ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

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

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 51

Издается с 1959 года

Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований

Минск
«Колорград»
2022

УДК 582

Ботаника (исследования) : сборник научных трудов. Выпуск 51 / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск : Колорград, 2022. – 279 с.
ISSN 2221-9927.

Научные редакторы:
академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор *Н. А. Ламан;*
академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор *В. И. 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)

Н. Г. Аверина – доктор биологических наук, профессор, Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

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, Белорусский национальный технический университет (Минск, Беларусь)

Ю. А. Семенищенков – доктор биологических наук, профессор, Брянский государственный университет имени акад. И. Г. Петровского (Брянск, Россия)

Г. Т. Ситпаева – доктор биологических наук, Институт ботаники и фитоинтродукции Республики Казахстан (Алма-Аты, Казахстан)

Д. Г. Груммо – кандидат биологических наук, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

А. В. Пугачевский – кандидат биологических наук, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Р. В. Цвирко – кандидат биологических наук, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Д. Б. Беломесяцева – кандидат биологических наук, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Н. А. Зеленкевич – кандидат биологических наук, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Ответственный секретарь
кандидат биологических наук *Т. А. Будкевич*

ISSN 2221-9927

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича», 2022
© Оформление. ООО «Колорград», 2022

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси.
Факс +375 (17) 322 18 53, тел. +375 (17) 374 00 27, e-mail: nan.botany@yandex.by

ISSN 2221-9927

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES

STATE RESEARCH AND PRODUCTION ASSOCIATION
"SCIENTIFIC AND PRACTICAL CENTER
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS FOR BIORESOURCES"

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

SOCIAL ASSOCIATION "BELARUSIAN BOTANICAL SOCIETY"

BOTANY

(RESEARCH)

Issue 51

Published since 1959

Included to the Scientific Publications List
for the publishing dissertation research results in the Republic of Belarus

Minsk
"Kolorgrad"
2022

UDC 582

Botany (research) : Collection of scientific transactions. Issue 51 / Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus. – Minsk : Kolorgrad, 2022. – 279 p.
ISSN 2221-9927.

Scientific editors:
N. A. Laman (Academician, D. Sc. (Biology), Professor);
V. I. Parfenov (Academician, D. Sc. (Biology), Professor)

Editorial board:

N. A. Laman – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

V. I. Parfenov – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

P. V. Krestov – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the RAS (Vladivostok, Russia)

N. V. Lukhyna – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS (Moscow, Russia)

V. N. Prokhorov – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

V. V. Titok – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Central Botanical Garden of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

N. G. Averina – D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Biophysics and Cell Engineering of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

Yu. K. Vynogradova – D. Sc. (Biology), Professor,
N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS (Moscow, Russia)

D. V. Heltman – D. Sc. (Biology), Professor,
V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS Russia (Saint-Petersburg, Russia)

N. S. Huryna – D. Sc. (Biology), Professor,
Belarusian State Medical University Belarus (Minsk, Belarus)

O. I. Rodkin – D. Sc. (Biology),
Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus)

Yu. A. Semenischenkov – D. Sc. (Biology), Professor,
I. G. Petrovsky Bryansk State University Russia (Bryansk, Russia)

G. T. Sytpaeva – D. Sc. (Biology),
Institute of Botany and Phytointroduction of Kazahstan (Alma-Ata, Kazakhstan)

D. G. Grummo – 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)

R. V. Tsvirko – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

D. B. Belomesyatseva – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

N. A. Zeliankevich – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

Executive Secretary
T. A. Budkevich – Ph. D. (Biology)

ISSN 2221-9927

© "V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany", 2022
© Publisher and printing. "Kolorgrad", 2022

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА

Масловский О. М., Левкович А. В., Сысой И. П., Чумаков Л. С., Рыбко Н. Г., Шиманович Р. В., Лазарь М. А., Христюк-Макарова Я. А.
Пространственное распределение и структура региональных популяций редких и исчезающих видов растений Беларуси 11

Мойсейчик Е. В.
Флористическое разнообразие макрофитной растительности трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять 29

Петров В. Н.
Экологическая характеристика, распространение и прогнозная экстраполяция встречаемости вида красной водоросли *Paludicola turfosa (Bory) M.L. Vis & Necchi* на территории Республики Беларусь .. 39

Савицкая К. Л.
Распространение гидрофитов семейства Аронниковые (*Araceae* Juss.) на территории Пуховичской равнины 45

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ

Груммо Д. Г., Русецкий С. Г., Зеленкевич Н. А.
Вероятностная оценка пространственного распределения ключевых биотопов национального парка «Нарочанский» на основе наземно-дистанционных прогностических параметров 56

Игнатьев Я. К., Ермохин М. В.
Влияние климатических факторов на динамику радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в заболоченных лесах северной Беларуси 77

Латышев С. Э., Мержвинский Л. М., Высоцкий Ю. И., Латышева В. В.
Растительность порядка *Oenanthetalia aquaticae* в озерах Белорусского Поозерья 85

Неверов А. В., Сысой И. П., Масловский О. М., Сидорович А. А., Равино А. В., Масилевич Н. А.
К вопросу о методике комплексной экономической оценки растительных ресурсов как элемента национального богатства 95

Пугачевский А. В., Барсукова Т. Л., Русинов А. О., Игнатьев Я. К., Хозяшева Ю. Д.
Формационно-типологические и ландшафтные особенности экспансии клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в лесные экосистемы Беларуси 103

Пучило А. В.
Распространение кленовых лесов в Беларуси 114

Судник А. В.
Зависимость состояния древостоев в опушечной полосе вдоль автомобильных дорог от техногенной нагрузки и особенностей рельефа 118

Цвирко Р. В.
Разнообразие сообществ ассоциации *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris* de Kleist 1929 на территории национального парка «Беловежская пуща» 129

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ

Антонович А. О.
Таксономический анализ и встречаемость эколого-трофических групп агарикоидных базидиомицетов, произрастающих в условиях заповедного режима (на примере Королево-Мостовского лесничества, национальный парк «Беловежская пуща») 136

Беломесяцева Д. Б., Звягинцев В. Б., Шабашова Т. Б., Пинчук А. Г.
Инвазивные и карантинные дендропатогены на территории Белорусского Полесья …… 146

Гулиев Ф. А., Гусейнова Л. А.
Ризоктониоз или черная корневая гниль (*Rhizoctonia solani* Kuhn.) земляники в условиях западной части Азербайджана …… 154

Шабашова Т. Г., Антонович А. О., Беломесяцева Д. Б.
Видовое разнообразие и таксономическая структура грибов в дубравах Припятского Полесья …….. 160

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ламан Н. А., Копылова Н. А., Карасёва Е. Н.
Накопление диосгенина в растениях *Dioscorea alata* L., выращенных в лабораторных условиях ……170

Ламан Н. А., Усик А. В., Олешук Е. Н., Гриц А. Н.
Морфологические особенности растений золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) в виргинильном периоде развития ……176

Ламан Н. А., Усик А. В., Олешук Е. Н., Гриц А. Н.
Морфологические особенности генеративной сферы аборигенного и инвазивных видов золотарника (*Solidago* L.) …… 181

Лукашов Р. И., Гурина Н. С., Туровец А.В., Савчук С. С., Лебедько В. Н.
Сравнительная характеристика фенольного состава травы *Cirsium arvense* и *Cirsium oleraceum* ……188

Прохоров В. Н., Карасева Е. Н., Бабков А. В., Сак М. М., Азза М. Д.
Инвазионный потенциал некоторых видов растений из рода Мелколепестник (*Erigeron* L.) ……...194

Рупасова Ж. А., Василевская Т. И., Криницкая Н. Б., Задаля В. С., Павловский Н. Б., Гончарова Л. В.
Особенности биохимического состава плодов интродуцированных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси …… 202

Савина С. М., Дремук И. А., Емельянова А. В., Прищепчик Ю. В., Аверина Н. Г.
Влияние экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты на биосинтез антоцианов и морозоустойчивость озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) ……. 212

Шуканов В. П., Машкин И. А., Полянская С. Н., Мельникова Е. В., Корытько Л. А.
Особенности физиолого-биохимических и морфологических изменений у двухлетних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) под воздействием физиологически активных веществ ….. 219

Шуканов В. П., Полянская С. Н., Корытько Л. А., Машкин И. А., Мельникова Е. В.
Индуцирование процессов болезнеустойчивости у растений ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) биологически активными препаратами ……..227

БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ

Гурина Н. С., Мушкина О. В., Борабанова Н. М.
Гербарий лекарственных растений фармацевтического факультета Белорусского государственного медицинского университета ……237

