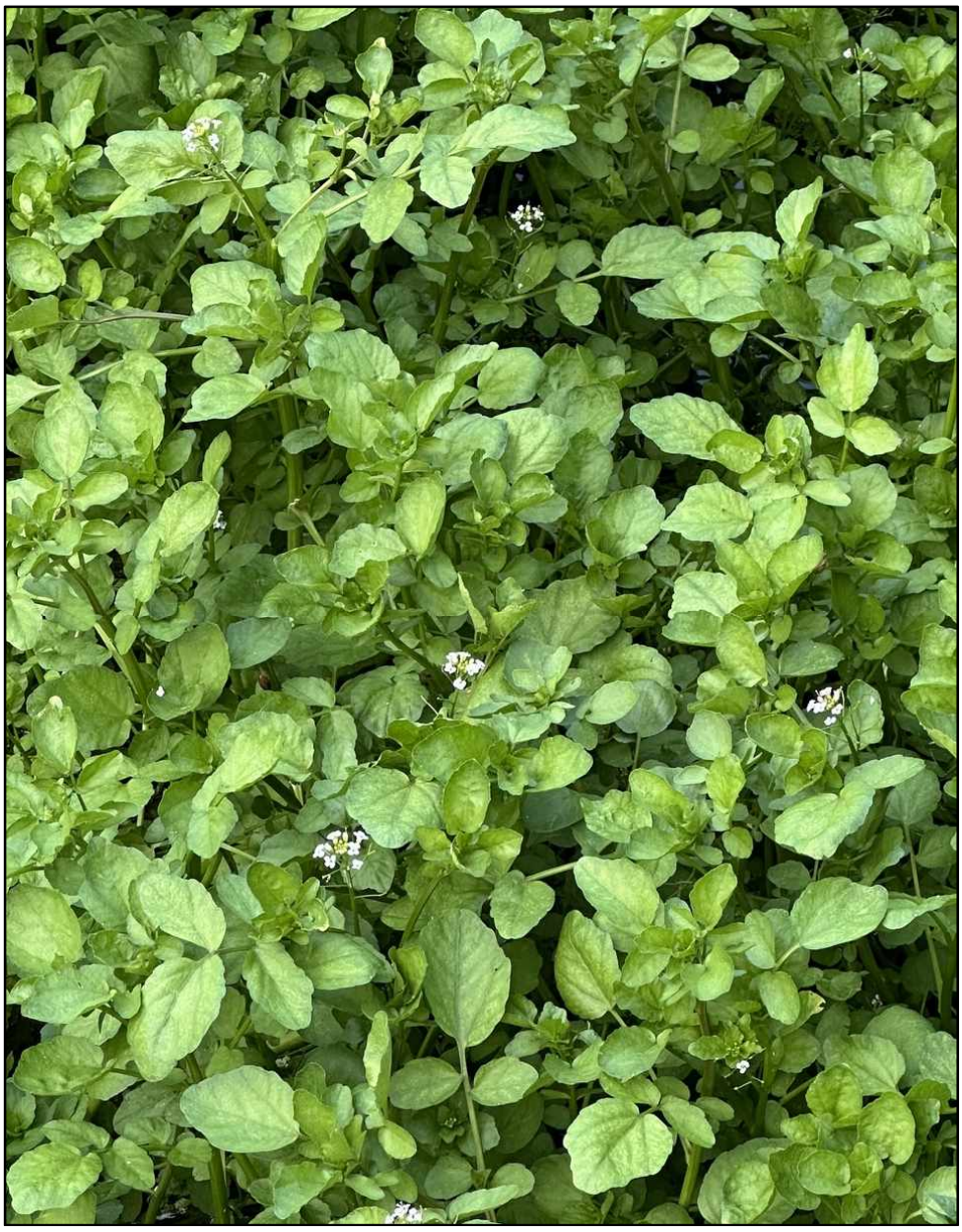


Рис. 1. Внешний вид *Nasturtium officinale*

Fig. 1. Appearance of *Nasturtium officinale*

Заключение

Таким образом, нами найден новый вид для флоры Беларуси – *Nasturtium officinale*, достоверные гербарные данные по которому до настоящего времени отсутствовали, а его прежние литературные указания, вероятно, были ошибочными. Аборигенный статус этого вида в стране спорный, вероятно он успешно натурализовался, как и в сопредельных равнинных районах Польши, Литве, а также в средней полосе европейской части России. Поэтому организация охраны популяции этого вида в Беларуси вряд ли оправдана.

Литература

1. 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.

2. Plants of the World Online [Electronic resource]. – Mode of access: https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:287534-1. – Date of access: 13.09.2024.

3. Екофлора України: т. 5. / А. П. Ільінська [та інш.] / відпов. ред. Я. П. Дідух. – Київ : Фітосоціоцентр, 2004. – Т. 5. – С. 390 – 391.

4. Красная книга Брянской области / ред.: А. Д. Булохов [и др.]. – 2-е изд. – Брянск : РИО БГУ, 2016. – 432 с.

5. Red Data Book of Lithuania. Animals, plants, fungi / V. Rašomavičius [ed.]. – Vilnius, 2021. – P. 477.

6. Rutkowski, L. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej / L. Rutkowski. –Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2008. – 814 s.

7. Czarna, A. The *Nasturtium* × *sterile* (airy shaw) Oefelein 1958 in Poland – future useful horticultural plant? / A. Czarna, I. Jędrzejczyk, M. Morozowska // Steciana. – 2022. – V. 26(4). – P. 47 – 55.

8. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce [Electronic resource]. – Mode of access: https://atlas-roslin.pl/gatunki/Nasturtium_officinale.htm. – Date of access: 13.09.2024.

9. Zając, A. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce / A. Zając, M. Zając. – Kraków: Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001. – 320 s.

10. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / под ред. Д.В. Гельтмана. – Кью : Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.

11. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. – Mode of access: www.tropicos.org. – Date of access: 18.10.2023.

12. Дудченко, Л. Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / Л. Г. Дудченко, А. С. Козьяков, В. В. Кривенко; отв. ред. К. М. Сытник. – К. : Наукова думка, 1989. – 304 с.

13. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России / П. Ф. Маевский. 11-е изд.; ред. колл. В. С. Новиков [и др.]. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с.

14. *Nasturtium officinale* in: Euro+Med Plantbase. – Mode of access: www.europlusmed.org/cdm_dataportal/taxon/f687ba2d-c4f5-4274-abfb-c1e029915975. – Date of access: 13.09.2024.

15. Dajdok, Z. *Nasturtium officinale* (*Brassicaceae*) i zbiorowiska z jej udziałem w południowo-zachodniej Polsce / Z. Dajdok, A. Nowak // Fragmenta Flor. Geobot. Polonica. – 2006. – V. 13(2). – P. 267–280.

16. Gilibert, J. E. Flora Lituanica inchoata etc. Collectio quinta / J. E. Gilibert. – Vilnae : Typis S.R.M. penes Academiam, 1782. – P. 70–71.

17. Шиян, Н. Н. Гербарий Жана Эммануэля Жилибера / Н. Н. Шиян, Л. В. Завьялова, О. М. Оптасюк. – Киев : Альтерпрес, 2013. – 492 с.

18. Пачоский, І. К. Флора Полѣсья и прилежащихъ мѣстностей / І. К. Пачоский // Тр. имп. С.-Петерб. о-ва естествоисп. Отд. Ботаники. – 1897. – Т. 27. – Вып. 2. – С. 46.

19. Lindemann, E. A. Prodromus Florarum Tschernigovianae, Mohilevianae, Minskianae nec non Grodnovianae / E. A. Lindemann // Bull. de la Soc. Imp℮riale des Naturalistes de Moscou. – 1850. – T. 23. – № 4. – P. 446–547.

20. Опытъ описанія Могилевской губерніи въ историческомъ, физико-географическомъ, этнографическомъ, промышленномъ, сельско-хозяйственномъ, лѣсномъ, учебномъ, медицинскомъ и статистическомъ отношеніяхъ, съ двумя картами губерній и 17 рѣзанными на деревъ гравюрами видовъ и типовъ : в 3 кн. / ред. А. С. Дембовецкий – Могилевъ на Днѣпръ : Типографія Губернскаго Правленія, 1882–1884. – Кн. 1 : Физико-географическій очеркъ Могилевской губерніи. Растенія / К. А. Чоловский. – 1882. – С. 11.

21. Васількоў, І. Г. Матар’ялы да флёры Горацкага раёну. Апісаньне Горацкага раену (прырода, гаспадарка, гісторыя і быт) / І. Г. Васількоў // Праца навуковага таварыства па вывучэньню Беларусі пры БДАСГ з удзелам Горацкага Раеннага Таварыства Краязнаўства. – 1927. – Сер. 1–5. – Т. 3. – Ад. 3. – Кн. 3. – С. 35–74.

22. Семенищенков, Ю. А. Синтаксономия естественной травяной растительности Судость-Деснянского междуречья (Брянская область). Класс *Phragmiti-magnocaricetea* / Ю. А. Семенищенков // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 9. – С. 103–105.

Поступила в редакцию 30.09.2024 г.

УДК 582.282: 57.042: 502.4

А. П. ЯЦЫНА[1], А. Ч. МИЛЬКО[2], В. С. ЛЮШТЫК[2]

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАХОДКАХ ЛИШАЙНИКОВ И БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ИМ ГРИБОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «НАРОЧАНСКИЙ» (МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ, БЕЛАРУСЬ)

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: lihenologs84@mail.ru*
[2]*Национальный парк «Нарочанский», Нарочь, Беларусь, e-mail: nauka@narochpark.by*

Аннотация. В статье представлены результаты инвентаризации лихенобиоты национального парка «Нарочанский». Впервые для особо охраняемой природной территории указываются 41 таксон: 36 видов лишайников, три нелихенизированных гриба: *Sarea difformis*, *S. resinae* и *Stenocybe pullatula* и два лихенофильных гриба: *Clypeococcum hypocenomycis* и *Stigmidium microspilum*. Впервые для территории Беларуси приводится лишайник *Chaenotricha cilians* Suija, McMullin & P. Lõhmus. В Красную книгу Беларуси включены *Cladonia foliacea* и *Chaenotheca chlorella*.

Ключевые слова: биологическое разнообразие, лихенобиота, особо охраняемые природные территории, новые виды, Беларусь.

A. P. YATSYNA[1], A. Ch. MILKO[2], V. S. LYUSHTYK[2]

NEW FINDS OF LICHENS AND CLOSELY RELATED FUNGI IN THE NATIONAL PARK "NAROCHANSKIY" (MINSK REGION, BELARUS)

[1]*V. F. Kurpevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: lihenologs84@mail.ru*
[2]*National Park "Narochansky", Naroch, Belarus, e-mail: nauka@narochpark.by*

Abstract. The article presents the results of the inventory of the lichen biota of the NP "Narochansky". For the first time, 41 taxa are indicated for a specially protected natural area: 36 species of lichens, three non-lichenized fungi: *Sarea difformis*, *S. resinae* and *Stenocybe pullatula* and two lichenicolous fungi: *Clypeococcum hypocenomycis* and *Stigmidium microspilum*. For the first time, the lichen *Chaenotricha cilians* Suija, McMullin & P.Lõhmus is listed for the territory of Belarus. *Cladonia foliacea* and *Chaenotheca chlorella* are included in the Red Book of Belarus.

Keywords: biodiversity, lichen biota, specially protected natural areas, new species, Belarus.

Введение

Изучение биологического разнообразия лишайников, нелихенизированных и лихенофильных грибов во многом зависит от глубины исследования специалистами лихенобиоты отдельных территорий страны. Многие регионы содержат лишь фрагментарные данные и требуют дальнейшей ревизии и инвентаризации лихенобиоты. К такой природоохранной территории относится национальный парк (НП) «Нарочанский».

В обобщающей статье посвященной истории изучения лишайников и близкородственных грибов национального парка «Нарочанский» составлен аннотированный список согласно литературном источникам и гербарным коллекциям, список содержит 264 таксона, которые в свою очередь представлены 247 видами, 4 подвидами, 4 разновидностями, 2 формами лишайников, а также 2 видами нелихенизированных и 5 видами лихенофильных грибов, около 1/3 видов известны только по литературным данным [1]. На протяжении последних 10 лет целенаправленных исследований по изучению лихенобиоты национального парка не было.

Цель исследования – дополнить видовой состав лишайников и близкородственных грибов НП «Нарочанский». Перед нами поставлены следующие задачи: критический пересмотр и определение видов с территории НП «Нарочанский» в коллекции лишайников (MSK-L) и инвентаризация лихенобиоты хвойных и смешанных лесов ООПТ. В связи с этим, весьма актуальными становятся исследования лихенобиоты НП «Нарочанский». Полученная информация (таксономический состав, фитоценотическая и субстратная приуроченность видов и т.д.) будет использована для важных научных обобщений (планы управ-

ления), а также для разработки практических мероприятий и рекомендаций по охране и рациональному использованию лишайников и близкородственных грибов на территории ООПТ.

Объекты (материалы) и методы исследования

Сбор гербарного материала проводили в августе-октябре 2024 г. в различных фитоценозах Константиновского, Мядельского и Сырмежского лесничеств национального парка «Нарочанский». Всего собрано более 300 гербарных образцов лишайников и близкородственных грибов, гербарные образцы хранятся в лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Кроме того, учитывали гербарные образцы других коллекторов, хранящиеся в коллекции лишайников (MSK-L) Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Определение качественного состава лишайниковых кислот проводили с помощью метода тонкослойной хроматографии в системе растворителей С. Названия видов приведены по сводке M. Westberg et al. [2]. Новые виды для национального парка «Нарочанский» обозначены – «!», нелихенизированные грибы – «+», лихенофильные грибы – «*».

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных полевых исследований и критической обработки гербарных образцов коллекции MSK-L впервые для территории НП «Нарочанский» указываются 41 таксон: 36 видов лишайников, три нелихенизированных вида: *Sarea difformis*, *S. resinae* и *Stenocybe pullatula* и два лихенофильных гриба: *Clypeococcum hypocenomycis* и *Stigmidium microspilum*. Впервые для территории Беларуси приводится лишайник *Chaenotricha cilians*. В Красную книгу Беларуси включены *Cladonia foliacea* (II категория) и *Chaenotheca chlorella* (III категория) [3]. Далее приводится подробная информация о встречаемости новых видов, приуроченность к фитоценозам и субстратам.

!***Arthonia ruana* A.Massal**. На территории Беларуси вид встречается часто в естественных и слабонарушенных фитоценозах, отмечен на гладкой коре *Corylus avellana* (L.) H. Karst. и *Carpinus betulus* L. [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 150, выд. 16, окр. д. Константиново. 54°56'23.5"N, 26°32'13.1"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Бывший хутор, посадки лиственных деревьев. На коре *Corylus avellana* (MSK-L 28009).