Савина Н. В., Кубрак С.В., Милько Л. В., Кильчевский А. В.
Республиканский банк ДНК как ресурсный центр молекулярно-генетического исследования редких и исчезающих видов растений Беларуси ……242

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ

Дубовик Д. В., Савчук С. С., Скуратович А. Н., Лебедько В. Н.
Новые материалы к распространению некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений Беларуси …….. 249

Мороз Е. Л.
Arcyria affinis Rostaf. – новый для Беларуси вид миксомицетов (Myxomycetes) ……..…. 258

ЮБИЛЯРЫ

Владимир Николаевич РЕШЕТНИКОВ (к 85-летию со дня рождения) …….. 261

Наталия Георгиевна АВЕРИНА (к 80-летию со дня рождения) ……263

Александр Владимирович СУДНИК (к 50-летию со дня рождения) ……265

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

К 100-летию со дня рождения Наталии Ивановны СРЕТЕНСКОЙ (1922–2005) …… 267

ПОТЕРИ НАУКИ

Василий Васильевич КАРПУК (1954–2022) …….269

ХРОНИКА

Информация Общественного объединения «Белорусское ботаническое общество»:
XI делегатский съезд ББО (23 сентября 2022 г., Минск) ……271

II-я Международная научно-практическая конференция
«Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев», посвященная 100-летию со дня создания Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси 20–23 сентября 2022 г., Минск) …… 273

УКАЗАТЕЛЬ НОВЫХ НАЗВАНИЙ ТАКСОНОВ …….. 277

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ……278

CONTENTS

FLORA AND SYSTEMATICS

Maslovsky O. M., Levkovich A. V., Sysoi I. P., Chumakov L. S., Rybko N. G., Shimanovich R. V., Lazar M. A., Khrystsiuk-Makarava Y. A.
Spatial Distribution and Structure of Regional Populations of Rare and Endangered Plant Species in Belarus …… 11

Mojsejchik E. V.
Macrophyte Vegetation Floristic Diversity in Small Transformed Watercourses of the Pripyat River Basin . 29

Petrov V. N.
Ecological Characteristics, Distribution and Predictive Extrapolation of Propagation of Red Alga Species *Paludicola turfosa (Bory) M.L. Vis & Necchi* on the Territory of the Republic of Belarus ……. 39

Savitskaya K. L.
Distribution of Hydrophytes of the Aroids Family (Araceae Juss.) on the Territory of the Pukhovichi Plain ..45

PHYTOCENOLOGY

Grummo D. G., Rusetsky S. G., Zeliankevich N. A.
Spatial Distribution Probabilistic Assessment of the National Park "Narochansky" Key Biotopes on the Ground and Remote Prognostic Parameters Basis ……56

Ignatiev Ya. K., Yermokhin M. V.
Impact of Climatic Factors on the Tree Ring Dynamics of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Bog Forests of Northern Belarus …… 77

Latyshau S. E., Merzhvinski L. M., Vysotski Yu. I., Latyshava U. V.
Vegetation of the *Oenanthetalia aquaticae* Order in the Lakes of the Belorussian Lakeland …….. 85

Neverov A. V., Sysoi I. P., Maslovsky O. M., Sidorovich A. A., Ravino A. V., Masilevich N. A.
To Metod of Complex Economic Estimation of the Plant Resources as an Element of National Wealth …… 95

Pugachevsky A. V., Barsukova T. L., Rusinov A. O., Ignatiev Y. K., Khozyasheva Y. D.
Formational and Typological and Landscape Features of the Expansion of the Ash-Leaved Maple (*Acer negundo* L.) to the Forest Ecosystems of Belarus ……...103

Puchilo A. V.
Distribution of Maple Forests in Belarus ……114

Sudnik A. V.
Correlation Analysis of Dependence of Tree Stands State on the Edge Along Roads on Technocenic Load and Position in Relief …….. 118

Tsvirko R. V.
Community Diversity of the Association Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris de Kleist 1929 in the National Park "Belovezhskaya Pushcha" ……129

MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

Antonovich A. O.
Taxonomical Analysis and Occurrence of Ecological and Trophic Groups of Agaricoid Basidiomycetes Growing Under the Conditions of the Reserved Regime ……136

Belomesyatseva D. B., Zvyagintsev V. B., Shabashova T. G., Pinchuk A. G.
Invasive and Quarantine Dendropatogenes on the Territory of the Belarusian Polesie …… 146

Guliev F. A., Huseynova L. A.
Rhizoctoniosis or Black Root Rot of Strawberry in the Conditions of the Western Part of Azerbaijan ……. 154

Shabashova T. G., Antonovich A. O., Belomesyatseva D. B.
The Species Composition and Taxonomic Structure of Agaricoid and Aphyllophoroid Fungi Collected on the Territory of Oak Forests of Pripyat Polesie ……. 160

PLANT PHYSIOLOGY AND ECOLOGY

Laman N. A., Kopylova N. A., Karasiova E. N.
Accumulation of Diosgenin in *Dioscorea alata* L. Plants Grown Under Laboratory Conditions …….. 170

Laman N. A., Usik A. W., Oleshuk E. N., Griz A. N.
Morphological Features of *Solidago canadensis* L. Plants in the Virginal Period of Development …… 176

Laman N. A., Usik A. W., Oleshuk E. N. , Griz A. N.
Morphological Features of the Generative Sphere of Native and Invasive Species of the Goldener (*Solidago* L.) ……. 181

Lukashou R. I., Gurina N. S., Turovets A.V., Savchuk S. S., Lebedko V. N.
Comparative Characteristics of the *Cirsium arvense* and *Cirsium oleraceum* Herbs Phenolic Composition ..188

Prokhorov V. N., Karaseva E. N., Babkov A. V., Sak M. M., Azza M. D.
Invasive Potential of Some Plant Species from the Genus Small Party *Erigeron* L. …… 194

Rupasova Zh. A., Vasileuskaya T. I., Krinytskaya N. B., Zadalia V. S., Goncharova L. V., Pavlovsky N. B.
The Biochemical Composition of the Fruits of Introduced Blueberry Varieties (*Vaccinium corymbosum* L.) in the Conditions of Southern Agricultural and Climatic Zone of Belarus ……..... 202

Savina S. M., Dremuk I. A., Yemelyanava A. V., Prischepchik Yu. V., Averina N. G.
Influence of Exogenous 5-Aminolevulic Acid on Anthocyanian Biosynthesis and Frost Resistance of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) ……..... 212

Shukanau U. P., Mashkin I. A., Poljanskaja S. N., Melnikowa E. V., Korytsko L. A.
Physiological, Biochemical and Morphological Changes in Seedlings of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) at the Age of Two Years under the Influence of Physiologically Active Substances …….. 219

Shukanou V. P., Poljanskaja S. N., Korytsko L. A., Mashkin I. A., Melnikowa E.V.
Induction of Disease Resistance Processes in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Plants with Biologically Active Preparations ……227

BOTANICAL COLLECTIONS

Gurina N. S., Mushkina O. V., Borabanova N. M.
Faculty of Pharmacy Medicinal Plants Herbarium (Belarusian State Medical University) …….....237

Savina N. V., Kubrak S. V., Milko L. V., Kilchevsky A. V.
Republican DNA Bank as a Resource Center for the Molecular Genetic Testing of Rare and Endangered Plant Species in Belarus …… 242

BOTANICAL DISCOVERIES

Dubovik D. V., Savchuk S. S., Skuratovich A. N., Lebedko V. N.
New Materials for the Distribution of Some Rare and Protected Species of Vascular Plants in Belarus … 249

Moroz E. L.
Arcyria affinis Rostaf. — the New Species of Myxomycetes for Belarus …… 258

JUBILEE

Vladimir N. Reshetnikov (to the 85th anniversary) …… 261

Natalia G. Averina (to the 80th anniversary) …….. 263

Alexander V. Sudnik (to the 50th anniversary) …… 265

MEMORABLE DATES

To 100th anniversary of N. I. Sretenskaya (1922–2005) …… 267

OBITUARY

Vasily V. Karpuk (195–2022) ……..... 269

CHRONICLE

The XIth delegate congress of social association “Belarusian Botanical Society” (23th September, 2022) ..271

The 2th International scientific and practical conference “Belarusian Botanical Collections: Preservation, Employment and Perspectives of Herbarium Development” dedicated to the 100th anniversary of the Herbarium of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (20th–23th September 2022) ……..273

INDEX TO NEW TAXA NAMES ……277

REQUIREMENTS FOR AUTHORS ……..278

ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА
FLORA AND SYSTEMATICS

УДК 502.753 (476)

О. М. МАСЛОВСКИЙ, А. В. ЛЕВКОВИЧ, И. П. СЫСОЙ, Л. С. ЧУМАКОВ, Н. Г. РЫБКО, Р. В. ШИМАНОВИЧ, М. А. ЛАЗАРЬ, Я. А. ХРИСТЮК-МАКАРОВА

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты анализа пространственного распределения и структуры региональных популяций 30 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Построены карты их пространственной структуры и плотности количества мест произрастания на 1000 км^2. Выявлено несколько типов пространственной структуры региональных популяций: иерархическая, сетчатая и периферическая фрагментированная. Установлено, что определенный тип структуры пространственного распределения региональных популяций видов, характер миграционных связей между их локальными центрами напрямую влияют на устойчивость вида в регионе.