!***Athallia cerinella* (Nyl.) Arup et al.** Лишайник встречается повсеместно на урбанизированных и селитебных территориях, на коре лиственных деревьев, реже хвойных [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. Ветка. На коре *Populus tremula* L. (MSK-L 27805).

!***Bacidia arceutina* (Ach.) Arnold.** Лесной, неморальный лишайник, спорадически встречающийся в смешанных и лиственных лесах республики, отмечен во всех областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 54°57'43.2"N, 26°22'01.5"E. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Сосняк черничный. На коре *Acer platanoides* L. (MSK-L 26190).

!***B. polychroa* (Th. Fr.) Körb.** Индикаторный вид старовозрастных и естественных лесов республики. Вид встречается на коре *Populus tremula* во всех областях Беларуси [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Мядельское л-во, кв. 128, выд. 10, окр. д. Черемшицы. 13.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 13.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На коре *Populus tremula* (MSK-L 27756).

!***Bacidina egenula* (Nyl.) Vězda.** Индикаторный вид старовозрастных и естественных лесов республики. Отмечен в березняках, дубравах, ельниках, черноольшанниках и ясенниках. Вид встречается на коре лиственных деревьев, реже на плодовых телах трутовых грибов, отмечен изредка во всех областях Беларуси [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 152, выд. 7, окр. д. Константиново. 54°55'47.3"N, 26°31'42.9"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На плодовом теле *Polyporus sp*. (MSK-L 28007).

!***Bellicidia incompta* (Borrer) Kistenich et al.** Индикаторный вид старовозрастных и естественных лесов республики. Часто встречается в смешанных и лиственных лесах. Отмечен во всех областях Беларуси [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На коре *Quercus robur* L. (MSK-L 27812).

!***Buellia badia* (Fr.) A. Massal.** Эпилитный лишайник, отмечен во всех областях республики [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Яцыны (0,8 км к ЮВ). 23.06.1990. Coll. Голубков В. В. 23.06.1990. Det. Голубков В. В. На гранитном валуне. (MSK-L 24570).

!***Calicium glaucellum* Ach.** Бореальный вид хвойных и смешанных лесов республики, отмечен во всех областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На древесине *Picea abies* (L.) Karst. (MSK-L 27813); Константиновское л-во, кв. 152, выд. 14. окр. д. Константиново. 54°55'50.8"N, 26°31'45.8"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На древесине *Pinus sylvestris* L. (MSK-L 27986); Константиновское л-во, кв. 113, выд. 16, окр. д. Константиново. 54°55'38.3"N, 26°31'30.4"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На древесине *P. abies*. Обломанный ствол 3,5 м. (MSK-L 27997).

!***Caloplaca chlorina*** **(Flot.) H. Oliver.** Нитрофильный слабоизученный вид, раннее известен только по литературным данным [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Пасаши. 54°54'46.8"N, 26°49'40.5"E. 16.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 16.08.2024. Det. Яцына А. П. Дот времен Первой мировой войны. Обочина дороги. На бетоне (MSK-L 27829).

Chaenotheca chlorella **(Ach.) Müll. Arg.** Лишайник занесен в 4-ое издание Красной книги Беларуси, встречается спорадически по всем областям республики преимущественно на древесине хвойных пород в еловых, елово-широколиственных, дубовых и черноольховых лесах с повышенной влажностью воздуха. Индикаторный вид старовозрастных и естественных лесов Беларуси [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Мядельское л-во, кв. 128, выд. 10, окр. д. Черемшицы. 13.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 13.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На древесине *Picea abies* (MSK-L 27766); Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. Вертикальный ствол дерева. На древесине *P. abies* (MSK-L 27802); Константиновское л-во., кв. 10, выд. 16, окр. д. Ольшево. 54°58'08.6"N, 26°21'57.2"E. 03.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 03.10.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На трухлявом стволе, древесина *P. abies* (MSK-L 28026).

!***Chaenotricha cilians*** **Suija, McMullin & P. Lõhmus.** (рис. 1.) Вид *Ch. cilians* описан для науки в 2023 г. известен из следующих стран Европы: Германия, Эстония, Латвия, Литва, Россия (Калининградская область) и Швеции, отмечен на плодовых телах трутовых грибов рода *Trichaptum*: *T. abietinum* (Dicks.) Ryvarden, *T. fusco-violaceum* (Ehrenb.) Ryvarden и *T. biforme* (Fr.) Ryvarden [5]. Лишайник впервые приводится для Беларуси. В 2024 г отмечен в следующем локалитете: **Витебская обл.**, *Россонский р-н*, заказник «Красный Бор», Россонский л-хоз, Лиснянское л-во, кв. 6, выд. 37, окр. д. Волесы, 56°05'30,1"N, 28°27'23,8"E. 25.06.2024. Coll./Det. Яцына А. П. Ельник долгомошный. На плодовом теле *T. abietinum* (MSK-L 27520).

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 151, выд. 3, окр. д. Константиново. 54°56'18.2"N, 26°31'56.1"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На плодовом теле *Trichaptum abietinum* (MSK-L 28023).

!***Cladonia foliacea*** **(Huds.) Willd.** Лишайник включен в 4-ое издание Красной книги Беларуси, встречается единично в Витебской (Браславский р-н), Гродненской (Гродненский и Сморгонский р-ны), Минская (Воложинский р-н), Могилевской (Чаусский р-н) областях. Кальфильный вид обитает на песчаной почве в сосняках, часто на старых эоловых дюнах, песчаных склонах сосняков, верещатниках, предпочитает кальцийсодержащие почвы и субстраты [3].



Рис. 1. Внешний вид лишайника *Chaenotricha cilians* на плодовом теле *Trichaptum abietinum*

Fig. 1. Appearance of the lichen *Chaenotricha cilians* on the basidiocarp of *Trichaptum abietinum*

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Пасаши. Немецкий дот, времен Первой мировой войны. 54°54'46.8"N 26°49'40.5"E. 16.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч., 16.08.2024. Det. Яцына А. П. Обочина дороги. На бетоне (MSK-L 27828).

!****Clypeococcum hypocenomycis* D. Hawksw.** Лихенофильный гриб *Clypeococcum hypocenomycis* встречается во всех областях республики в хвойных и смешанных лесах, на талломе *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Сырмежское л-во, кв. 80, выд. 13, окр. д. Малая Сырмеж. Ручей. Лиманник 1. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник мшистый. На талломе *Hypocenomyce scalaris* (MSK-L 27784).

!***Enchylium tenax* (Sw.) Gray.** Эпигейный, кальцефильный вид отмечен на глинистой почве во всех областях республики [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Пасаши. Немецкий дот, времен Первой мировой войны. 54°54'46.8"N 26°49'40.5"E. 16.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч., 16.08.2024. Det. Яцына А. П. Обочина дороги. На почве. (MSK-L 27889).

!***Fellhanera bouteillei* (Desm.) Vězda.** Виды рода *Fellhanera* (*F. bouteillei* и *F. subtilis*) встречается во всех областях республики в хвойных и смешанных лесах, лишайник *F. bouteillei* растёт на хвое и веточках *Picea abies*, а лишайник *F. subtilis* отмечен на перидерме черники и на хвое и ветках *P. abies* [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На ветках и хвое *Picea abie*s (MSK-L 27811).

!***F. subtilis* (Vězda) Diederich & Sérus.**

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Сырмежское л-во, кв. 80, выд. 13, окр. д. Малая Сырмеж, Ручей. Лиманник 1. 15.08.2024. Coll. Яцына А.П. 15.08.2024. Det. Яцына А.П. Ельник мшистый. На хвое и иголках *Picea abies* (MSK-L 27799); Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На ветках и хвое *P. abies* (MSK-L 27807); Константиновское л-во, кв. 152, выд. 1, окр. д. Константиново. 54°55'45.0"N 26°31'45.4"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На хвое и ветках *P. abies* (MSK-L 28012).

!***Hertelidea botryosa* (Fr.) Printzen & Kantvilas.** Бореальный вид, отмечен на древесине хвойных пород в хвойных и смешанных лесах подзоны дубово-темнохвойных лесов, ранее известен из Витебской области, впервые приводится для Минской области [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На древесине *Picea abies* (MSK-L 27826).

!***Inoderma byssaceum* (Weigel) Gray.** Неморальный эпифитный часто встречающийся лишайник в смешанных и лиственных лесах, отмечен в усадебных парках республики, известен во всех областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 12.10.2022. Coll. Яцына А. П. 12.10.2022. Det. Яцына А. П. Усадебный парк, берег реки Страча. На коре *Acer platanoides* (MSK-L 26524).

!***Lecanora thysanophora* R.C. Harris.** Неморальный лишайник встречается преимущественно в центральной и южной части республики на гладкой коре *Corylus avellana* и *Carpinus betulus* [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На коре *Corylus avellana* (MSK-L 27844).

!***Loxospora elatina* (Ach.) A. Massal.** Эпиксильный лишайник хвойных и смешанных лесов, отмечен только в Витебской и Минских областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. оз. Глубля. 07.08.1975. Coll. Голубков В. В. 25.04.2010. Det. Kukwa M. Сосняк багульниковый. На коре *Pinus sylvestris* (MSK-L 21336). Химический состав лишайниковых кислот: тамноловая, элатиниковая и сквататовая кислоты.

!***Micarea denigrata* (Fr.) Hedl.** Лишайник *M. denigrata* отмечен в 22 локалитетах во всех шести областях Беларуси. Обитает преимущественно в сосняках, березняках и ельниках, на древесине, реже на коре хвойных и мелколиственных деревьев [6].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Сырмежское л-во, кв. 80, выд. 8, окр. д. Малая Сырмеж, Ручей. Лиманник 1. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник мшистый. Пень, на древесине *Picea abies* (MSK-L 27777).

!***Micarea melaena* (Nyl.) Hedl.** Лишайник известен из 47 локалитетов и представлен во всех областях Беларуси. Индикаторный вид старовозрастных и естественных лесов республики. Встречается в сосняках и ельниках, преимущественно в северной и центральной части страны, отмечен на коре *Pinus sylvestris*, реже на древесине *P. sylvestris* и *P. abies* [6].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Гатовичское л-во, кв. 26, окр. д. Гатовичи. 07.05.1986. Coll. Голубков В. В. 08.01.2021. Det. Чесноков С. В. Переходное болото. На древесине пня (MSK-L 24760); окр. д. Ольшево, окр. оз. Мертвое. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Сосняк черничный. У основания *Pinus sylvestris* (MSK-L 26164); Константиновское л-во, кв. 152, выд. 14, окр. д. Константиново. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На коре *P. sylvestris* (MSK-L 27990).

!***Micarea misella* (Nyl.) Hedl.** Вид известен в следующих областях: Брестская, Витебская, Гомельская и Минская, встречается преимущественно в заболоченных сосняках на древесине *P. sylvestris*, в одном местонахождении лишайник отмечен в пойменной дубраве на древесине *Quercus robur* [6].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 54°57'43.2"N, 26°22'01.5"E. 26. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Берег оз. Мертвое. Сосняк багульниковый. На древесине *Pinus sylvestris* (MSK-L 26206).

!***Multiclavula mucida* (Pers.) R.H. Petersen.** (рис. 2). Базидиальный лишайник *Multiclavula mucida* ранее отмечен только на территории НП «Беловежская пуща» **Брестская область**, *Каменецкий* и *Пружанский р-ны* [4]. Впервые проводится для Минской области.

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 47, окр. д. Яцыны, юго-восточный берег оз. Большой Больцик, родник Большой Болцикский. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. Валеж. На древесине *Picea abies* (MSK-L 27818).

!***Ochrolechia alboflavescens* (Wulfen) Zahlbr.** Редкий бореальный лишайник хвойных лесов Беларуси, отмечен во всех областях республики [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. оз. Глубля. 07.08.1975. Coll. Голубков В. В. 25.04.2010. Det. Kukwa M. Сосняк багульниковый. На коре *Pinus sylvestris* (MSK-L 21337). Химический состав лишайниковых кислот: вариоларовая, лихестериновая и протолихестериновая к-ты.

!***Ochrolechia arborea* (Kreyer) Almb.** Редкий, бореальный лишайник хвойных лесов Беларуси, отмечен во всех областях республики [4]. Химический состав лишайниковых кислот: гирофоровая и леканоровая к-ты.

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 54°57'43.2"N, 26°22'01.5"E. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. На берегу оз. Глубелька. Сосняк багульниковый. На коре *Betula pendula* Roth (MSK-L 26296).

!***Peltigera membranacea* (Ach.) Nyl.** Вид встречается повсеместно, отмечен во всех областях страны в хвойных, смешанных и лиственных лесах, на коре деревьев, на деревине и замшелых камнях и замшелом бетоне [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 113, выд. 12, окр. д. Константиново. 54°55'31.0"N, 26°31'28.0"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Ельник черничный. У основания ствола. На коре *Populus tremula* (MSK-L 28015).

!+***Phaeocalicium polyporaeum* (Nyl.) Tibell.** Согласно коллекции лишайников ИЭБ (MSK-L) нелихенизированный гриб *P. polyporaeum* на территории республики отмечен на плодовых телах *Trichaptum biforme* во всех областях Беларуси.

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 54°57'43.2"N, 26°22'01.5"E. 14.04.2022. Coll. Яцына А. П. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Сосняк черничный. На плодовом теле *Trichaptum biforme* (MSK-L 26222).

!***Phaeophyscia sciastra* (Ach.) Moberg.** Редкий кальцефильный лишайник урбанизированных и селитебных территорий Беларуси, отмечен в Брестской, Витебской, Гродненской и Минский областях [7].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Некасец. 10.06.1986. Coll. Голубков В.В. 28.03.2016. Det. Яцына А. П. На холмах среди кустарников. На эрратических валунах (MSK-L 16297); окр. д. Пасынки. Северный берег озера Нарочь.15.07.1986. Coll. Голубков В. В. 15.07.1986. Det. Голубков В. В. На гранитном валуне (MSK-L 16311).

!***Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl.** Редкий слабоизученный эпилитный вид, отмечен в Витебской, Гомельской, Гродненской и Минской областях [7].



Рис. 2. Внешний вид лишайника *Multiclavula mucida* на валеже *Picea abies*

Fig. 2. Appearance of the lichen *Multiclavula mucida* on dead wood *Picea abies*

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Черевки. 13.08.1980. Coll. Голубков В. В. 22.12.2020. Det. Яцына А. П. Около шоссе. На камнях (MSK-L 24608).

!***Physconia detersa*** **(Nyl.) Poelt.** Широко распространённый эпифитный вид, встречается как в естественных еловых, смешанных и широколиственных лесах, так и на селитебных территориях, а также в усадебных парках [7].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, у дороги на д. Лынтупы. 08.08.1976. Coll. Голубков В. В. 08.08.1976. Det. Голубков В. В. На коре *Fraxinus excelsior* L. (MSK-L 16224); окр. д. Ольшево. 02.05.1976. Coll. Голубков В. В. 21.12.2020. Det. Яцына А. П. В парке. На коре *Acer platanoides* (MSK-L 24572); д. Ольшево. 05.05.1976. Coll. Голубков В. В. 21.12.2020. Det. Яцына А. П. В парке. На коре *Populus* sp. (MSK-L 24573); окр. санатория «Нарочь». 25.07.1972. Coll. Голубков В. В. 25.07.1975. Det. Голубков В. В. Аллея старых тополей. На коре *Populus* sp. (MSK-L 24699); окр. д. Ольшево. 08.08.1976. Coll. Голубков В. В. 08.08.1976. Det. Голубков В. В. У дороги на д. Лынтупы. На коре *Ulmus* sp. (MSK-L 24706); окр. КУП Нарочь, 54°54'24,4"N, 26°42'24,8"E. 13.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 13.04.2022. Det. Яцына А. П. Аллея тополей вдоль дороги. На коре *Populus* sp. (MSK-L 26147).

!***Placynthiella icmalea*** **(Ach.) Coppins & P. James.** Эпиксильный вид таежных лесов республики, встречающийся во всех областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Сырмежское л-во, кв. 80, выд. 8, окр. д. Малая Сырмеж. Ручей. Лиманник 1. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник мшистый. Валеж на древесине *Picea abies* (MSK-L 27780).

!***Placynthium nigrum*** **(Huds.) Gray.** Редкий кальцефильный лишайник, отмечен на старых бетонных сооружениях, известен из Витебской, Брестской и Гродненской областях. Впервые приводится для Минской области [7].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Некасец. 05.06.1986. Coll. Голубков В.В. 01.05.1986. Det. Голубков В. В. На старом фундаменте (цементная кладка) (MSK-L 22859); окр. д. Пасаши. Немецкий дот, времен Первой мировой войны. 54°54'46.8"N, 26°49'40.5"E 16.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 16.08.2024. Det. Яцына А. П. Обочина дороги. На бетоне (MSK-L 27832); окр. д. Внуки. Немецкий дот, времен Первой мировой войны. 54°54'46,8"N, 26°49'40,5"E. 16.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 16.08.2024. Det. Яцына А. П. Поле кукурузы. На бетоне (MSK-L 27842).

!***Pycnora sorophora*** **(Vain.) Hafellner.** Эпифитный лишайник отмечен на коре *Pinus sylvestris* в лишайниковых, вересковых, мшистых, багульниковых, осоковых и сфагновых лесах сосновой формации. Встречается по всей территории республики [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. оз. Глубля. 07.08.1975. Coll. Голубков В. В. 25.04.2010. Det. Kukwa M. Сосняк багульниковый. На коре *Pinus sylvestris* (MSK-L 21338); окр. д. Ольшево. 54°57'43.2"N, 26°22'01.5"E. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Берег оз. Мертвое. Сосняк черничный. На коре *P. sylvestris* (MSK-L 26169).

!***Reichlingia leopoldii*** **Diederich & Scheid.** Редкий, недостаточно изученный эпифитный вид отмечен в старых и слабонарушенных лиственных лесах, реже в старых усадебных парках, где произрастает на коре дуба, клена, ясеня, липы. Лишайник отмечен во всех областях республики [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Пойма реки Страча. На коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 26154).

!+***Sarea difformis*** **(Fr.) Fr.**

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево, окр. оз. Мертвое. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Сосняк черничный. На смоле *Picea abies* (MSK-L 26135).

!+***Sarea resinae*** **(Fr.) Kuntze.**

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Сосняк черничный. На смоле *Picea abies* (MSK-L 26194); Мядельское л-во, кв. 128, выд. 8, окр. д. Черемшицы. 13.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 13.08.2024. Det. Яцына А. П. Сосняк мшистый. На коре *P. abies* (MSK-L 27759).

Нелихенизированные грибы рода *Sarea* Fr. (*S. difformis* и *S. resinae*) на территории Беларуси приурочены к хвойным и смешанным лесам, отмечены на смоле сосны и ели, реже встречаются на древесине хвойных деревьев, в тех местах, где выделяется смола, виды встречаются часто, во всех областях [4].

!***Sclerophora pallida*** **(Pers.) Y.J. Yao & Spooner.** Эпифитный лишайник относится к индикаторным видам естественных и старовозрастных лесов республики, произрастает преимущественно на коре ясеня и клена. Отмечен в старых усадебных парках страны. Встречается спорадически во всех областях Беларуси [7].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 54°56'55.7"N, 26°21'57.6"E. 12.10.2022. Coll. Яцына А. П. 12.10.2022. Det. Яцына А. П. Усадебный парк, берег реки Страча. На коре *Acer pseudoplatanus* L. (MSK-L 26503); хутор Болдук, 54°58'32.7"N, 26°24'18.5"E. 03.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 03.10.2024. Det. Яцына А. П. Аллея старых деревьев, обочина дороги. На коре *A. platanoides* (MSK-L 28032).

!***Sclerophora peronella*** **(Ach.) Tibell.** Редкий эпифитный или эпиксильный лишайник старых древесных насаждений. Произрастает в усадебных парках, старые лиственные аллеи, одиночно стоящие старые лиственные деревья и т.д. Лишайник ранее отмечен в Витебской (Браславский район) и Минской (Вилейский район) областях [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Константиновское л-во, кв. 150, выд. 16, окр. д. Константиново. 54°56'25.0"N, 26°32'11.5"E. 02.10.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 02.10.2024. Det. Яцына А. П. Бывший хутор, посадки лиственных деревьев. На древесине, расщелина *Acer platanoides* (MSK-L 27999).

!+***Stenocybe pullatula*** **(Ach.) Stein.** Нелихенизированный гриб на территории Беларуси встречается повсеместно на тонких веточках *Alnus glutinosa* и *A. incana*

(L.) Moench, часто отмечен в местах с повышенной влажностью воздуха [4].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, окр. д. Ольшево. 14.04.2022. Coll. Дроневич Н. А., Лазаренко Г. Е., Никифоров Н. А. 14.04.2022. Det. Яцына А. П. Пойма реки Страча, черноольс. На ветках *Alnus glutinosa* (MSK-L 26185); Мядельское л-во, кв. 128, выд. 10, окр. д. Черемшицы. 13.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 13.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На ветках *A. glutinosa* (MSK-L 27744); Сырмежское л-во, кв. 80, выд. 7, окр. д. Малая Сырмеж. Ручей. Лиманник 1. 15.08.2024. Coll. Яцына А. П. 15.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На ветках, кора *A. glutinosa* (MSK-L 27792).

!****Stigmidium microspilum*** **(Körb.) D. Hawksw.** Лихенофильный гриб лиственных и смешанных лесов республики, встречается во всех областях на талломе эпифитного лишайника *Graphis scripta* (L.) Ach. [7].

Встречаемость: *Мядельский р-н*, Мядельское л-во, кв. 128, выд. 10, окр. д. Черемшицы, 13.08.2024. Coll. Яцына А. П., Милько А. Ч. 13.08.2024. Det. Яцына А. П. Ельник кисличный. На талломе *Graphis scripta* (MSK-L 27757).

Заключение

В результате ревизии гербарных образцов коллекции лишайников (MSK-L) лаборатории микологии и полевых сборов в августе-октябре 2024 г. приведен список новых и редких видов лишайников и близкородственных грибов для НП «Нарочанский». Лихенобиота ООПТ пополнилась 41 таксоном: 36 видов лишайников, три нелихенизированных гриба и два лихенофильных гриба. Таким образом, количество видов лишайников и близкородственных грибов для национального парка увеличено до 290 видов, что составляет приблизительно 40% от видового состава лихенобиоты республики. Впервые для территории Беларуси приводится лишайник *Chaenotricha cilians*. В ходе полевых исследований выявлены новые локалитеты охраняемых видов лишайников – *Cladonia foliacea* и *Chaenotheca chlorella*, на последний вид составлены паспорта и охранные обязательства. По предварительным данным лихенобиота НП «Нарочанский» может содержать 370–400 видов лишайников благородя разнообразию фитоценозов и субстратов.

Литература

1. Голубков, В. В. Аннотированный список лишайников, лихенофильных и близкородственных им грибов национального парка Нарочанский / В. В. Голубков [и др.] // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф Купревича НАН Беларуси ; Н.А. Ламан (науч. ред.) [и др.]. – Минск, 2013: – Вып. 42. – С. 99–129.

2. Santesson’s Checklist of Fennoscandian Lichen-Forming and Lichenicolous Fungi / M. Westberg [et al.]. Uppsala University Museum of Evolution, 2021. – 933 p.

3. Красная книга Республики Беларусь. Растения : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол. : И.М. Качановский (предс.) М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с. . ил.

4. Яцына, А. П. Коллекция лишайников и близкородственных грибов Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L) / А. П. Яцына ; Нац. Акад. наук Беларуси, Ин-т. эксперим. ботаники им В. Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 427 с., [7] л. цв. ил.

5. Suija A. A phylogenetic assessment of a fungicolous lineage in *Coniocybomycetes*: Chaenotricha, a new genus of Trichaptum-inhabiting species / A Suija [et al.]. // Fungal Syst Evol. – 2023. – Nov 22/12. – P. 255–269.

6. Яцына, А. П. Ревизия лишайников рода *Micarea* (*Pilocarpaceae*) в Беларуси, с ключом для определения видов / А. П. Яцына и [др.] // Новости систематики низших растений. – 2023. – 57(1). – С. 107–122.

7. Флора Беларуси. Лишайники. Т. 1. / А. П. Яцына [и др.]; под общ. ред. академика В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 341 с., [8] л. цв. ил.

Поступила в редакцию 16.11.2024 г.

ЮБИЛЯРЫ
JUBILEE

ИРИНА НИКОЛАЕВНА ВЛАДИМИРОВА
(к 70-летию со дня рождения)



Ирина Николаевна Владимирова – незаменимый сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, посвятившая ботанической науке 47 лет. Её жизнь – яркий пример преданности профессии и отзывчивости.

Родилась Ирина Николаевна в Минске 10 октября 1954 г. в семье военнослужащего. С отличием окончила среднюю школу № 50 и Минский государственный педагогический институт имени А. М. Горького, получив в 1977 г. квалификацию учителя биологии и химии. Однако её призвание нашлось в науке. После окончания ВУЗа её трудовая биография неразрывно связана с Институтом экспериментальной ботаники.

За годы работы под руководством таких учёных, как академик Н. Д. Нестерович, д.б.н. Е. Г. Петров, к.б.н. А. В. Пугачевский и к.б.н. А. В. Судник, Ирина Николаевна зарекомендовала себя как высококвалифицированный специалист, отличающийся ответственностью, инициативностью, способный работать в разных исследовательских группах. Её профессионализм, умение отстаивать свою точку зрения и находить нестандартные решения неоднократно выручали коллектив в сложных ситуациях. Ирина Николаевна всегда является надёжной опорой для своих коллег и руководителей.

Её вклад в науку значителен и многогранен. Ирина Николаевна приняла участие более чем в 100 научных исследованиях и проектах, внеся существенный вклад в реализацию государственных программ и внедрение результатов исследований в природоохранную деятельность (35 актов внедрения и 18 аналитических записок служат тому подтверждением). Более 50 научных работ, созданных в соавторстве, свидетельствуют о её глубоких знаниях и неутомимом трудолюбии. Ирина Николаевна принимала активное участие в организации многочисленных международных конференций и семинаров, щедро делясь своим опытом и знаниями с молодыми учеными.

Однако роль Ирины Николаевны в жизни института выходит далеко за рамки научной деятельности. Она – душа коллектива, надежный друг и коллега, всегда готова поддержать, помочь и поделиться своим оптимизмом. Её доброта, отзывчивость и неиссякаемая энергия вдохновляют нас всех.

Коллектив лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем выражает Ирине Николаевне глубокую благодарность за многолетнюю плодотворную работу и сердечно поздравляет с Юбилеем! Желаем крепкого здоровья и долголетия!

Коллектив лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем
Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА ВЛАСОВА
(к 80-летию со дня рождения)



Исполнилось 80 лет со дня рождения известного физиолога растений, кандидата биологических наук Натальи Николаевны Власовой.

Н. Н. Власова родилась 12 ноября 1944 г. в Киеве в семье военнослужащего. После переезда в Минск и окончания в 1961 г. средней школы работала в должности лаборанта в Секторе геронтологии Академии наук БССР. В 1963 г. поступила в Белорусский государственный университет на биологический факультет, который закончила в 1968 г. с присвоением квалификации биолог, преподаватель биологии и химии.

После окончания университета Н. Н. Власова приходит на работу в Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича в лабораторию физиологии питания растений и участвует в проведении исследований по физиологическому обоснованию оптимальных условий светового питания высших растений для промышленного растениеводства и искусственных экологических систем с использованием новых источников света, созданных во Всесоюзном светотехническом институте (г. Саранск), и искусственной ионитной почвы, полученной в Институте физико-органической химии АН БССР.

Конкретной задачей в исследованиях Натальи Николаевны являлась оценка особенностей азотного обмена растений, в частности содержания общего, белкового и небелкового азота, качественного состава и содержания аминокислот в растительных тканях. Проводила извлечение из ионитного субстрата выделяемых растениями продуктов азотного метаболизма, оценку биохимического состава растений, выращиваемых на искусственной почве.

Одновременно Н. Н. Власова выполняла в форме соискательства под руководством профессора В. М. Терентьева диссертационную работу на тему «Влияние спектрального состава и интенсивности света на некоторые показатели азотного метаболизма растений», которую успешно защитила в 1979 г.

После защиты кандидатской диссертации Наталья Николаевна активно включилась в проведение исследований по проблеме реализации биологического потенциала растений хлебных злаков в агрофитоценозах. Исследовали морфофизиологические особенности растений, определяющие характер их ростовой реакции на условия, которые складываются в посевах различной плотности и, соответственно, продуктивности и устойчивости к полеганию. Полученные результаты легли в основу обоснований перспективного идиотипа растений для селекции.

Н. Н. Власова избирается по конкурсу вначале на должность научного сотрудника, а с 1990 г. старшего научного сотрудника.