Ключевые слова: редкие и исчезающие виды растений, структура региональных популяций, плотность количества мест произрастания вида на 1000 км^2.

O. M. MASLOVSKY, A. V. LEVKOVICH, I. P. SYSOI, L. S. CHUMAKOV, N. G. RYBKO, R. V. SHIMANOVICH, M. A. LAZAR, Y. A. KHRYSTSIUK-MAKARAVA

SPATIAL DISTRIBUTION AND STRUCTURE OF REGIONAL POPULATIONS OF RARE AND ENDANGERED PLANT SPECIES IN BELARUS

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

Annotation. This article presents the results of the analysis of the spatial distribution and structure of regional populations of 30 species of vascular plants listed in the Red Book of the Republic of Belarus. Maps of the spatial structure of their regional populations and the density of the number of species habitats per 1000 km^2 have been constructed. Several types of spatial structure of their regional populations have been identified: hierarchical, reticulate, and peripheral fragmented. It has been established that a certain type of structure of the spatial distribution of regional populations of species, the nature of migration links between their local centers directly affect the stability of the species in the region.

Keywords: rare and endangered plant species, structure of regional populations, density of number species habitats per 1000 km^2.

Введение

Одним из основных инструментов по сохранению биоразнообразия растений является составление и ведение Красных книг.

В Беларуси к настоящему времени вышло уже четыре издания Красной книги. В 1981 г. в первом издании были представлены сведения о 85 видах сосудистых растений [1]. Во втором издании (1993 г.) представлено уже 214 видов: 156 видов сосудистых растений, 15 – мохообразных, 9 – водорослей, 17 – лишайников, 17 – грибов [2]. В третье издание (2005 г.) было включено 274 вида: 173 вида сосудистых растений, 27 – мохо-

образных, 21 – водорослей, 24 – лишайников, 29 – грибов [3]. В последнем четвертом издании (2015 г.) в основном списке представлено 303 вида дикорастущих растений: 189 видов сосудистых растений, 34 – мохообразных, 21 – водорослей, 25 – лишайников, 34 – грибов [4].

В Государственном кадастре растительного мира ведется учет и оценка состояния всех редких и исчезающих видов растений Беларуси. К настоящему времени учтено более 17000 популяций 303 видов [5]. Для эффективной охраны редких и исчезающих видов растений необходимы анализ пространственной структуры региональной популяции каждого вида, оценка ее устойчивости, выявление центров распространения и их взаимосвязанности.

Материалы (объекты) и методы исследования

Полевые исследования проводились по методике Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь [5].

В настоящей работе было проведено картирование, построены карты и проведен анализ пространственной структуры 30 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь: *Ajuga pyramidalis* L., *Allium ursinum* L., *Arnica montana* L., *Baeothryon alpinum* (L.) Egor., *Campanula latifolia* L., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Koerte, *Dactylorhiza majalis* (Reichenb. F.) P.F. Hunt et Summerhayes, *Dentaria bulbifera* L., *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *Gentiana cruciata* L., *Gladiolus imbricatus* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart., *Iris sibirica* L., *Laserpitium latifolium* L., *Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit.) Gren., *Lathyrus linifolius* (Reichard) Bassler, *Lilium martagon* L., *Linnaea borealis* L., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Melittis sarmatica* Klok., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Polypodium vulgare* L., *Potentilla alba* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill., *Trollius europaeus* L., *Veratrum lobelianum* Bernh., *Viola uliginosa* Bess.

Карты были построены как по количеству зарегистрированных в Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь популяций данного вида [5], так и по плотности популяций в пересчете на 1000 км^2.

Всего было закартировано и проанализировано 7923 популяции, большая часть которых была исследована авторами в полевых условиях.

Результаты исследования и их обсуждение

Ajuga pyramidalis L. – Живучка пирамидальная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 137 популяций этого вида. Популяции немногочисленные (в среднем 10 особей), площадь редко превышает 100 м^2. Расчетная численность вида в стране составляет около 1472 экземпляров, расчетная суммарная площадь популяций – около 1,59 га.

Ареал живучки пирамидальной в Беларуси (рис. 1) занимает северо-западную часть страны с ярко выраженным центром распространения в пределах Минской возвышенности, где сосредоточены более половины всех известных в республике местонахождений (73). Отдельные локальные центры этого вида находятся на возвышенностях в Ошмянском (18 популяций), Мядельском (12), Дятловском (10) районах.

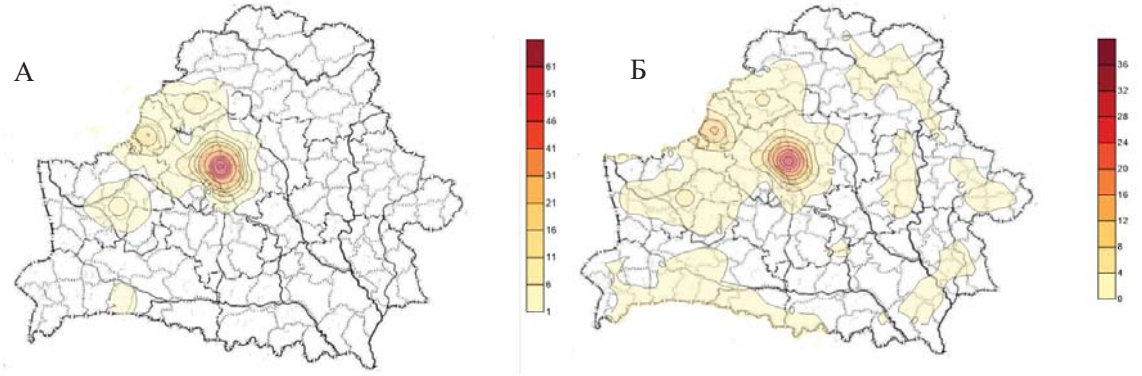


Рис. 1. Пространственная структура региональной популяции *Ajuga pyramidalis* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 1. Spatial structure of the regional population of *Ajuga pyramidalis* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Несмотря на относительно высокое суммарное количество популяций в стране, в силу их малой численности и сосредоточенности практически в одном центре распространения устойчивость этого вида в целом невысока и в будущем возможно прогнозировать уменьшение его распространения в Беларуси.

Allium ursinum L. – Лук медвежий

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 358 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси – около 12 025 232 экземпляров, расчетная суммарная площадь популяций – около 812,1 га.

Ареал лука медвежьего в Беларуси (рис. 2) занимает почти всю территорию Беларуси и имеет устойчивую сетчатую структуру с локальными центрами распространения в Осиповичском (27 популяций), Воложинском (24), Узденском (17), Речицком (16), Ивьевском (13), Кличевском (12) районах.

Исходя из высокой численности особей (более 12 миллионов), занимаемой площади и имеющейся сетчатой структуры, положение этого вида в Беларуси достаточно в целом устойчиво. В то же время наблюдается снижение численности в результате неконтролируемого сбора растений и вытаптывания, некоторые популяции исчезли. В целом состояние этого вида в Беларуси будет зависеть от предотвращения массовой заготовки его населением и степени эффективности контроля со стороны региональных подразделений Минприроды.