Наталью Николаевну Власову всегда отличали аккуратность и собранность при постановке научных экспериментов, скрупулезность при анализе полученных данных. Всего ею опубликовано более 50 научных работ. Она активно участвовала в представлении полученных ею экспериментальных результатов на Всесоюзных конференциях по фотоэнергетике растений (Алма-Ата, 1978; Львов, 1980), Всесоюзном биохимическом съезде (Москва, 1986) и других научных форумах, избиралась профоргом лаборатории, секретарем физиолого-биохимической секции Белорусского отделения Всесоюзного ботанического общества.

С 2004 г. Наталья Николаевна находится на заслуженном отдыхе. Желаем ей крепкого здоровья и активного долголетия.

Н. А. Ламан, Ж. Н. Калацкая,
В. Н. Прохоров, Е. В. Мельникова

ЕВГЕНИЙ ЛЕОНИДОВИЧ МОРОЗ
(к 60-летию со дня рождения)



Мороз Евгений Леонидович – научный сотрудник лаборатории микологии. После окончания средней школы в г. Речица поступил в Белорусский государственный университет имени В. И. Ленина, на биологический факультет, в котором обучался в 1981–1986 гг. В начале студенчества молодой человек увлекается трудной, интересной и слабоизученной группой организмов – миксомицетами, что и определяет его дальнейший научный интерес. На последнем курсе юный исследователь с отличием защитил диплом по теме «*Миксомицеты Нарочано-Вилейской низины*», под руководством профессора к.б.н. А. С. Шуканова.

После окончания ВУЗа молодой ученый некоторое время работает инженером в лаборатории плодово-ягодных растений Центрального ботанического сада АН БССР в г. Минске, в 1986–1989 гг. Евгений Леонидович обучается в аспирантуре при ЦБС. После окончания аспирантуры в 1990–1997 гг. работал в должности младшего научного сотрудника лаборатории низших растений (в настоящее время лаборатория микологии) в Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича. В эпоху становления страны и ее сложный период 1991–2000 гг., который тяжело отразились на белорусских ученых, Евгений Леонидович был вынужден покинуть научную сферу, но спустя 20 лет он вернулся к любимым миксомицетам.

В 2018 г. принят на должность научного сотрудника лаборатории микологии. За 6 лет плодотворной и скрупулезной работы в Институте он достиг много: выявил более 220 видов миксомицетов из них около 170 видов были приведены впервые для Беларуси. Принимал участие в многочисленных экспедициях на особо охраняемые природные территории Беларуси: национальные парки «Нарочанский», «Беловежская пуща», «Припятский» и «Браславские озера», собирал миксомицеты в «Березинском биосферном заповеднике», в заказниках: «Выдрица», «Липичанская пуща», «Мозырские овраги», «Юхновский», «Прилепский», «Глебковка», «Волмянский», «Стиклево», «Налибокский», «Свислочско-Березинский», «Прилукский», «Старобинский» и другие. В настоящее время коллекция миксомицетов лаборатории микологи насчитывает более 4000 гербарных экземпляров. Евгений Леонидович автор более 60 научных работ, ряд из которых опубликованы в ведущих зарубежных изданиях, таких как *Mycosphere*, *Mycotaxon*, *Karstenia*, *Doklady Biological Sciences*, *Новости систематики низших растений*, *Микология и фитопатология* и др.

В 2019–2020 гг. он участвовал в совместном проекте с РУП «Белпочта» по подготовке и выпуску марок под названием «*Міксаміцэты Беларуси*». Евгений Леонидович имеет тесные научные связи и участвует в совместных научных проектах с зарубежными коллегами из США, Германии, Испании, Мексики, Эстонии, Литвы, Китая, России. Является членом Международного Консорциума по классификации грибов и таксонов грибоподобных организмов (*Global Consortium for the Classification of Fungi and fungus-like taxa*). С 2024 г. входит в состав научно редакционной коллегии Белорусской энциклопедии по разделу «Природа». Кроме научного поприща, ученый проявил себя отличным руководителем исследовательских работ учащихся, которые получили ряд призовых мест и дипломов на различных конкурсах.

Хотим сказать огромное спасибо, что нам выпала большая честь поддерживать дружеские отношения и вместе работать с талантливым и замечательным человеком – Евгением Леонидовичем Морозом. Желаем новых находок и долгих лет жизни!

Коллектив лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

ЛИДИЯ АЛЕКСЕЕВНА ПШЕНИЧНАЯ
(к 80-летию со дня рождения)



Исполнилось 80 лет известному физиологу растений кандидату биологических наук Лидии Алексеевне Пшеничной. Родилась Лидия Алексеевна 31 августа 1944 г. на Урале в Свердловской области в семье военного. После окончания средней школы продолжила обучение на вечернем отделении химического факультета Белорусского государственного университета и одновременно начала трудовую деятельность в Отделе генетики и цитологии АН БССР в лаборатории полиплоидии сахарной свеклы сначала старшим лаборантом, а с 1965 г. – младшим научным сотрудником. В 1969 г. перешла на работу в Институт экспериментальной ботаники АН БССР в лабораторию химической регуляции роста и развития растений. С 1972 г. Лидия Алексеевна в качестве соискателя выполняла кандидатскую диссертацию на тему «Действие гербицидов на ферментные системы ауксинового и фенольного обмена растений люпина» под руководством профессора, д.б.н. А. П. Волынца, которую успешно защитила в 1980 г. В связи с избранием А. П. Волынца заведующим лабораторией физиологии больного растения в 1982 г. переведена вместе с группой сотрудников в указанную лабораторию. В 1986 г. Л. А. Пшеничная избрана по конкурсу научным, затем – старшим (1993 г.) и ведущим (1996 г.) научным сотрудником лаборатории физиологии больного растения Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

В качестве ответственного исполнителя участвовала в выполнении ряда научно-исследовательских тем, касающихся физиологических особенностей действия на растения природных и синтетических регуляторов роста, физиологии формирования и гормональных основ прорастания семян, физиолого-биохимических механизмов взаимодействия растения-хозяина и патогена. Особый интерес для Л. А. Пшеничной представляла проблема кормового белка, которая всегда была острой в Беларуси, которая решалась за счет выращивания высокобелковых кормовых культур. Лимитирующими факторами продуктивности и широкого возделывания этих культур были болезни (люпин), сложность семеноводства (люцерна), неблагоприятные погодные условия зимнего периода (клевер красный). В ходе многолетних исследований были выяснены причины негативного влияния внешних факторов на формирование вегетативной массы и семян этих культур – перестройка регуляторного комплекса растений под влиянием неустойчивых погодных условий, что приводило к снижению содержания ростостимулирующих фитогормонов и повышению уровня фенольных ингибиторов в генеративных органах и слабовыраженной аттрагирующей их способности. Экзогенная обработка люцерны альфа-нафтилуксусной кислотой (α-НУК) и клевера гиббереллиноподобным препаратом «Флора» позволяла заметно снизить отрицательное влияние погодных условий на накопление биомассы клевера и получения семян люцерны. Результаты этих исследований нашли отражение в коллективной монографии «Физиология плодообразовния люцерны» (Минск, 1989), одним из авторов которой является Л.А. Пшеничная.

В соавторстве ею опубликовано более 100 научных работ и патентов на изобретения. Научные труды Л. А. Пшеничной неоднократно выдвигались на конкурс на лучшую научную работу, где занимали призовые места. В 1996 г. удостоена в составе авторского коллектива Премией Президентов НАН Украины, НАН Беларуси и НАН Молдовы за цикл работ «Физиологическая роль эндогенных стероидных гликозидов в фитопатосистемах культурные растения – фитопатогенные грибы».

Огромная работоспособность, женское обаяние, отзывчивость и доброжелательность позволили Лидии Алексеевне Пшеничной получить признание и уважение сотрудников Института. Желаем юбиляру крепкого здоровья и активного долголетия!

В. П. Шуканов, С. Н. Полянская,
Е. В. Мельникова, Л. А. Корытько

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ
MEMORABLE DATES

СОФЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА ДМИТРИЕВА
(1944–2021)
к 80-летию со дня рождения



11 сентября 2024 г. исполнилось бы 80 лет со дня рождения выдающегося ботаника, генетика, кариолога, доктора биологических наук С. А. Дмитриевой.

Софья Александровна Дмитриева родилась в д. Чернеевичи Дрогичинского района Брестской области в тяжелое военное время в 1944 г. Детство у нее было очень трудным, рано оставшись без отца, на нее как старшую из детей в семье были возложены основные заботы по дому, младшим братьями и сестрам.

В нелегкое послевоенное время она приложила много сил для получения сначала среднего, а затем и высшего образования. В 1960 г. поступает на биологический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. Здесь в то время преподавали выдающиеся ученые: Т. Н. Годнев, Н. В. Турбин, Б. Я. Эльберт, П. Ф. Рокицкий и др. По окончании учебы несколько лет работает лаборантом на кафедре генетики и цитологии, а затем, в 1967 г. поступает в аспирантуру, где под руководством известного генетика Н. В. Турбина работает над диссертацией «Биоморфологическое изучение тетраплоидов и анеуплоидов сахарной свеклы», которую блестяще защищает в 1975 г.

Она поступает на работу в Институт экспериментальной ботаники АН БССР, где продолжает развивать свои знания в области генетики и цитологии. В Институте она последовательно прошла путь от младшего (1971 г.) до главного (2002 г.) научного сотрудника. Будучи генетиком, Софья Александровна успешно овладевала флористическими знаниями, занимаясь весьма актуальными вопросами эволюции и адаптации растений в различных экологических условиях. Достаточно отметить, что на территории Беларуси С. А. Дмитриевой собрано и определено более 10 тыс. гербарных образцов растений из разнообразных экотопов. Ею изучена структура кариотипов более 800 видов растений природной флоры Беларуси. Неутомимый труженик, она сразу после аварии на Чернобыльской атомной электростанции, одна из первых поехала в зараженную зону с целью сбора флористического и семенного материала для исследований аберраций и мутаций хромосом.

В 2000 г. ее огромные фундаментальные знания нашли воплощение в докторской диссертации «Кариология флоры Беларуси», которая фактически состояла из двух частей: собственно кариологии, а также аберрации и мутации в клетках семян растений в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Каждая из этих частей могла отдельно претендовать на звание докторской диссертации. Благодаря ее трудам была разработана методология цитогенетического мониторинга последствий загрязнения природной среды на основе растительных объектов.

Софья Александровна постоянно участвовала в важнейших масштабных государственных проектах и мероприятиях, направленных на устойчивое развитие страны, ее развитие и процветание. Как человек, выросший среди природы, очень любила ее и уделяла много внимания проблеме изучения и сохранения растительного мира страны.

С начала 2000-х гг. Софья Александровна занималась актуальной проблемой – изучением сохранившегося в стране потенциала ресурсов хозяйственно-полезных растений природной флоры, в том числе диких родичей культурных растений, вопросами их рационального использования и охраны. Благодаря ее работам выявлена структура хозяйственно ценных растений природной флоры по полезным свойствам видов, репрезентативности, степени их родства с культурными растениями, перспективам их возможного практического использования для селекционной работы и сохранения генофонда и биоразнообразия растительного мира. В соавторстве с сотрудниками лаборатории флоры и систематики растений Софьей Александровной подготовлена семенная коллекция хозяйственно полезных растений, которая включает более 1200 образцов 569 видов растений. Все растения переданы на хранение в условиях *ex situ* в Национальный генетический банк Республики Беларусь (г. Жодино) и предназначены для использования в растениеводстве и селекции.

Но основная роль ее исследований заключалась в дальнейшем изучении биологического разнообразия всех групп растительного мира, его рационального использования и сохранения.

Софья Александровна являлась членом Ученого совета Института, членом Совета по защите диссертаций Д 01.38.01 ИЭБ НАН Беларуси (2004–2009 гг.), экспертом ВАК Беларуси (2010–2021 гг.). На протяжении более 10 лет выполняла обязанности ученого секретаря Государственной программы «Биологические ресурсы», а потом и программы «Ресурсы растительного и животного мира». Являлась членом Экспертного совета по биобезопасности генно-инженерных организмов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Софья Александровна – автор более 250 научных публикаций, включая целый ряд фундаментальных статей, несколько монографий, таких как «Кариология флоры как основа цитогенетического мониторинга (на примере Березинского биосферного заповедника)» в соавторстве с В. И. Парфеновым (1991), «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС)» (коллектив авторов; 1995), «Определитель высших растений Беларуси» (коллектив авторов; 1999), «Флора Беларуси. Сосудистые растения», т. 1 (2009), т. 3 (2017). Она была постоянным участником международных и республиканских научных конференций, совещаний, съездов, где выступала с пленарными докладами.

Софье Александровне были присущи чувство ответственности, большая эрудиция и исключительное трудолюбие, она являлась человеком высокого долга, весьма целеустремленным и тщательным, глубоким исследователем.

Несмотря на многие жизненные тяготы (особенно в военном детстве и юности), жизнь определила ей достойную судьбу. Софья Александровна удачно совмещала научную работу с заботой о семье. Она была прекрасной женой и матерью троих детей, замечательной бабушкой шести внукам. Ушла из жизни 11 мая 2021 г.

Память о Софье Александровне навсегда останется в наших сердцах, а жизнь ее будет служить примером для подражания будущим поколениям ученых.

Коллектив лаборатории флоры и систематики растений
Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

ГЕОРГИЙ ФОТИЕВИЧ ЖЕЛЕЗНОВ (1904–1967)

к 120-летию со дня рождения

В очерке хотелось бы рассказать о значимой личности в развитии ботанической науки, его мужестве и заслуживающей уважения позиции ученого в сложные годы развития науки в СССР.

Железнов Георгий Фотиевич – доктор биологических наук, профессор, один из директоров в истории Института биологии АН БССР.

Родился Г. Ф. Железнов 6 апреля 1904 г. в слободе Козинка Волуйского уезда Воронежской губернии (сейчас – село Казинка Валуйского района Белгородской области), в семье сельского служащего, по национальности русский. В 1920 г. окончил среднюю школу, с 1920 г. по 1922 г. работал сотрудником Воронежского ГубЧК (Губернская чрезвычайная комиссия).

С 1921 г. по 1926 г. обучался в Воронежском сельскохозяйственном институте (сейчас – Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I) на лесном факультете. «Рубки возобновления по методу Т. А. Карниковского в Теллермановском лесничестве Воронежской губернии» – дипломная работа Г. Ф. Железнова, которую он защитил в 1926 г. с присвоением квалификации лесовода. Затем здесь же работал в должности ассистента на кафедре лесоведения и ботаники и обучался в аспирантуре, которую окончил в 1929 г., после чего был избран доцентом. Учителями его были академики Б. А. Келлер и Г. П. Высоцкий.