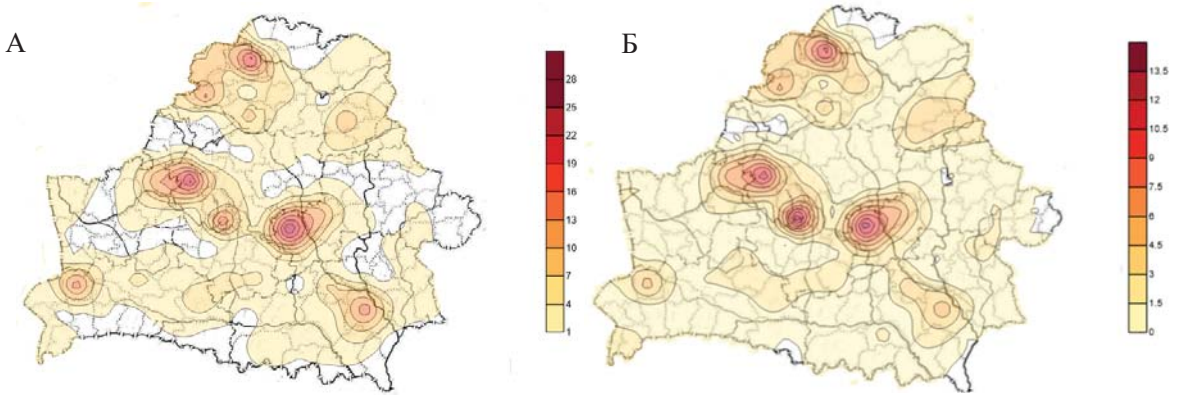


Рис. 2. Пространственная структура региональной популяции *Allium ursinum* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 2. Spatial structure of the regional population of *Allium ursinum* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Arnica montana L. – Арника горная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 640 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси – около 65506 экземпляров, расчетная суммарная площадь популяций – около 65,1 га.

Ареал арники горной в Беларуси (рис. 3) сосредоточен в западных и центральных районах Беларуси, на севере и востоке она практически отсутствует. Наиболее ярко выраженный центр распространения этого вида в стране расположен на территории Минского (79 популяций), Логойского (47), Борисовского (23) и Молодечненского (20) районов.

Пространственная структура региональной популяции *Arnica montana* имеет относительно устойчивую сетчатую структуру. Наряду с основным центральным, выявлены также локальные центры распространения в Гродненском (28), Дятловском (33), Лунинецком (41) и Пружанском (17) районах.

Устойчивость пространственной структуры этого вида на территории Беларуси достаточно высока. Возможно расширение распространения вида в республике, однако его общее состояние во многом будет зависеть от связанности локальных центров, особенно на юго-востоке Беларуси.

Baeothryon alpinum (L.) Egor. – Пухонос альпийский

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 175 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 412485 экземпляров, суммарная площадь популяций – 173,6 га. Самая крупная из них, площадь которой превышает 100 га, находится в Поставском районе Витебской области.

Пухонос альпийский в Беларуси находится на южной границе распространения. Его ареал в Беларуси (рис. 4) занимает северо-западную часть страны и охватывает Витебскую, а также северные части Гродненской и Минской областей.

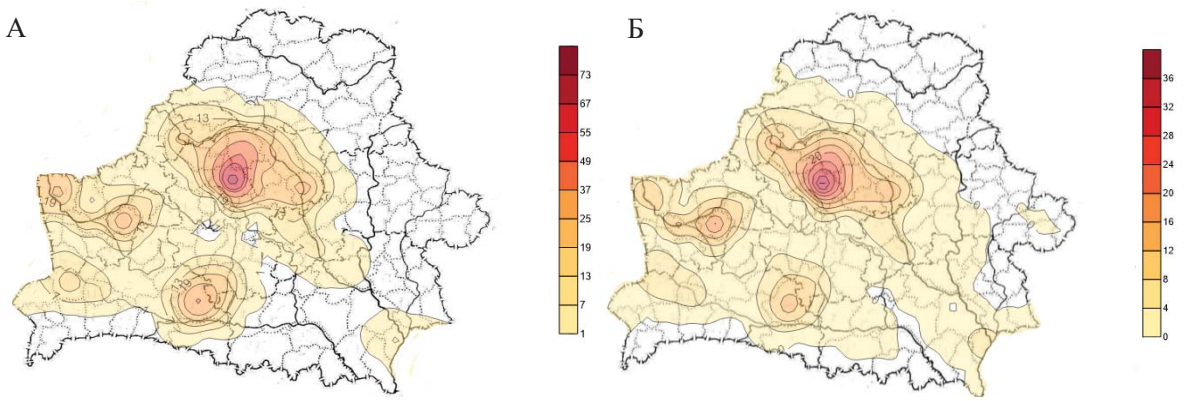


Рис. 3. Пространственная структура региональной популяции *Arnica montana* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 3. Spatial structure of the regional population of *Arnica montana* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

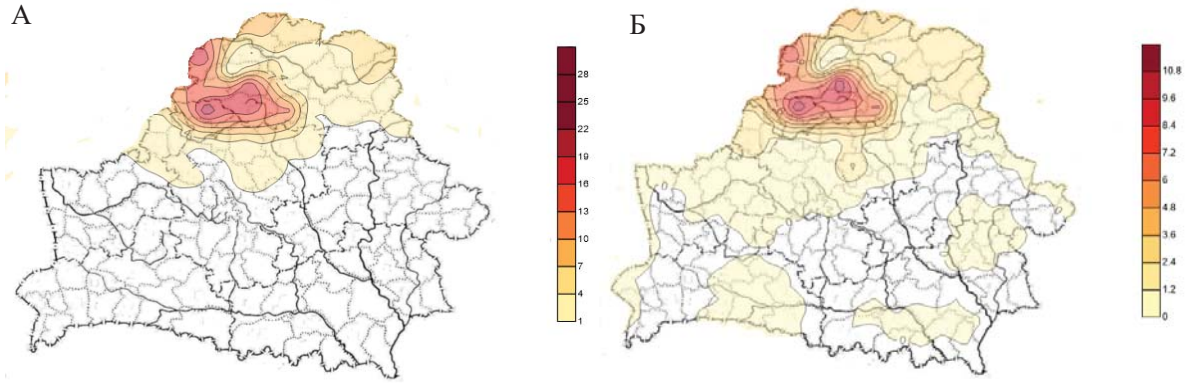


Рис. 4. Пространственная структура региональной популяции *Baeothryon alpinum* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 4. Spatial structure of the regional population of *Baeothryon alpinum* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Имеется 3 близко расположенных сопряженных центра его распространения в стране: 1) Браславский (18 популяций) район; 2) Мядельский (22), Поставский (13) и Глубокский (19) районы; 3) Докшицкий (18) и Лепельский (14) районы.

Campanula latifolia L. – Колокольчик широколистный

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 129 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 7857 экземпляров, суммарная площадь популяций – 53,1 га.

Ареал колокольчика широколистного в Беларуси (рис. 5) занимает северную часть республики с тремя ярко выраженными центрами распространения: Городокская возвышенность и примыкающие к нему участки Витебской возвышенности (18 популяций), Глубокский район (9), а также Минская возвышенность (Минский район – 11 популяций). В структуре региональной популяции этого вида в стране имеются также небольшие относительно изолированные группы локалитетов в Гродненском районе, Беловежской пуще и других.

Устойчивость данного вида в стране определяется, безусловно, состоянием его центра в Минской возвышенности, который имеет максимальное количество связей с другими локальными центрами сосредоточения популяций.

Cephalanthera rubra (L.) Rich. – Пыльцеголовник красный

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 142 популяции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 2112 экземпляров, суммарная площадь популяций – 10,3 га.

Ареал пыльцеголовника красного в Беларуси (рис. 6) сконцентрирован, в основном, в южной части, в Брестской и Гомельской областях с центрами в Кобринском (16 популяций), Марорит-

ском (12) и Лельчицком (9) районах. Отдельные локальные сосредоточения популяций наблюдаются в центральной части и на востоке Беларуси.

Положение этого вида в Беларуси неустойчиво и в большей степени зависит от состояния региональных популяций на территории Польши и Украины.

Corydalis cava (L.) Schweigg. et Koerte – Хохлатка полая

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 126 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 6157 экземпляров, суммарная площадь популяций – 32,1 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает почти всю территорию страны (рис. 7), однако центр сосредоточения расположен в Хойникском районе (19 популяций). Остальные локальные центры не превышают 3–5 популяций в отдельном административном районе.

Положение этого вида в Беларуси также неустойчиво и в большей степени зависит от состояния центра распространения в Гомельской области и стабильности миграционных каналов между небольшими локальными центрами.

Dactylorhiza majalis (Reichenb. F.) P.F. Hunt et Summerhayes – Пальчатокоренник майский

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 101 популяция этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 4329 экземпляров, суммарная площадь популяций – 16,3 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает, в основном, западную часть республики (рис. 8).

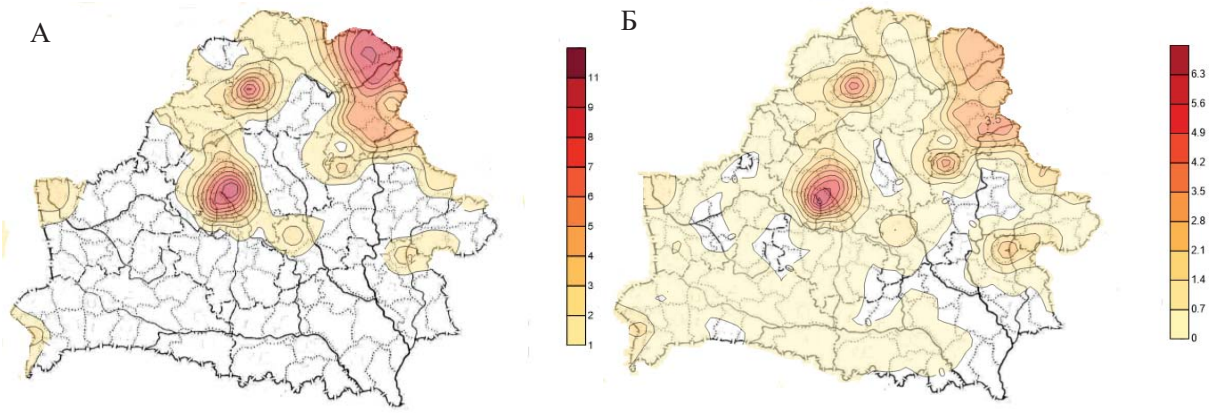


Рис. 5. Пространственная структура региональной популяции *Campanula latifolia* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 5. Spatial structure of the regional population of *Campanula latifolia* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

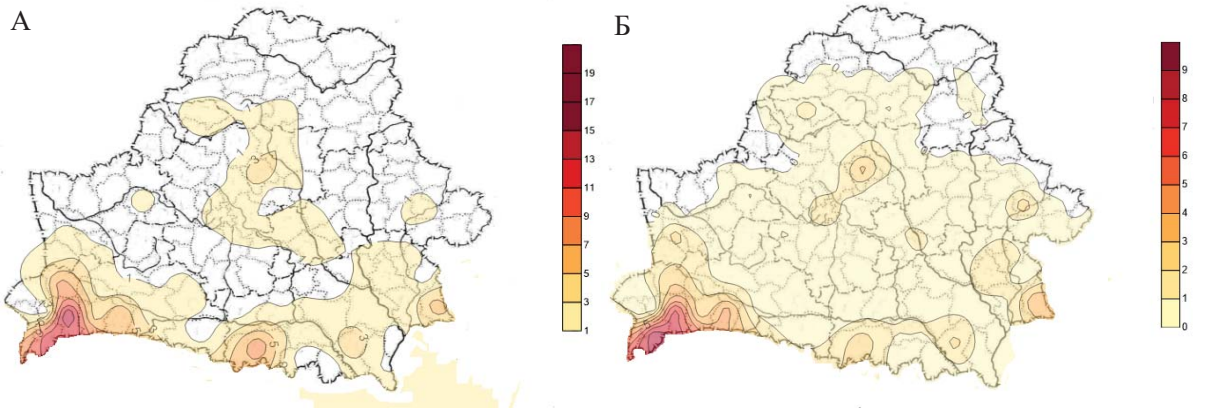


Рис. 6. Пространственная структура региональной популяции *Cephalanthera rubra* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 6. Spatial structure of the regional population of *Cephalanthera rubra* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

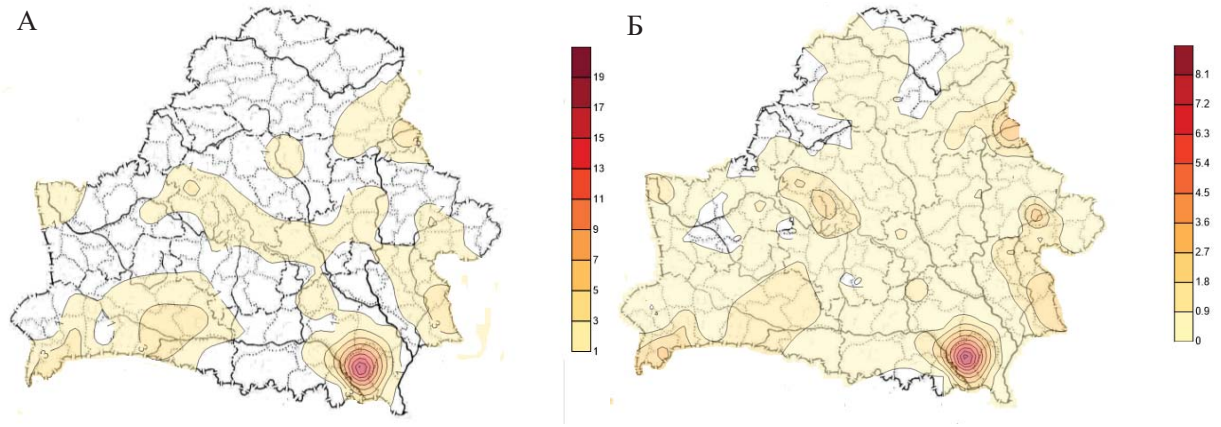


Рис. 7. Пространственная структура региональной популяции *Corydalis cava* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 7. Spatial structure of the regional population of *Corydalis cava* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

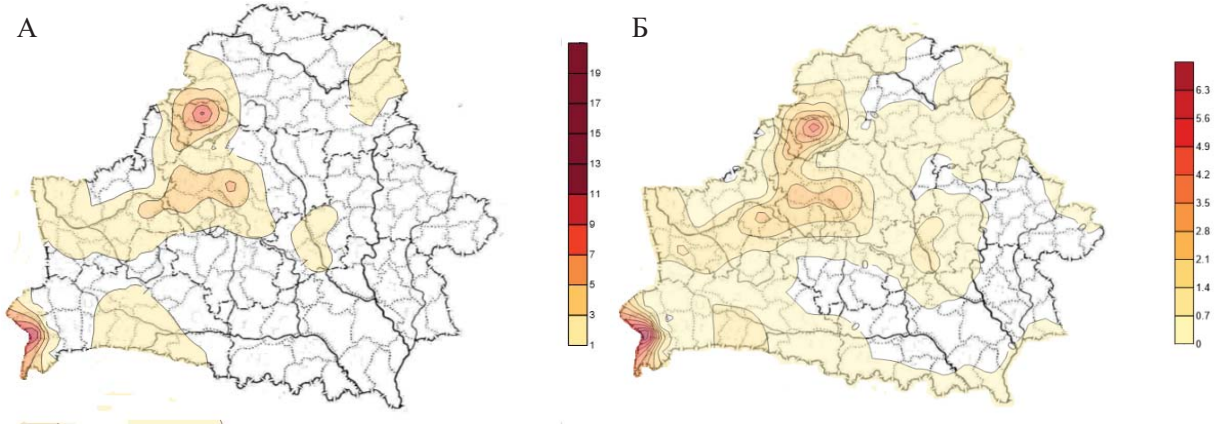


Рис. 8. Пространственная структура региональной популяции *Dactylorhiza majalis* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 8. Spatial structure of the regional population of *Dactylorhiza majalis* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Имеется 3 центра концентрации популяций: Мядельский (10 популяций), Брестский (12) и Воложинский (5) районы. Последний занимает центральное место в структуре региональной популяции этого вида в стране и от его состояния будет зависеть стабильность вида на территории Беларуси.

Dentaria bulbifera L. – Зубянка клубненосная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 424 популяции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 233747 экземпляров, суммарная площадь популяций – 768,4 га.

Ареал зубянки клубненосной в Беларуси (рис. 9) сконцентрирован, в основном, в южной и центральной частях, с центрами в Малоритском (32 популяции), Пинском (35), Пружанском (20), Речицком (30), Светлогорском (22), Хойникском (18), Воложинском (24) и Осиповичском (26) районах. На севере Беларуси отмечены лишь отдельные островные популяции.

Общая структура региональной популяции этого вида в Беларуси, имеющая сетчатый характер с 8 достаточно многочисленными (18–35 популяций) локальными многовершинными центрами, представляется достаточно устойчивой. Динамика ее стабильности будет в большей степени определяться устойчивостью ее центров в Минской области.

Epipactis atrorubens (Hoffm. ex Bernh.) Bess. – Дремлик темно-красный

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 134 популя-

ции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 2538 экземпляров, суммарная площадь популяций – 7,2 га.

Ареал этого вида в Беларуси (рис. 10) занимает почти всю территорию страны, однако центр их сосредоточения расположен на северо-западе Минской области, в Вилейском (13 популяций) и Мядельском (11) районах. Остальные локальные центры не превышают 3–5 популяций в отдельном административном районе. На северо-востоке страны данный вид практически отсутствует.