Г. Ф. Железнов организовал Высшую заочную школу по лесоводству в г. Воронеже, за что получил грамоту ЦК профсоюза рабочих леса и сплава. Основал и был директором по совместительству Центральной черноземной лесной опытной станции в г. Воронеже. С 1929 г. по 1934 г. – руководитель всесоюзной экспедиции по изучению возобновления лесов и лесных культур юга СССР с участием 120 сотрудников, которая охватила Крым, Кавказ, Южное Поволжье, Центрально-Черноземную и Центрально-Промышленные области.

Нет точных сведений, когда и где Г. Ф. Железнов защитил кандидатскую диссертацию, вероятная тема работы – «Возобновление лесов Украины» (числится в списках работ как рукопись). В 1931 г. избран по конкурсу и утвержден в качестве профессора Киевского лесохозяйственного института (сейчас – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины), где также возглавлял кафедру лесоводства.



В 1934 г. переведен во Всесоюзный институт лесохозяйства и лесомелиорации (сейчас – Институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г. Н. Высоцкого) в г. Харьков, где работал заведующим отделом лесного хозяйства и руководил подготовкой аспирантов.

С 1920 г. член комсомола (Р.К.С.М. – Российский коммунистический союз молодежи), с 1926 г. член ВКП(б) (Всесоюзная Коммунистическая партия (большевиков). В 1936(37) г. исключен из членов партии «за утерю бдительности в отношении директора Института» (скорее всего Всесоюзного института лесохозяйства и лесомелиорации).

С 1937 г. по 1943 г. работал в Московском ботаническом саду АН СССР (упразднен в 1945 г.) в должности заместителя директора по научной части и заведующим Лесного отдела и одновременно в качестве старшего научного сотрудника Лаборатории эволюционной экологии растений АН СССР (впоследствии вошла в состав Института леса АН СССР, сейчас Институт лесоведения РАН).

В 1940 г. Президиумом АН СССР в составе ряда известных ученых направлен в Беловежскую пущу для организации научных исследований.

С декабря 1941 г. находился в эвакуации в г. Ашхабаде (эвакуирован в числе сотрудников

Московского ботанического сада), работал в Туркменском филиале Академии наук СССР.

Выступил инициатором и организатором Промышленной комиссии Туркменского филиала АН СССР, установил связь со штабом Среднеазиатского военного округа в г. Ташкенте, участвовал в составлении плана оборонных работ города, состоял членом Антифашистского комитета и агитатором райкома ВКП(б) в г. Ашхабаде, выступал с лекциями на промышленных предприятиях. С апреля 1942(44) г. членство Г. Ф. Железнова в ВКП(б) восстановлено.

В январе 1943 г. в эвакуации на заседании объединенного Ученого совета Московского ботанического сада АН СССР и Института биологии Туркменского филиала АН СССР защитил докторскую диссертацию «Возобновление дубрав СССР (равнинная часть)». Оппонировали с положительным заключением академик Б. А. Келлер и профессор Р. Ю. Фальк (Геттингенский университет).

С июня 1943 г. по октябрь 1944 г. направлен для работы в должности профессора в находящуюся в то время в эвакуации в г. Кирове Ленинградскую лесотехническую академию имени С. М. Кирова (сейчас – Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет) – заведующим кафедрой лесотехнических дисциплин. Затем перешел на работу в Академию наук СССР.

Награжден медалью «За доблестный труд в Великой отечественной войне 1941–1945 гг.». Хорошо владел немецким и украинским языками, мог изъясняться на французском и белорусском. Был женат, в семье родились дочь и трое сыновей.

С октября 1944 г. назначен на должность директора Ботанического сада АН БССР. Проработал в Академии наук БССР по 15 апреля 1948 г. К моменту приезда в г. Минск имел 17 научных работ, из них 14 опубликованных.

Выдвигался в член-корреспонденты АН БССР академиком Т. Н. Годневым и профессором Л. Н. Никоновым в мае 1945 г. Тайным голосованием заседания ученого совета Ботанического сада был поддержан единогласно.

Назначен директором Института биологии (сейчас – Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси) приказом по АН БССР № 59 от 27 мая 1947 г., а с 1 июля 1947 г. распоряжением А. Р. Жебрака – заведующим отделом экологии и геоботаники Института биологии с 50% окладом.

Однако, в личном деле имеется справка от 14 февраля 1948 г. об установлении оклада Г. Ф. Железнову, как не имеющему ученой степени и звания работнику. Что могло случится в этот временной период с июля 1947 г. (где по документам он профессор) по февраль 1948 г. остается только предполагать. В архиве справок, касающихся данного вопроса нет, только имеется аттестационное дело с нелестной характеристикой («Не проявлял себя в достаточной мере на работе в Институте. В общественной жизни Института не принимал участия»), где указано, что до решения вопроса в ВАКе о присвоении ученой степени и ученого звания следует воздержаться от аттестации.

Вместе с тем, анализ имеющихся в архивах документов позволяет заключить, что главная причина всех изменений, касающихся ухода Г. Ф. Железнова с должности директора Института биологии АН БССР и последующие за этим решения об его ученых степенях и ученых званиях связана с обращением на имя секретаря ЦК ВКП(б) А. А. Жданова[1] в защиту президента АН БССР А. Р. Жебрака в его острой полемике с Т. Д. Лысенко. В доказательство этого заключения в конце статьи приведен полный текст письма.

Как следует из имеющихся документов А. Р. Жебрак был освобожден от должности Президента АН БССР 12 ноября 1947 г. и в соответствии с приказом № 45 по Академии наук Белорусской ССР от 8 марта 1948 г. зачислен в Институт биологии АН БССР на должность старшего научного сотрудника по совместительству. К этому следует добавить, что в протоколе № 33 от 17 августа 1948 г. заседания Президиума АН БССР в числе присутствующих значится и. о. директора Института биологии АН БССР Н. Д. Нестерович, а несколько позже, 21 августа 1948 г., в сопроводительном письме в Президиум Академии наук БССР к Постановлению ученого совета Института ботаники (биологии) АН БССР об итогах работы сессии ВАСХНИЛ по докладу академика Т. Д. Лысенко «О положении в биологической науке» директором Института значится проф. Н. А. Дорожкин. Следовательно, в период с октября 1947 г. по август 1948 г. произведена смена руководства Института биологии АН БССР.

К сожалению, после убытия из г. Минска, следы Г. Ф. Железнова теряются и данных о нем практически нет ни в одном из запрашиваемых архивов. Известен лишь ряд разрозненных сведений. Так, вышла в свет многостраничная моно-

[1] Андрей Александрович Жданов (1896–1948) – революционер, советский партийный и государственный деятель. Член Политбюро ЦК ВКП(б), секретарь ЦК ВКП(б), генерал-полковник.

графия «Практическое руководство по озеленению населенных мест» с его соавторством.

В 1953 г. (вероятно, по запросу Министерства образования СССР) дана положительная характеристика о деятельности Г. Ф. Железнова в АН БССР.

В более поздних публикациях и рецензиях, которых немного, Г. Ф. Железнов подписывался как кандидат сельскохозяйственных наук.

В 1965 г. обращался личным письмом к академику Н. Д. Нестеровичу за справкой о деятельности в АН БССР для начисления пенсии. В то время проживал в г. Москве на Ленинском проспекте.

По данным *epoisk.ru* умер 25 октября 1967 г., захоронен на Центральном Долгопрудненском кладбище.

Просим всех, имеющих какие-либо сведения (фотоматериалы, документы и т.п.) о Железнове Георгии Фотиевиче связаться с редакцией сборника «Ботаника (исследования)» для пополнения сведений об этой персоналии.

Н. А. Зеленкевич, Н. А. Ламан

подготовлено по материалам открытой печати и документам Центрального научного архива НАН Беларуси; выражаем благодарность Е. М. Бабич за помощь в сборе материала

Секретарю ЦК ВКП(б) тов. Жданову

В газете «Правда» от 2.09.1947 г. опубликована статья «Антипатриотические поступки под флагом научной критики».

Как член ВКП(б) и директор Института биологии Академии наук БССР, в котором проводит научные работы акад. А. Р. Жебрак, я считаю своим долгом сообщить Вам некоторые сведения о работе А. Р. Жебрака, как академика и Президента Академии наук Белоруссии.

А. Р. Жебрак, являясь крупным ученым СССР, разработал эффективный, при решении вопроса выведения более урожайных сортов зерновых культур, метод экспериментальной полиплоидии. Этим методом он получил новые сорта пшеницы, гречихи и проса. Его ученики работают над вопросами выведения безалкалоидных однолетнего и многолетнего люпинов. Общетеоретический и народнохозяйственный эффект от работы А. Р. Жебрака очень велик, в некоторых случаях можно сказать – поразительный. Зерно гречихи становится в полтора-два раза крупнее обычных, зерно пшеницы – более этого.

Общая урожайность гречихи повышается в 2–3 раза. Эти факты особенно ярко выразились на полях в текущем году. Все, кто видел опытные участки А. Р. Жебрака, а их видели также секретарь ЦК КПБ(б) БССР т. Гусаров, секретарь по с/хозяйству т. Игнатьев, председатель Совета Министров БССР т. Пономаренко и др., поражались мощности развития растений и размерам зерна.

А. Р. Жебрак этим методом дал ученым нашей страны сильнейшее средство повышения урожайности, а науке Советского Союза – большой толчок вперед.

Как Президент Академии А. Р. Жебрак приступил к коренной перестройке отсталой работы академии. До избрания Жебрака Президентом Академия работала исключительно плохо. Атмосфера обеспеченности и беспечности, благодушия и безделья значительной части коллектива покрывалась фразами о последствиях войны и развивалась под покровительством быв. руководства.

А. Р. Жебрак стал резко изменять обстановку, перенаправлять тематику Академии, потребовал дисциплины труда и продуктивной работы от сотрудников. Его работа по перестройке, столь необходимая для Белорусской Академии, находится в самом ее начале, но уже и теперь, с одной стороны она стала давать эффект, а с другой – вызывать к себе оппозицию бездельников и завистливых людей. Своим личным трудом и поведением он значительно ускоряет процесс превращения этой бездеятельной в прошлом организации в действительный научный центр Белоруссии.

Во всей своей научной, общественной и организационной работе А. Р. Жебрак показал себя ярким представителем ленинско-сталинской школы, настоящим большевиком и большого масштаба государственным деятелем.

У меня вызывает глубокое сомнение объективность изложенных в газете фактов. За 10 лет моей работы в Академии наук СССР и БССР мне известна острая борьба Т. Д. Лысенко с А. Р. Жебраком, хотя последний и не является представителем школы буржуазных генетиков.

Мне известны методы борьбы Лысенко Т. Д. со своими противниками. Они становятся особенно неприглядными, когда в этой борьбе принимает участие небезызвестный Презент.

Я прямо и остро ощущаю опасность того, что в результате этой борьбы пострадает наша советская наука и дело организации работы Белорусской академии наук, столь успешно и только что начавшей восстанавливаться.

Я прошу Вас разобраться в этом деле и не допустить разложения в работе – вместо мобилизации общественного внимания интеллигенции.

Я понимаю значение и необходимость такой мобилизации, но пример для воспитания, на мой взгляд, взят неудачно и, как мне кажется, необъективно.

Член ВКП(б) (билет № 6025447)
Директор Института биологии Академии наук БССР *Железнов*

РГАСПИ, ф. 17, оп. 125, д. 548, л. 28-29.

ПОТЕРИ НАУКИ
OBITUARY

МАРГАРИТА АПОЛЛИНАРЬЕВНА БОНДАРЦЕВА
(1935–2024)



5 июля 2024 г. ушла из жизни Маргарита Аполлинарьевна Бондарцева – выдающийся советский и российский миколог. На протяжении многих лет она поддерживала тесные научные контакты с коллегами из Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, неоднократно оказывала молодым белорусским ученым неоценимую консультативно-методическую помощь в определении трутовых грибов, в работе над публикациями и кандидатскими диссертациями.

Маргарита Аполлинарьевна родилась 23 января 1935 г. в г. Ленинграде. Отец Маргариты Аполлинарьевны – Аполлинарий Семенович Бондарцев (1877–1968), миколог и фитопатолог с международным именем, основатель отдела фитопатологии при Центральной фитопатологической станции (1913), а также позднее сектора микологии отдела споровых растений Ботанического института АН СССР (1931).

В 1957 г. М. А. Бондарцева с отличием окончила биологический факультет Ленинградского государственного университета. Профессиональная судьба Маргариты Аполлинарьевны связана с Ботаническим институтом имени В. Л. Комарова РАН, куда она была принята после окончания университета и где прошла все вехи научного пути от лаборанта до главного научного сотрудника. В 1963 г. М. А. Бондарцева защитила кандидатскую диссертацию на тему «Обзор порядка *Aphyllophorales* Ленинградской области», а в 1983 г. – докторскую диссертацию «Система трутовых грибов и принципы их классификации».

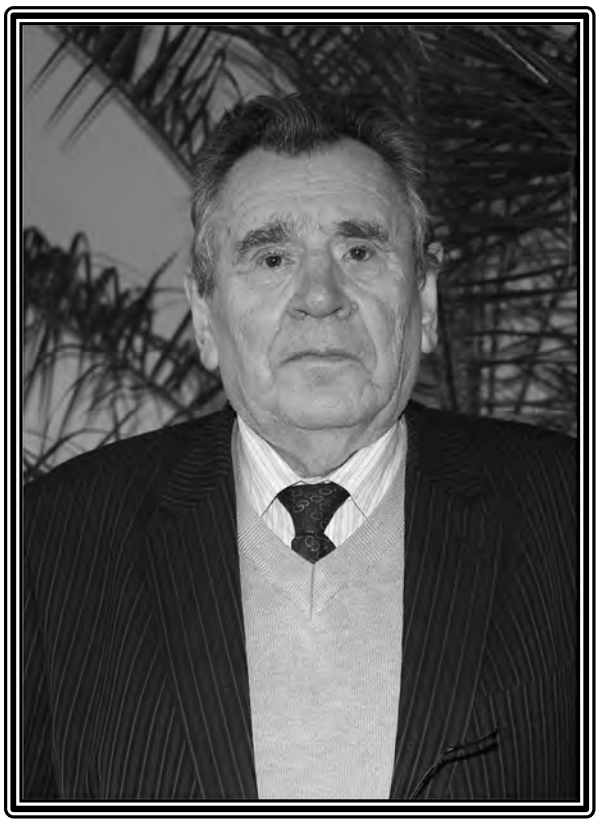
М. А. Бондарцевой в период заведования лабораторией систематики и географии грибов начаты работы по подготовке и публикации многотомного «Определителя грибов СССР» (в настоящее время – «Определитель грибов России»), новые тома которого издаются до сих пор.

Признанием больших научных заслуг Маргариты Аполлинарьевны явилось награждение ее медалью им. А. А. Ячевского Национальной академии микологии, медалями «Ветеран труда» и «В память 300-летия Санкт-Петербурга», «За вклад в ботанику». В ее честь назван вид трутового гриба *Antrodia bondartsevae* Spirin, а название рода *Bondarcevomyces* Parmasto дано в честь А. С. Бондарцева и М. А. Бондарцевой.

Благодарная память коллег о Маргарите Аполлинарьевне сохранится на долгие годы.

Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева, Н. Г. Кордияко,
Е. О. Юрченко, О. С. Гапиенко, сотрудники лаборатории
микологии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

ВИКТОР ИВАНОВИЧ ПАРФЁНОВ (1934–2024)



3 декабря 2024 г. ушел из жизни Виктор Иванович Парфенов заслуженный деятель науки, академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, виднейший ботаник, геоботаник и эколог, 90-летний юбилей которого мы отметили совсем недавно. Виктор Иванович – яркая, самобытная, неординарная личность, ученый, который никогда не оставался незамеченным.

Родился В. И. Парфенов 23 сентября 1934 г. на хуторе близ д. Прудки Починковского района Смоленской области в простой крестьянской семье. В 1940 г. лишился отца, погибшего в «финской кампании» (советско-финской войне 1939–1940 гг.). Будучи еще мальчиком изведал с матерью и сестрой все тяготы немецкой оккупации. Фашисты, отступая, сожгли его родной дом, семья долгое время ютилась в землянке.

Затем по приглашению родственников семья переехала в пос. Красный Курган Буда-Кошелевского района на Гомельщине, где было свободное жилье. Здесь Виктор Иванович окончил семилетку и поступил в Лесное училище (сейчас – Буда-Кошелевский лесной техникум), сыгравшее судьбоносную роль в его дальнейшей жизни. Виктор Иванович окончил училище с отличием, что открыло путь для дальнейшего образования.

В 1952 г. он стал студентом Белорусского лесотехнического института в Минске (сейчас – Белорусский государственный технологический университет), где работал замечательный профессорско-преподавательский состав, у которого было чему поучиться. Здесь Виктор Иванович написал первую студенческую научную работу.

После окончания Института в 1957 г. два года работал инженером-таксатором в Белорусском аэрофотолесоустроительном тресте (сейчас РУП «Белгослес»). В это время он подготовил научную статью по способу посадки культур дуба.

Заметив тягу к научному познанию молодого специалиста, известный лесовод и геоботаник, академик И. Д. Юркевич в 1959 г. пригласил его в отдел геоботаники Института биологии АН БССР (сейчас – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси). Здесь Виктор Иванович с энтузиазмом включился в изучение сероольшанников, материалы исследования которых легли в основу монографии.

Вслед за этим, в 1962 г., Виктор Иванович поступил в аспирантуру при Институте биологии и под научным руководством И. Д. Юркевича занялся разработкой темы по еловым лесам на южной границе их распространения – в Белорусском Полесье. Он досрочно подготовил и успешно защитил в 1964 г. кандидатскую диссертацию «Исследование еловых лесов и внутривидовой изменчивости ели обыкновенной на юге ареала (в Полесье)».

После защиты Виктор Иванович работал ученым секретарем Совета по координации научной деятельности АН БССР, являлся секретарем комсомольской организации АН БССР. Административная работа расширила его кругозор, позволила приобрести организационный опыт.

По инициативе Президента Академии наук БССР В. Ф. Купревича, в 1968 г. Виктор Иванович вернулся на работу в Институт экспериментальной ботаники АН БССР, где стал заведующим отделом (затем – лаборатории) флоры и гербария. Виктор Иванович с энтузиазмом взялся за формирование коллектива, в котором сочетались опытные флористы с молодыми исследователями. Это позволило начать разработку актуальной тематики по проблемам Полесья, оказавшегося объектом антропогенной трансформации. Результаты проведенного в напряженной экспедиционной обстановке комплексного исследования составили основу его докторской диссертации

«Современные антропогенные изменения флоры и растительности Белорусского Полесья», которую он успешно защитил в 1975 г. в Институте ботаники АН УССР. Материалы диссертации нашли отражение в монографиях: «Динамика лугово-болотной флоры и растительности» (1976) и «Антропогенные изменения флоры и растительности Белоруссии» (1985).

В 1971 г. Виктор Иванович стал заместителем директора института по научной работе, а в 1972 г. – директором. Виктор Иванович успешно руководил институтом 28 лет – до 2000 г. За это время в институте защищено 19 докторских диссертаций, а за достойный вклад в развитие ботанической науки и практические результаты его сотрудникам трижды присуждалась Государственная премия БССР. В 1980 г. институт был отмечен высокой правительственной наградой – орденом Трудового Красного Знамени.

После произошедшей в 1986 г. Чернобыльской катастрофы Виктор Иванович включился в работу по оценке и минимизации ее последствий. Результаты этой крайне важной работы нашли отражение в крупной монографии «Радиационное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС» (1995), где он является редактором и одним из авторов.

Под редакцией и с авторским участием В. И. Парфенова вышла в свет крупная сводка «Определитель высших растений Беларуси» (1999). Он руководил подготовкой ботанических материалов для издания «Национального атласа Беларуси» (2002), инициировал подготовку нового многотомного фундаментального издания «Флора Беларуси», которое, по замыслу Виктора Ивановича, будет охватывать все группы растений, лишайники и грибы. Заслуга В. И. Парфенова и издание важнейшего природоохранного документа – Красной книги Республики Беларусь, которая переиздана уже четырежды. Всего в научном багаже академика В. И. Парфенова свыше 450 публикаций, в том числе 45 монографий, книг и отдельных изданий.

В. И. Парфенов – активный участник научно-организационной и общественной деятельности. Он возглавлял Научный совет по проблемам Полесья, являлся председателем Белорусского национального комитета международной программы «МАБ», вице-президентом Всесоюзного ботанического общества, членом редакционного совета всесоюзного «Ботанического журнала», координатором Государственных программ ориентированных фундаментальных исследований «Биологические ресурсы» и «Ресурсы растительного и животного мира», членом координационного совета при НПЦ по биоресурсам НАН Беларуси, членом и экспертом Европейской рабочей группы МСОП, членом научно-технических советов ряда государственных природоохранных учреждений, председателем Совета по защите диссертаций Д 01.38.01 при Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси, председателем ОО «Белорусское ботаническое общество», заместителем главного редактора журнала «Весці НАН Беларусі (серыя біялагічных навук)», членом редколлегии журнала «Природные ресурсы», научным редактором сборника «Ботаника (исследования)», возглавлял Белорусский комитет защиты мира.

Важнейшей заслугой Виктора Ивановича является создание белорусской флористической научной школы. Под его руководством защищено 8 докторских и 35 кандидатских диссертаций.

За вклад в развитие ботанической науки В. И. Парфенов в 1980 г. был избран членом-корреспондентом АН БССР, а в 1986 г. – действительным членом (академиком) АН БССР по специальности «ботаника». В 1988 г. В. И. Парфенов удостоен звания профессора, а с 2000 г. – заслуженного деятеля науки Республики Беларусь.

За плодотворную научную, организационную, педагогическую и общественную деятельность Виктор Иванович удостоен высоких государственных и научных наград: Государственная премия БССР в области науки за цикл работ по изучению растительности республики (1972), Орден Дружбы Народов, медаль Франциска Скарины, почетные грамоты, медали Верховного Совета БССР, Совета Министров Беларуси, ВДНХ СССР и ВДНХ Беларуси и др., нагрудные знаки «Ганаровы эколаг», «Золотая медаль НАН Беларуси».

Виктор Иванович умер 3 декабря 2024 г. Его уход – огромная потеря для ботанической науки и невосполнимая утрата для его коллег и близких. Светлая память великому учёному.

Коллектив лаборатории флоры и систематики растений
Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси

ХРОНИКА
CHRONICLE

XIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И ОБУЧАЮЩИЙ СЕМИНАР «ДИНАМИКА, СОСТОЯНИЕ И МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ»

(Минск-Лясковичи, 21–24 мая 2024 г.)

С 21 по 24 мая 2024 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси на базе НП «Припятский» (Гомельская обл., Петриковский р-н, аг. Лясковичи) организован и проведен XIII Международный научно-практический и обучающий семинар для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и работников специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело») «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на особо охраняемых природных территориях». Семинар приурочен к Международному дню биологического разнообразия и к Неделе родной природы.

Цель проведения семинара – укрепление научных связей, развитие и расширение отношений между молодежью, учёными и практиками ведущих ВУЗов и научных учреждений сопредельных с Беларусью стран для обмена научным опытом, содействия экологическому образованию по специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело»).

Для участия в работе семинара зарегистрировано 57 человек из 15 организаций и ведомств, учреждений науки, образования, охраны природы, лесного хозяйства Республики Беларусь, Российской Федерации и Республики Сербской.

22 мая состоялось открытие семинара. С приветственными словами выступили представители Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботанического общества, ГПУ «Национальный парк «Припятский», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана», ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», ФГБОУН «Институт лесоведения Российской академии наук», Главного управления лесами Челябинской области, Академии наук и искусств Республики Сербской.

На пленарном заседании заслушано и обсуждено 10 докладов представителей из 12 учреждений Республики Беларусь, Российской Федерации и Республики Сербской. Также заслушано 10 секционных докладов от представителей из 5 белорусских и российских учреждений. Лучшие доклады рекомендованы к публикации в сборниках научных трудов «Ботаника (исследования)» и «Сборник научных трудов Института леса НАН Беларуси» (Беларусь), а также в журнале «Лесной вестник / Forestry bulletin» (Российская Федерация).

Подписаны договора о творческом сотрудничестве Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси с ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет» (г. Брянск, Российская Федерация) и с Академией наук и искусств Республики Сербской (г. Баня-Лука, Республика Сербская).



Участники XIII Международного научно-практического и обучающего семинара «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на ООПТ» (Гомельская обл., аг. Лясковичи)



На пленарном заседании





Подписание договоров о творческом сотрудничестве

23 мая проведены научно-практические занятия на тему «Мониторинг экосистем на особо охраняемых природных территориях Республики Беларусь». Состоялись полевые экскурсии по территории национального парка «Припятский», где участники посетили пункты наблюдений мониторинга водной, лесной, лугово-болотной растительности, объекты мониторинга охраняемых видов растений; участки леса с редкими и типичными биотопами, объекты повреждения вершинным короедом. Проведены методические занятия по закладке сети пунктов мониторинга и оценке состояния лесных экосистем с использованием фитоиндикации. На водной части экскурсии участники ознакомились с пойменными фитоценозами реки Припять.

24 мая подведены итоги семинара и принята итоговая резолюция. Участники отметили полезность и научную значимость проведенного семинара, способствующего установлению новых творческих связей для решения актуальных проблем современной лесной науки.

А. В. Судник



Участники XIII семинара «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на ООПТ» во время научно-практических занятий

РЕЗОЛЮЦИЯ XIII Международного научно-практического и обучающего семинара для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и работников специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело») «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на особо охраняемых природных территориях»

ГПУ «Национальный парк «Припятский» (Гомельская область, Петриковский район, аг. Лясковичи)

В мае 2024 г. состоялся XIII Международный научно-практический и обучающий семинар для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и работников специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело»)» на тему «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на особо охраняемых природных территориях». Данное мероприятие организовано с целью укрепления научных связей, развития и расширения отношений между молодежью, учеными и практиками ведущих ВУЗов и академий наук Беларуси, России и сопредельных стран для обмена научным опытом и содействия экологическому образованию по специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело»). Семинар посвящен Дню биологического разнообразия (22 мая) и Неделе родной природы.

Для участия в работе конференции зарегистрировались 57 человек из 15 организаций и ведомств, учреждений науки, образования, охраны природы, лесного хозяйства Республики Беларусь, Российской Федерации и Республики Сербской. На семинаре представлено 20 докладов из 12 учреждений.

Ученые и преподаватели, осознавая важность и масштабы проблемы сохранения и использования лесных экосистем, все больше внимания уделяют вопросам их устойчивости, оценки их состояния, сохранению генетического, биологического и ландшафтного разнообразия, разработке щадящих, экологически ориентированных систем и технологий ведения лесного хозяйства. Особенно это актуально для ООПТ, которые являются главными полигонами, созданными с целью сохранения биологического разнообразия, воспроизводства и восстановления природных комплексов и объектов, природных ресурсов, в сочетании с ограниченным и согласованным их использованием. Нередко на таких территориях возникает конфликт интересов охраны природы и лесного хозяйства, в отдельных случаях необоснованно ограничивается лесопользование. Наконец, эффективность охраны не всегда гарантируется даже на ООПТ, поскольку в ряде случаев прекращение или ограничение хозяйственной деятельности ведет не к улучшению, а, наоборот, к ухудшению условий обитания. В последние годы лесное хозяйство в целом, а не только на ООПТ, столкнулось с серьезными последствиями стихийных бедствий, в значительной степени обусловленных изменением климата: засух, пожаров, ураганов, массового размножения вредителей леса. В лесах стран-участниц мероприятия имеет место масштабная гибель лесных насаждений различных пород. Все это требует обмена опытом в вопросах изучения восстановительной динамики лесных экосистем, методов оценки их состояния и мониторинга, разработки и использования на практике требований к условиям и режимам хозяйствования.

Вместе с тем, в биологической науке, практике природопользования и функционирования различных направлений мониторинга остается немало проблем в области оценки и прогнозирования состояния природных экосистем, повышения их устойчивости, средообразующих, защитных и продукционных функций. Службы мониторинга и научно-исследовательские учреждения недостаточно оснащены специфическим приборным оборудованием и снаряжением. Требуется разработка и организация производства целого ряда приборов и снаряжения для оперативной оценки состояния лесов, контроля режимов среды их произрастания на основе новых инновационных методов и средств исследований.

Участники семинара, обсудив результаты оценки состояния и тренды динамики лесов в Республике Беларусь, Российской Федерации и стран Европы, в том числе на ООПТ, отметили необходимость разработки и применения новых наземных и дистанционных методов и технологий мониторинга, сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, развития ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования земли при мониторинге природных экосистем, внедрения современных подходов к проблеме изменения климата, техногенного воздействия линейных коммуникаций, устойчивого использования мелиоративных систем на землях лесного фонда, выращивания высопродуктивных и устойчивых к внешнему воздействию лесных насаждений, сохранение и рациональное использование лесов на селекционно-генетической основе, потребность обмена накопленным опытом и использования его в образовательном процессе.