Общая структура региональной популяции этого вида в Беларуси представляется относительно устойчивой. Динамика ее стабильности будет в большей степени определяться устойчивостью ее основного центра и тенденциями развития локальных сгущений в Гродненской, Брестской, Минской и Гомельской областях.

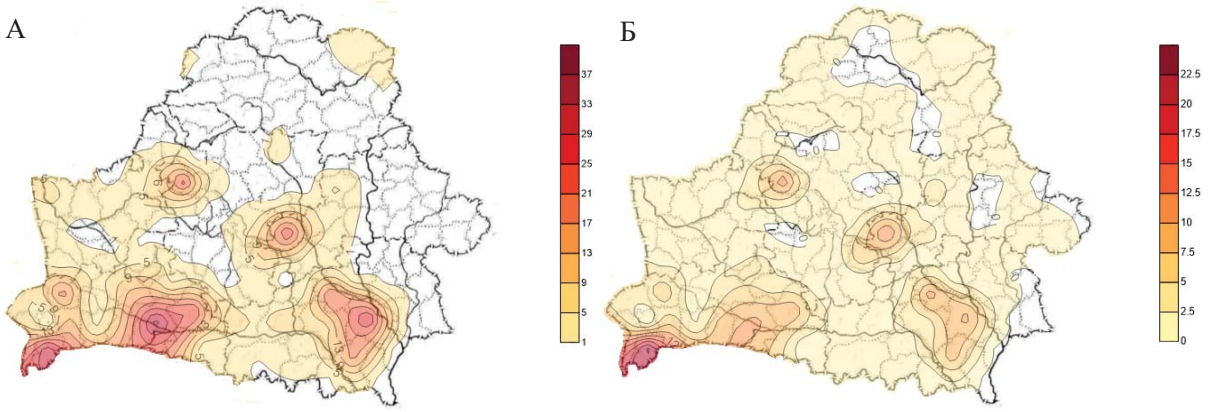


Рис. 9. Пространственная структура региональной популяции *Dentaria bulbifera* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 9. Spatial structure of the regional population of *Dentaria bulbifera* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

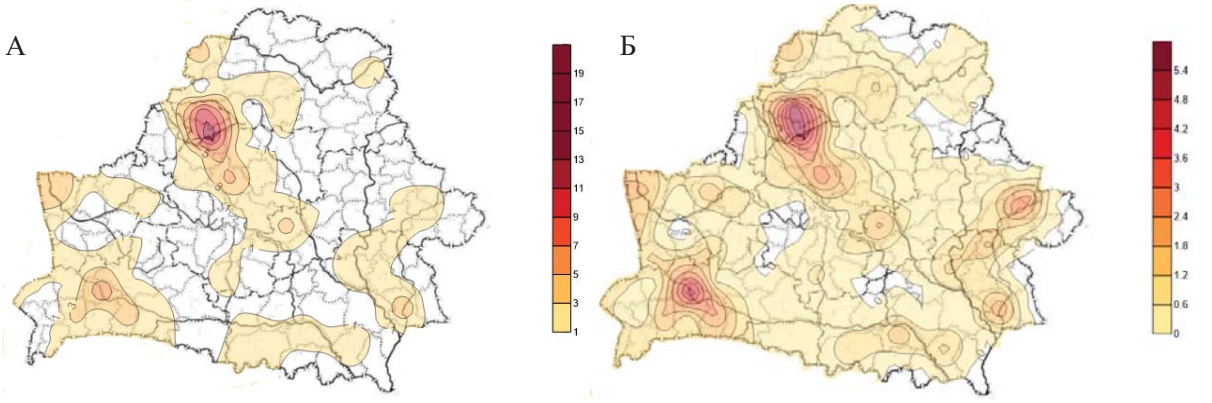


Рис. 10. Пространственная структура региональной популяции *Epipactis atrorubens* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 10. Spatial structure of the regional population of *Epipactis atrorubens* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Gentiana cruciata L. – Горечавка крестообразная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 102 популяции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 4240 экземпляров, суммарная площадь популяций – 5,3 га.

Ареал горечавки крестообразной в Беларуси (рис. 11) занимает, в основном, северную часть страны с ярко выраженным центром распространения в Мядельском районе (31 популяция) и отдельными единичными популяциями по всей территории республики.

Структура этого вида в Беларуси очень неустойчива и при элиминации или деградации основного центра приведет к разрыву миграционных связей между локальными сосредоточениями популяций.

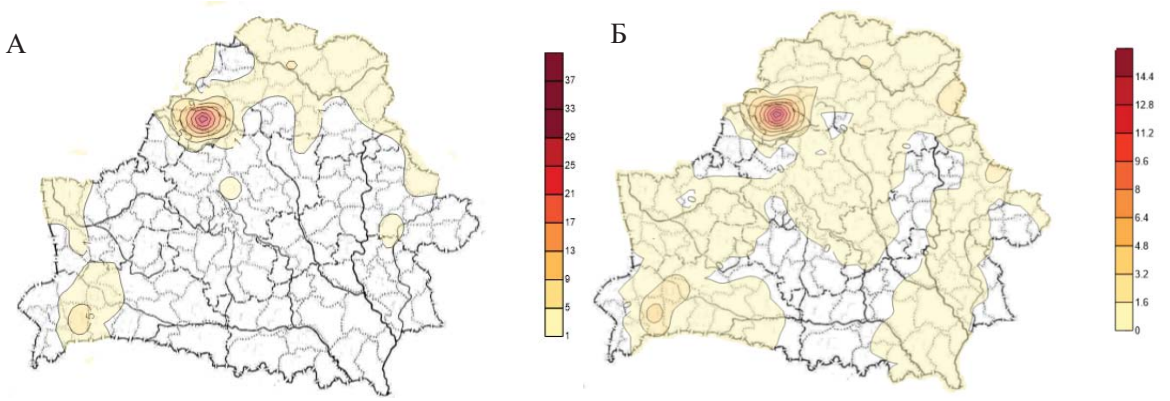


Рис. 11. Пространственная структура региональной популяции *Gentiana cruciata* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 11. Spatial structure of the regional population of *Gentiana cruciata* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Gladiolus imbricatus L. – Шпажник черепитчатый

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 448 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 71859 экземпляров, суммарная площадь популяций – 40,9 га.

Ареал этого вида в Беларуси (рис. 12) занимает почти всю территорию страны с основными центрами распространения в Мядельском (22 популяции), Витебском (22), Глубокском (17), Чашникском (16), а также не столь выраженными центрами в Брестском (13), Браславском (13), Сморгонском (13) и ряде других районах.

Общая сетчатая структура региональной популяции этого вида представляется достаточно устойчивой, однако разрыв между северной и южной частями затрудняет обмен генетического и семенного материала.

Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart. – Баранец обыкновенный

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 829 популяций. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 2547 экземпляров, суммарная площадь популяций – 34,1 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает почти всю территорию страны (рис. 13), но основные центры его распространения сосредоточены в северо-западной части страны: Мядельский (62 популяции), Гродненский (40) и Ошмянский (39) районы.

В целом структура его региональной популяции в Беларуси достаточно стабильна, однако, учитывая изменение климата, возможно исчезновение ряда южных популяций этого вида. Маркером миграционных процессов могут быть популяции локальных центров в Брестской, Минской и Могилевской областях.

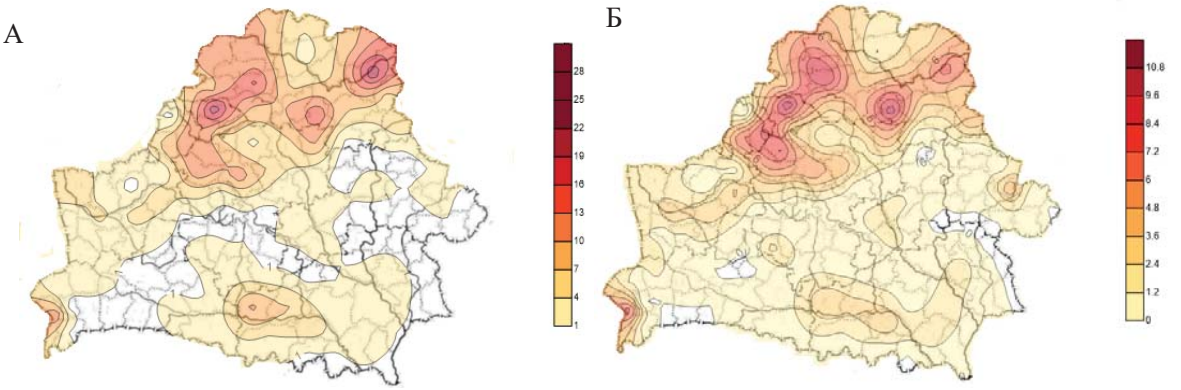


Рис. 12. Пространственная структура региональной популяции *Gladiolus imbricatus* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 12. Spatial structure of the regional population of *Gladiolus imbricatus* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

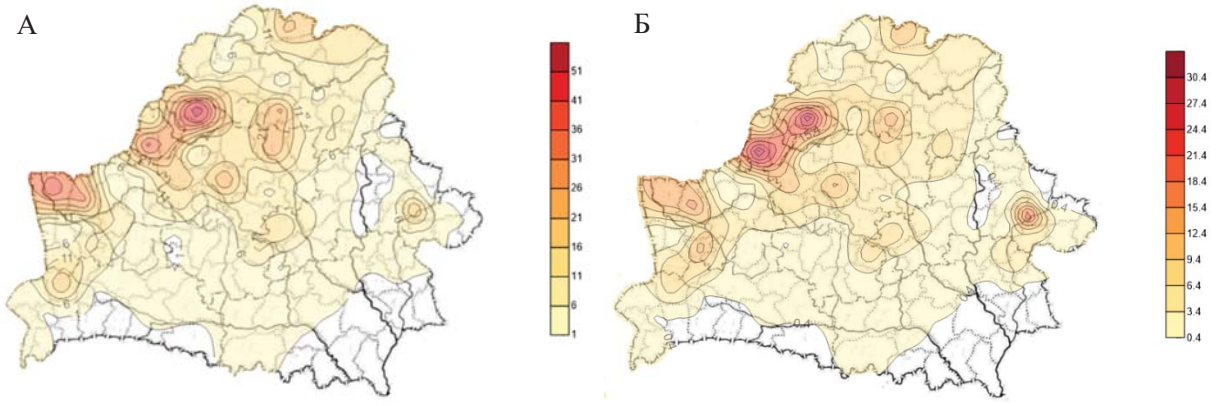


Рис. 13. Пространственная структура региональной популяции *Huperzia selago* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 13. Spatial structure of the regional population of *Huperzia selago* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Iris sibirica L. – Касатик сибирский

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 449 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 154166 экземпляров, суммарная площадь популяций – 488,2 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает почти всю территорию страны (рис. 14), однако его структура неустойчива со сгущениями на северо-западе (Мядельский, Миорский и Глубокский районы) и юго-востоке (Рогачевский, Жлобинский, Житковичский и Петриковский районы).

Несмотря на относительно высокую численность региональной популяции, общее состояние вида очень сильно структурно зависит от ситуации в центре Беларуси. При негативном развитии ситуации возможен распад на два относительно изолированных фрагмента ареала.

Laserpitium latifolium L. – Гладыш широколистный

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 110 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 6937 экземпляров, суммарная площадь популяций – 2,8 га.

Ареал гладыша широколистного в Беларуси (рис. 15) занимает северо-западную часть страны с ярко выраженным центром распространения в Минском районе, где сосредоточена почти половина всех известных в республике местонахождений (47).

В целом структура региональной популяции этого вида в Беларуси неустойчива и зависит от динамики ситуации в центре страны.

Lathyrus laevigatus (Waldst. et Kit.) Gren. – Чина гладкая

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтена 151 популяция этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 5541 экземпляров, суммарная площадь популяций – 2,6 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает, в основном, северо-западную часть страны (рис. 16) с 5 центрами распространения в Минском (29 популяций), Воложинском (15), Сморгонском (15), Глубокском (14) и Берестовицком (10) районах.

Структура региональной популяции относительно устойчива, однако ряд локальных популяций этого вида на юго-востоке страны расположен изолировано и на большом расстоянии от основных центров распространения.

Lathyrus linifolius (Reichard) Bassler – Чина льнолистная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 139 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 5273 экземпляров, суммарная площадь популяций – 1,26 га.

Ареал этого вида в Беларуси локализован, главным образом в центральной части страны (рис. 17), с ярко выраженным центром распространения в Минском районе, где сосредоточено более половины всех известных популяций (75). Структура региональной популяции носит неустойчивый характер, а небольшая площадь локальных популяций может служить негативным лимитирующим фактором динамики распространения.

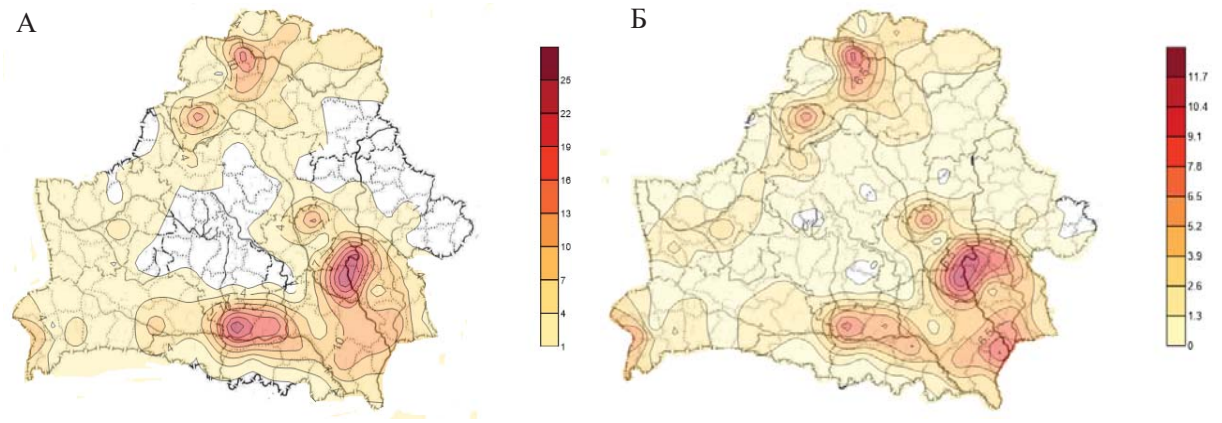


Рис. 14. Пространственная структура региональной популяции *Iris sibirica* в Беларуси:
А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 14. Spatial structure of the regional population of *Iris sibirica* in Belarus:
A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

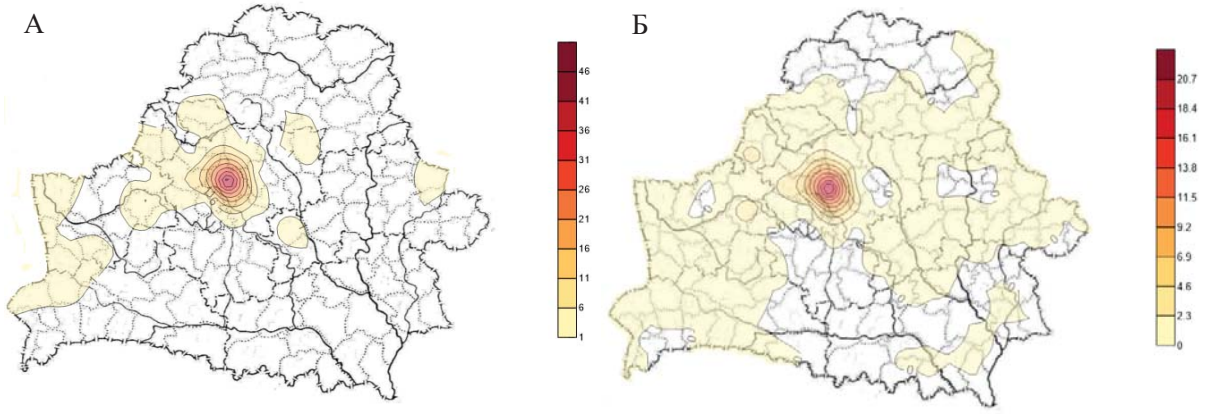


Рис. 15. Пространственная структура региональной популяции *Laserpitium latifolium* в Беларуси:
А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 15. Spatial structure of the regional population of *Laserpitium latifolium* in Belarus:
A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