Для более эффективного решения этих и других актуальных проблем участники семинара считают необходимым:

– поддержать организацию и проведение регулярных (ежегодных) международных научно-практических и обучающих семинаров, направленных на укрепление связей, установление отношений между студентами, магистрантами, аспирантами и преподавателями специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело») ведущих профильных научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений Беларуси, России и сопредельных стран;

– расширить практику проведения международных обучающих семинаров в области экологически ориентированного лесного хозяйства, мониторинга и комплексного использования растительных ресурсов, инициировать формирование совместных региональных научно-технических проектов;

– консолидировать усилия, опыт и знания ученых и преподавателей профильных научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений Беларуси, России и сопредельных стран в различных областях лесных исследований для использования их результатов в учебном процессе;

– развивать трансграничное сотрудничество, особенно в вопросах охраны лесов от кризисных ситуаций и сохранения биологического разнообразия, в т.ч. на ООПТ;

– подготовить ряд совместных заявок в программы Союзного государства по вопросам научного сотрудничества по проблемам леса;

– шире использовать информацию проводимых семинаров в образовательных и просветительских целях в учебных заведениях, средствах массовой информации и т.п.;

– активнее привлекать к подобным мероприятиям представителей Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, профильные ВУЗы и учреждения;

– руководителям организаций и ответственным лицам за проведение учебных и производственных практик изыскивать ресурсы для участия в конференциях, семинарах и др. молодых специалистов, студентов, магистрантов и аспирантов;

– рассмотреть вопрос привлечения к участию в семинаре учащихся старших классов школ и школьных лесничеств, ориентированных в будущем на работу в лесной отрасли;

– рассмотреть вопрос создания международной ассоциации студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей специальности «Лесное хозяйство» («Лесное дело»)».

Участники семинара отметили полезность и научную значимость проведенного мероприятия, способствующего установлению новых творческих связей для решения актуальных проблем современной лесной науки. Предложено продолжить серию обозначенных семинаров как эффективного инструмента координации международного сотрудничества, объединения научного и практического опыта, подготовки кадров, ориентированного на научные исследования, решение актуальных задач в области сохранения и устойчивого развития лесных экосистем, выполнение приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Участники семинара 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-сайтах.

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ЛЕТНЯЯ ШКОЛА ПО ЛЕСНОЙ ФИТОЦЕНОЛОГИИ «SYLVAN 2024»

(Войтов Мост, 13–21 июля 2024 г.)

В период 13–21 июля 2024 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси при поддержке НП «Беловежская Пуща» и ОО «Ботаническое общество» на базе эколого-просветительского центра на территории Беловежской пущи (Гродненская обл., Свислочский р-н, д. Войтов Мост) организована и проведена Международная молодежная летняя школа по лесной фитоценологии «Sylvan 2024».

Молодежная школа по лесной фитоценологии на территории Беларуси проведена в четвертый раз с целью формирования базовых компетенций и мотивации у студентов, магистрантов, аспирантов к научным исследованиям в области лесной флоры, фитоценологии, дендрохронологии, и сукцессионных процессов в древостое, а также налаживания устойчивых профессиональных коммуникаций, включая обмен знаниями и опытом, между молодыми учеными и ведущими специалистами в соответствующих областях знаний.

В работе школы приняли участие представители из 8 научно-исследовательских и природоохранных учреждений, высших учебных заведений Республики Беларусь и Российской Федерации (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Белорусский государственный университет, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, национальный парк «Беловежская Пуща», Санкт-Петербургский государственный университет, Институт лесоведения Российской академии наук).

Работа была организована в группах по 2–4 человека по четырем тематическим направлениям:

1. *Исследование лесных фитоценозов на постоянных пробных площадях* – оценка структуры и состояния лесных фитоценозов, видовое разнообразие и структура живого напочвенного покрова, подроста и подлеска, фитоиндикация по экологическим шкалам, оценка видового разнообразия и видового богатства сообществ (куратор – д.б.н. О. В. Созинов);

2. *Дендрохронологические исследования* – определение возраста деревьев, времени пирогенного воздействия на древостой, оценка динамики древостоев, дендроклиматология (куратор – А. Ю. Комар);

3. *Флористические исследования лесных фитоценозов* – оценка видового разнообразия высших сосудистых растений и мохообразных, выделение характерных видов, экологических групп растений, инвентаризация биологического разнообразия мохообразных (кураторы – д.б.н. О. М. Масловский и Г. В. Ермоленкова);

4. *Методы исследования структуры и состояния древостоев* – закладка постоянной пробной площади, определение основных лесоводственно-таксационных показателей древостоя, картирование деревьев, валежа и сухостоя (кураторы – Д. И. Бернацкий и к.б.н. В. В. Лукин).

Кураторы групп выступили перед всеми участниками школы с вводными лекциями о содержании и методах работы по своим направлениям, и каждый мог узнать много нового не только о выбранном, но и об остальных направлениях.

Вместе с кураторами участники школы проводили исследования на территории Новоселковского лесничества национального парка «Беловежская пуща» в старовозрастных лесных массивах и на постоянных пробных площадях.

Каждая группа провела полный цикл исследовательской работы от сбора полевого материала до выступления в заключительный день школы с научным докладом о результатах проделанной работы в виде презентаций. Все результаты планируются к публикации.

В рамках работы летней школы кураторы и приглашенные специалисты прочитали лекции на актуальные научные и природоохранные темы.

Во время экскурсий по заповедным местам Беловежской пущи участники школы посетили болото Дикое и 300-летние лесные насаждения, а также музей дикой природы Беловежской пущи.

Проведение молодежной школы по лесной фитоценологии способствует формированию базовых компетенций, мотивации и проявлению интереса у студентов, магистрантов и аспирантов к научным исследованиям в области ботанической науки. Все участники отметили высокий уровень организации школы и выразили пожелания по организации такого мероприятия ежегодно с расширением сроков проведения (до 10 дней) и направлений работы групп.

Всем «выпускникам» и кураторам вручены специальные сертификаты о прохождении Международной молодежной летней школы по лесной фитоценологии «Sylvan-2024».




Сбор полевого материала участниками Международной молодежной летней школы «Sylvan 2024»






Участники Международной молодежной летней школы «Sylvan 2024»

V МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР «РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ»

(Минск-Домжерицы, 16–20 сентября 2024 г.)

В период с 16 по 20 сентября 2024 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси при участии ГПУ «Березинский биосферный заповедник» организован и проведен V Международный научный семинар «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны».

Приглашение принять участие в работе семинара нашло широкий отклик у специалистов из Беларуси и России – приняли участие 70 человек – ученые и специалисты в области болотоведения, ресурсоведения, экологии и охраны природы, географии, дистанционного зондирования, представляющих 37 организации науки, образования и охраны природы.

Содержание рассмотренных научных проблем охватывало вопросы классификации растительности болот, разнообразия растительных сообществ, географии и картографии растительности, спутникового мониторинга, генезиса, динамики, состояния, угроз биоразнообразию болот, углеродного баланса и продуктивности болотных фитоценозов, охраны и восстановления экосистем болот, флоры болот, учета растительных ресурсов, а также перспективы развития эколого-геоботанических исследований на современном этапе.

В опубликованных докладах отражено современное состояние растительного покрова болот, охарактеризованы особенности функциональной организации биоценозов болот и влияние различных факторов природной среды на их разнообразие, видовой состав, структуру и продуктивность. Представлены результаты изучения динамики растительных сообществ после различных нарушений естественного и антропогенного характера. Большое внимание уделено вопросам картографирования растительности с применением новых современных информационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли.

В рамках семинара состоялись заседания, на которых заслушаны и обсуждены доклады о ботанико-географических особенностях болот различных природных регионов и вопросах синтаксономии, разнообразии растительных сообществ, оценке состояния растительного покрова на основе различных спутниковых данных, актуальных аспектах геоботанического картографирования, современном состоянии торфяников, динамики восстановления нарушенных болотных экосистем, разнообразии низкоорганизованных растений, биологическом круговороте и содержании химических элементов, флоры и растительности ООПТ, редких и исчезающих видов растений флоры болот ученых из Беларуси и России, представляющих различные организации науки, образования и охраны природы.



Участники V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» (16–20 сентября 2024 г., г. Минск)

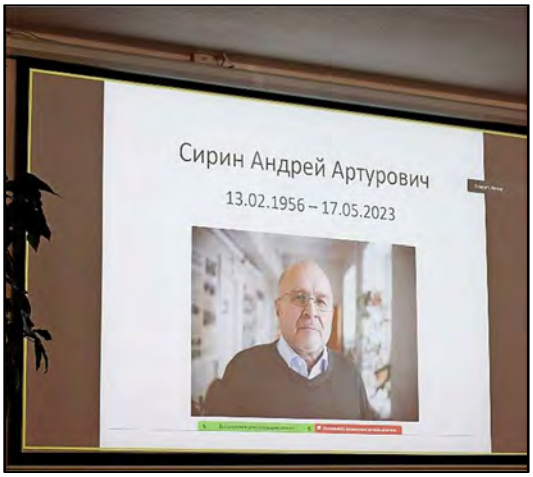
В рамках работы семинара подписаны соглашения об установлении и развитии сотрудничества в области научных исследований, образования, а также культурного и других видов сотрудничества и в целях развития всеобъемлющей кооперации в области изучения болотных экосистем на основе новейших достижений науки (с Тульским государственным университетом, и с Сибирским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук).

В течение работы семинара был организован Круглый стол в честь памяти ученых – активных участников прошлых семинаров, ушедших из жизни – член-корр. РАН, д.б.н. А. А. Сирина и д.б.н. Я. К. Еловичевой. Заслушаны доклады о жизни и деятельности этих выдающихся ученых, выступления их коллег и друзей.

В один из дней состоялся полевой выезд в Березинский биосферный заповедник (Витебская обл.), где были представлены доклады, из которых участники узнали об истории создания, современном состоянии и перспективах развития Березинского биосферного заповедника и о разнообразии его болот. Затем состоялись научные экскурсии на болота заповедника – Слободское и Домжерицкое, где ученые ознакомились с уникальными комплексами болотных экосистем, строением торфяной залежи, охраняемыми болотными видами растений и разнообразием растительности верховых и низинных болот.

На обратном пути из Березинского биосферного заповедника состоялось посещение «Мемориального комплекса Хатынь», не оставившее равнодушным к трагедии, разыгравшейся на белорусской земле, ни одного участника.

По итогам работы семинара издан сборник работ. Участники семинара отметили высокий научный уровень, отличную организацию семинара и выразили свою благодарность сотрудникам Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси за его проведение. В целом оценивая атмосферу, в которой проходил семинар, можно уверенно утверждать, что это мероприятие придаст новый импульс изучению фиторазнообразия, охране и восстановления болот с использованием современных методов познания природы.



Круглый стол памяти А. А. Сирина



Во время полевой научной экскурсии



Участники V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» во время полевого выезда

РЕЗОЛЮЦИЯ V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» (16–20 сентября 2024 г., Минск–Домжерицы)

16 – 20 сентября 2024 г. в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси при участии Березинского биосферного заповедника проведен V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» с целью обсуждения вопросов исследования биоразнообразия болот, классификации и картографирования болотной растительности, мониторинга, продуктивности, восстановления болотных экосистем, практического использования болот и их охраны.

Оргкомитетом конференции получены заявки от 120 участников, которые представили 48 докладов. В работе приняли участие в форме докладов (в том числе посредством ZOOM-платформы) и/или публикаций известные ученые России и Беларуси, представляющих 37 организации науки, образования и охраны природы. В рамках семинара состоялась работа тематических секций и выездная работа в Березинском биосферном заповеднике. К началу работы семинара изданы материалы докладов участников.

Содержание научных проблем, рассмотренных на семинаре, охватывает вопросы классификации растительности болот, разнообразия растительных сообществ, географии и картографии растительности, спутникового мониторинга, генезиса, динамики, состояния, угроз биоразнообразию болот, углеродного баланса и продуктивности болотных фитоценозов, охраны и восстановления экосистем болот, флоры болот, учета растительных ресурсов, а также перспективы развития эколого-геоботанических исследований на современном этапе.

Участники V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» рекомендуют:

1. Расширить практику проведения международных исследований в области экологии растительных сообществ и растительного покрова болот.

2. Установить ротационную очередность проведения научных болотоведческих мероприятий между Ботаническим институтом РАН (Санкт-Петербург), Югорским государственным университетом (Ханты-Мансийск) и Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск). Назначить ответственным В.А. Смагина (кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории общей геоботаники Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН).

3. При проведении научных болотоведческих мероприятий увеличить время полевых экскурсий вплоть до нескольких дней, проводить мастер-классы ученых различного профиля (ботаники, почвоведы, гидрологи, ладшафтоведы и т.п.).

4. Приглашать ученых различных регионов для обмена полевым и камеральным опытом, активизации совместных научных исследований по изучению болотных экосистем.

5. Проработать вопрос о создании рабочей группы по координации разработки единой информационной базы ботанических и экологических данных болотных экосистем.

6. Содействовать обмену опытом для молодых ученых, аспирантов, магистрантов по участию в полевых экспедиционных исследованиях, осуществляющих изучение и мониторинг болотных экосистем, включая длительные поездки в различные научные центры болотоведения России и Беларуси.

7. В целях обеспечения преемственности исследований в области болотоведения – привлекать студентов ВУЗов соответствующих специальностей для участия в научно-исследовательских и практических работах по исследованию болотных биоценозов.

8. Обратить особое внимание на научно-методическую разработку и практическое решение ряда актуальных проблем, среди которых:

- оценка влияния изменений климата на растительный покров болот, его структуру, динамику, устойчивость и продуктивность;
- разработка и внедрение систем оперативного многоуровневого контроля за состоянием растительности болот, на основе данных наземного и аэрокосмического мониторинга;
- дальнейшее развитие технологий дистанционного зондирования и картографирования с применением компьютерного дешифрирования аэро- и космических снимков растительного покрова болот в интересах лесного хозяйства, природоохранных ведомств;
- разработка научных основ выделения и охраны уникальных растительных сообществ, редких и типичных биотопов;
- формирование комплексной методологической основы восстановления нарушенных торфяников;
- разработка способов поддержания биологического разнообразия в болотных экосистемах, подвергающихся интенсивной эксплуатации;
- обеспечение дальнейшего проведения комплексных исследований средообразующей роли растительности с учетом загрязнения окружающей среды продуктами техногенеза и радионуклидами, разработка систем мероприятий по экологической безопасности;
- разработка системы показателей критических нагрузок на растительность и природные экосистемы болот (предельно допустимых концентраций, рекреационных нагрузок, воздействий и т.п.);

9. Шире использовать информацию по исследованиям болот в образовательных и просветительских целях в средних и высших учебных заведениях, средствах массовой информации и т.п.

Участники V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» выражают глубокую благодарность руководству Национальной академии наук Беларуси, Институту экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Березинскому государственному заповеднику за организацию семинара; всех докладчиков и участников за содержательные дискуссии и продуктивные решения.

Предложено и принято единогласно на V Международном научном семинаре «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны», 16 – 20 сентября 2024 г., Минск – Домжерицы, Беларусь

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В МЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ», ПОСВЯЩЕННАЯ 90-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА В. И. ПАРФЕНОВА

(Минск, 24–27 сентября 2024 г.)

В период 24–27 сентября 2024 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси организована и проведена II Международная научная конференция «Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования».

Конференция приурочена к 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, лауреата Государственной премии Республики Беларусь, академика НАН Беларуси, доктора биологических наук, профессора Виктора Ивановича Парфенова.

Цель и задачи конференции – консолидация научно-исследовательских учреждений и органов государственного управления в области изучения природного флористического и фитоценотического разнообразия, их динамических процессов, совместный анализ и обобщение результатов с выработкой дальнейшей стратегии ресурсопотребления и разработкой соответствующих природоохранных мероприятий, обмен опытом ведущих специалистов в данных областях научной деятельности, укрепление и расширение научных связей между НАН Беларуси и профильными зарубежными научными учреждениями, а также ВУЗами.

Основные направления работы конференции:

1. Современное состояние флористического и фитоценотического разнообразия.

2. Антропогенные и природные изменения разнообразия растительного мира, инвазионные процессы.

3. Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения биологического разнообразия.

4. Устойчивое использование и воспроизводство ресурсов растительного мира.

5. Ботанические коллекции как средство познания и использования биологического разнообразия; базы данных.

На конференции было представлено 85 докладов (в т.ч. 5 пленарных) 174 авторов от 50 организаций и ведомств, научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений, заповедников и национальных парков России, Абхазии, Азербайджана, Казахстана, Молдовы, Узбекистана и др.

В рамках мероприятия по случаю 90-летнего юбилея академика В. И. Парфенова в адрес юбиляра прозвучало множество теплых поздравлений от руководства и сотрудников Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, профильных научных организаций и ВУЗов Беларуси и зарубежья, родных, коллег и учеников. Юбиляру вручены Почетная грамота, поздравительные адреса, памятные подарки.

Участники конференции подтвердили важную роль биоразнообразия для жизнедеятельности человека, как основного и самого ценного жизнеобеспечивающего ресурса человечества и систем биосферы, признали, что каждая страна обладает суверенными правами на свои биологические ресурсы и в то же время несет ответственность за их сохранение и рациональное использование, которое должно базироваться на фундаментальной научной основе.

В один из дней конференции состоялась экскурсия в Центральный ботанический сад НАН Беларуси, где ученые ознакомились с коллекционными участками открытого грунта и экспозиционной оранжереей.

Участники с благодарностью отметили большую работу, проведенную организационным комитетом, Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси по подготовке и проведению конференции. В целом, можно считать, что данное мероприятие будет способствовать формированию единого научного и образовательного пространства, исходя из чего необходимо продолжать осуществление задач, направленных на сотрудничество, академическую мобильность, на обмен опытом и передовыми технологиями, изучение флор и растительности различных регионов, систематики растений.

К началу работы конференции издан сборник материалов, по ее окончании принята итоговая резолюция, в которой указано на необходимость:

– осуществлять исследования флоры и растительности совместными усилиями белорусских и зарубежных ученых, в том числе уделить особое внимание возможности опубликования совместных научных работ, составления заявок на гранты и конкурсы, созданию обменных и сетевых программ между ВУЗами, НИИ, профильными центрами Беларуси и зарубежных стран;

– способствовать освещению информации об опасностях, связанных с распространением ин-

вазионных видов и возможных последствиях их натурализации, по возможности, вводить специализированный курс по инвазионной биологии растений в ВУЗах и других образовательных учреждениях;

– укреплять сотрудничество в области изучения фиторазнообразия между исследователями-биологами, представителями смежных специальностей;

– продолжить работы по изучению раритетного компонента флоры и растительности особо охраняемых природных территорий как Беларуси, так и зарубежных стран;

– актуализировать работы по ведению государственных и региональных Красных книг.



Участники II Международной научной конференции «Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования» (24–27 сентября 2024 г. Минск)



Выступления участников конференции (д.б.н. О. М. Масловский, академик, д.б.н. Н. А. Ламан)

X МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ»

(Минск, 23–25 октября, 2024 г.)

В период 23–25 октября 2024 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси организована и проведена X Международная научная конференция «Регуляция роста, развития и продуктивности растений».

Конференция приурочена к 125-летию со дня рождения выдающегося физиолога растений Михаила Николаевича Гончарика (1899–1986), доктора биологических наук, профессора, члена-корреспондента АН БССР, заслуженного деятеля науки БССР.

Цель и задачи конференции – обсуждение имеющих важное научное и практическое значение вопросов обоснования путей максимальной реализации потенциала растительного организма в формировании хозяйственно ценной части урожая, механизмов устойчивости к неблагоприятным факторам среды на молекулярном, клеточном, организменном и ценотическом уровнях, обмен опытом ведущих специалистов в данных областях научной деятельности, укрепление и расширение научных связей между НАН Беларуси и профильными зарубежными научными учреждениями, а также ВУЗами.

Основные направления работы конференции:

– Рост, развитие и продуктивность растений, фитоценозов и искусственных агроэкосистем.

– Физиология и биохимия обменных процессов у растений и их регуляция, сенсорные и сигнальные системы клеток высших растений.

– Стресс и адаптация у растений, повышение их устойчивости в условиях изменяющегося климата с использованием физиологически активных веществ, нано- и биотехнологических приемов.

На конференции представлено 42 доклада (в т.ч. 9 пленарных) 273 авторов от 70 организаций и ведомств, научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений Беларуси, России, Узбекистана, Азербайджана и Китая.

Отдельная сессия на конференции была посвящена космической биологии, фундаментальная задача которой состоит в изучении влияния на растения факторов микро- и гипергравитации, радиации, изменения баланса кислорода, углекислого газа, повышенного содержания этилена. Участники конференции доложили о последних результатах в области поведения растений в космическом пространстве, условиях их выращивания и достижения высокой продуктивности, включая использование новых источников освещения и различных световых режимов, перспективам их использования в дальних космических полетах.

Молодым ученым вручили дипломы и призы за лучший устный доклад. Первого места удостоилось исследование Н. А. Еловской (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси).

В один из дней конференции состоялась экскурсия в г.п. Смиловичи с посещением музея и дворцово-паркового комплекса Монюшко.

Участники с благодарностью отметили большую работу, проведенную организационным комитетом, Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси по подготовке и проведению конференции. В целом, можно считать, что данное мероприятие будет способствовать формированию единого научного и образовательного пространства, исходя из чего необходимо продолжать осуществление задач, направленных на сотрудничество, академическую мобильность, на обмен опытом и передовыми технологиями, изучение биологии растений.

К началу работы конференции издан сборник материалов. По результатам обсуждений участниками конференции принята итоговая резолюция, в которой указано на необходимость:

– осуществлять исследования по физиологии и биохимии обменных процессов у растений и их регуляции, сенсорным и сигнальным системам клеток высших сосудистых растений, универсальным триггерам стрессорных ответов и природе межорганных сигналов у растений совместными усилиями белорусских и зарубежных ученых, в том числе уделить особое внимание возможности опубликования совместных научных работ, составления заявок на гранты и конкурсы, созданию обменных и сетевых программ между ВУЗами, НИИ, профильными центрами Беларуси и зарубежных стран;

– способствовать освещению информации об опасностях, связанных с распространением инвазионных видов и эффективных способах ограничения их распространения, по возможности, вводить специализированный курс по инвазионной биологии растений в ВУЗах и других образовательных учреждениях;

– укреплять сотрудничество между исследователями-биологами в области изучения симбиогенетики и взаимодействия растений с прокариотическими организмами;

– продолжить работы по изучению биологии растений в условиях космического пространства,

включая использование новых светодиодных технологий; применения инновационных корнеобитаемых сред, привлекая представителей смежных специальностей;

– актуализировать исследования в области биологии семян, включая омиксные подходы, с целью появления новых концепций, разработки методов и маркеров, динамических моделей, определяющих качество семян;

– продолжить работы в сфере применения цифрового фенотипирования для исследований растений с целью более глубокого понимания их реакций на внешние воздействия.



Выступления директора Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, к.б.н. Д. Г. Груммо, академика-секретаря Отделения биологических наук НАН Беларуси чл.-корр., д.б.н. О. Ю. Баранова во время открытия X Международной научной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений»



Выступления академика, д.б.н. Н. А. Ламана, чл.-корр., д.б.н. В. Н. Прохорова, академика, д.б.н. И. Д. Волотовского

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
REQUIREMENTS FOR AUTHORS

1. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные, не иметь научно некорректного заимствования (использования результатов, иных лиц, без ссылок на автора и источник). Редакция отставляет за собой право проверки материалов на антиплагиат.

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 должен составлять **не менее 14 тыс. печатных знаков** и не должен превышать ~40 тыс. печатных знаков, или 7 тыс. слов, иной объем необходимо согласовать с редакцией. Объем статей о персоналиях должен составлять не более 6–7 тыс. печатных знаков или 1 тыс. слов.

3. Все материалы представляют в электронном и в распечатанном виде с подписями всех авторов (или одного из авторов с пометкой «согласовано со всеми соавторами») на последнем листе. На отдельных листах к материалам прилагаются:

3.1. Сведения на русском (либо белорусском) и английском языках с фамилиями, именами, отчествами авторов, указанием их должности, научной степени и звания; полным названием учреждения, почтовым и электронным адресом и номером телефона для сообщений.

3.2. Акт экспертизы о возможности опубликования статьи в открытой печати.

3.3. Сопроводительное письмо руководства или выписка из протокола заседания ученого совета (отдела, кафедры и т.п.) учреждения, в котором выполнена работа, либо завизированная научным руководителем (руководителем структурного подразделения) первая страница статьи. Подпись должна иметь расшифровку и заверена печатью учреждения.

3.4. Акт передачи типа/изотипа таксона либо дублета в фонд Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси – для статей о новых таксонах и новых флористических находках на территории Беларуси (для оценки рецензентом).

4. В электронном варианте работа предоставляется в редакцию в формате *.docx, *.doc, *.rtf. Название файла – фамилии первых (1–3) авторов на языке публикации. Формат страницы – **А4,** 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. Для заглавной части (авторы, название статьи и учреждения) – без отступа, выравнивание по центру.

5. Структурные элементы статьи располагают 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 дублируют на латыни.

5.4. Полное наименование учреждений, город, страна, адрес электронной почты (одного из авторов). Если статья предоставлена 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 излагает 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 приводят все данные, предшествующие основному тексту статьи (пп. 5.1.–5.5.: авторы, название статьи, учреждения и аннотация); в англоязычных статьях вышеуказанные данные приводят на *русском языке*, в белорусскоязычных статьях – на *русском и английском языке*.

5.7. Основной текст статьи должен содержать рубрики: «Введение», «Объекты (материалы) и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение».

Рисунки и таблицы вставляют в основной текст, общее их количество, как правило, не должно превышать 8–10. Названия таблиц и рисунков дают на *русском* (либо *белорусском*) *и английском языках.* Ссылки в тексте – рис. и табл., при повторной ссылке – см. рис., см. табл. Переход таблиц на следующую страницу через функцию «повторить строки заголовков».

Латинское название родов и видов растений печатают *курсивом*, при первом упоминании приводят ссылку на автора прямым шрифтом (напр., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench).

Названия синтаксонов пишут ***полужирным курсивом*** и при первом упоминании должны сопровождаться фамилией валидно опубликовавшего автора и годом публикации (обычным шрифтом). Названия синтаксонов, состоящие двух таксонов, при наличии видовых эпитетов пишут через среднее тире (–) (***Helictotricho desertorum–Stipetalia***, ***Trifolio–Festucetum rubrae***, ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***), при их отсутствии – через дефис (***Vaccinio-Piceetea***).

5.8. Под заголовком «Благодарности», «Падзяка» или «Acknowledgements» сообщают информацию о финансовой поддержке проектов грантами, а также о консультативной или методической помощи в проведении исследований.

5.9. Литература (цитируемые источники) – как правило, от 10 до 50 ссылок, приводят общим списком **в порядке упоминания**, в тексте представлены порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1], [2, 3]). Список оформляют в соответствии с требованиями *Высшей аттестационной комиссии* Республики Беларусь. Ссылки на неопубликованные работы (отчеты и т.п.) **не допускаются**.

6. Прочие технические требования:

6.1. Не изменять стандартных положений колонтитулов!

6.2. Для формул использовать 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. Для символов химических элементов (Na, Fe, Cl и др.) использовать прямой шрифт.

6.6. Между цифрами всегда ставят среднее тире (–) без пробелов (напр., 28,3–34,6, 8–10).

6.7. Графический материал вставляют в текст **без сжатия рисунков**. Редакция вправе затребовать графический материал в виде отдельных файлов.

7. Поступившие в редакцию рукописи регистрируют, рассматривают на соответствие профилю издания, соблюдение правил оформления, оценивают на новизну представленных данных и научное заимствование. Все представляемые материалы проходят рецензирование, затем обсуждаются редакционной коллегией. По рекомендации рецензента рукописи возвращаются авторам на доработку. Правки авторы вносят в текст статьи самостоятельно. В случае несогласия с позицией рецензента авторы должны аргументировать свою позицию в тексте статьи. Переработанные статьи передают редколлегии для принятия решения о публикации их в очередном выпуске сборника. Редколлегия оставляет за собой право сокращать и редактировать статьи (включая оптимизацию названия статьи). Сверстанный макет статьи (гранки) направляют авторам для корректуры, обязанность автора внимательно и в сжатые сроки вычитать статью, это последняя возможность внести изменения.

8. Плата с авторов статей за публикацию рукописей не взимается. Авторы должны активно сотрудничать с редакцией: быстро отвечать на все запросы, вносить рекомендованные исправления.

9. **Электронный вариант статьи** предоставляют в редакцию **только** по электронной почте: **botanika.issledovaniy@gmail.com.** Название файла должно состоять из фамилий первых (1–3) авторов 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, размещение в наукометрической базе данных РИНЦ и иных базах.

10. 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**. Тел. для справок: **+375 17 378 25 14.**

Научное издание

БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)
сборник научных трудов

Выпуск 54

Ответственный за выпуск: *Н. А. Зеленкевич*
Фото обложки: *В. Н. Петров*, *В. Н. Лебедько*

Подписано в печать 27.12.2024.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл.печ.л. 43,36. Уч.-изд.л. 43,94.
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