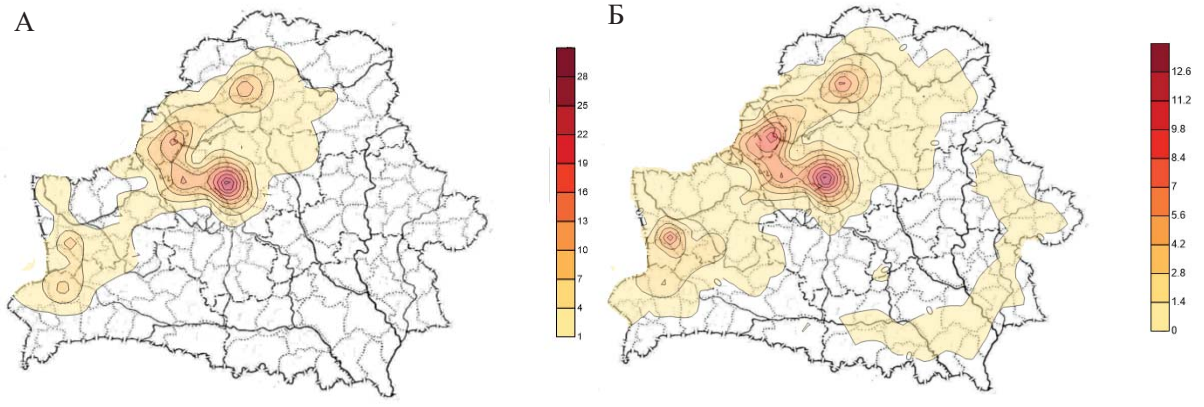


Рис. 16. Пространственная структура региональной популяции *Lathyrus laevigatus* в Беларуси:
А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 16. Spatial structure of the regional population of *Lathyrus laevigatus* in Belarus:
A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

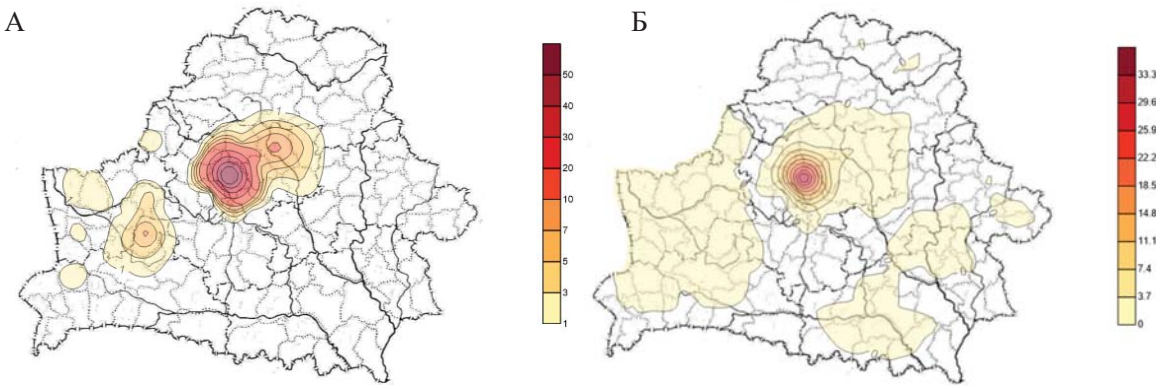


Рис. 17. Пространственная структура региональной популяции *Lathyrus linifolius* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 17. Spatial structure of the regional population of *Lathyrus linifolius* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

***Lilium martagon* L. – Лилия кудреватая**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 573 популяции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 35440 экземпляров, суммарная площадь популяций – 395,4 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает в основном западную часть страны (рис. 18) с центрами распространения в Минском (69 популяций), Волковыском (41), Ошмянском (40), Гродненском (38) и Пружанском (31) районах. На севере республики редок.

Структура региональной популяции этого вида в Беларуси относительно устойчива. Опасения вызывают изолированные локальные центры на юго-востоке страны.

***Linnaea borealis* L. – Линнея северная**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 109 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 592021 экземпляров, суммарная площадь популяций – 16,8 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает, в основном, северную часть страны (рис. 19) с двумя ярко выраженными центрами, на севере – Россонский район (13 популяций) и на северо-западе страны в Минском (14) и Мядельском (8) районах.

Имеет относительно неустойчивую структуру региональной популяции, учитывая, что данный бореальный вид находится в Беларуси на южной границе своего распространения.

***Listera ovata* (L.) R. Br. – Тайник яйцевидный**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 410 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около11688 экземпляров, суммарная площадь популяций – 63,3 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает почти всю территорию страны (рис. 20), однако центры его распространения тяготеют к западу: Мядельский (34 популяции), Кобринский (28), Браславский (20), Малоритский (19), Глубокский и Лепельский (по 18) районы.

Численность этого вида в Беларуси относительно велика, структура региональной популяции имеет сетчатый характер, однако отсутствие в центре страны сосредоточения популяций затрудняет обмен генетическим материалом и семенами между северными и южными фрагментами ареала.

***Melittis sarmatica* Klok. – Кадило сарматское**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтена 321 популяция этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 47069 экземпляров, суммарная площадь популяций – 79,6 га.

Ареал этого вида в Беларуси (рис. 21) сосредоточен в юго-западной части страны с ярко выраженными центрами распространения в Волковысском (106 популяций), Пружанском (57) и Брестском (33) районах.

Пространственная структура и состояние региональной популяции этого вида во многом зависит от прилегающих к Беларуси территорий.

***Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. – Клюква мелкоплодная**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 156 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 46767 экземпляров, суммарная площадь популяций – 101,6 га.

Ареал этого вида в Беларуси сосредоточен на севере страны (рис. 22) с центрами распространения в Миорском (18 популяций), Россонском (15), Лепельском и Крупском (по 11), Шарковщинском и Борисовском (по 10) районах.

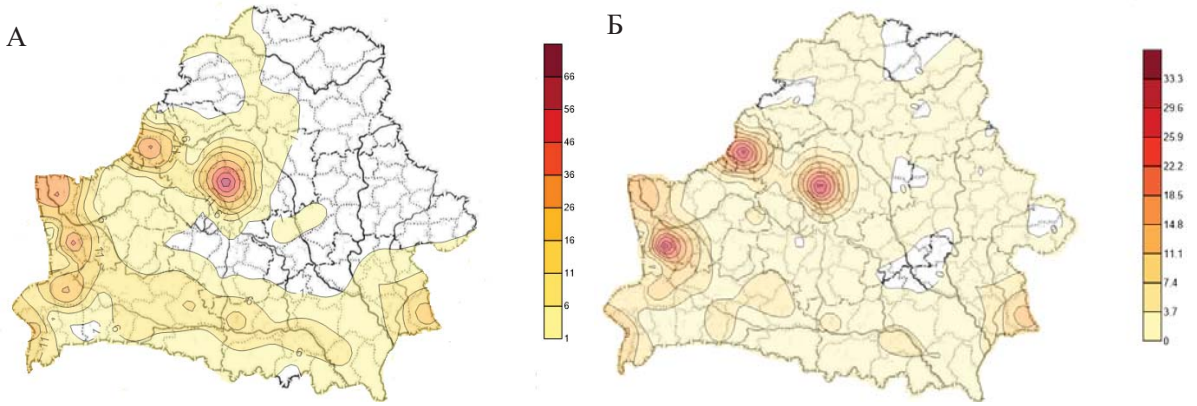


Рис. 18. Пространственная структура региональной популяции *Lilium martagon* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 18. Spatial structure of the regional population of *Lilium martagon* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

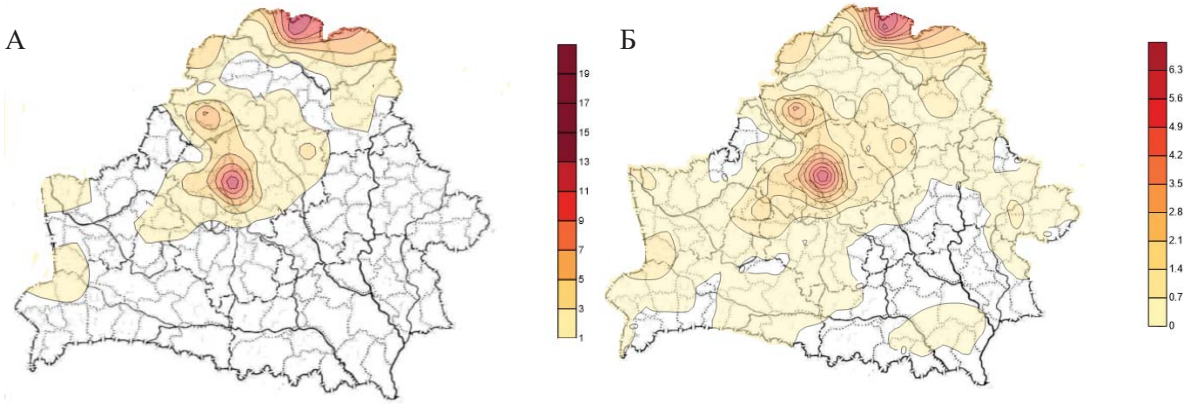


Рис. 19. Пространственная структура региональной популяции *Linnaea borealis* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 19. Spatial structure of the regional population of *Linnaea borealis* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

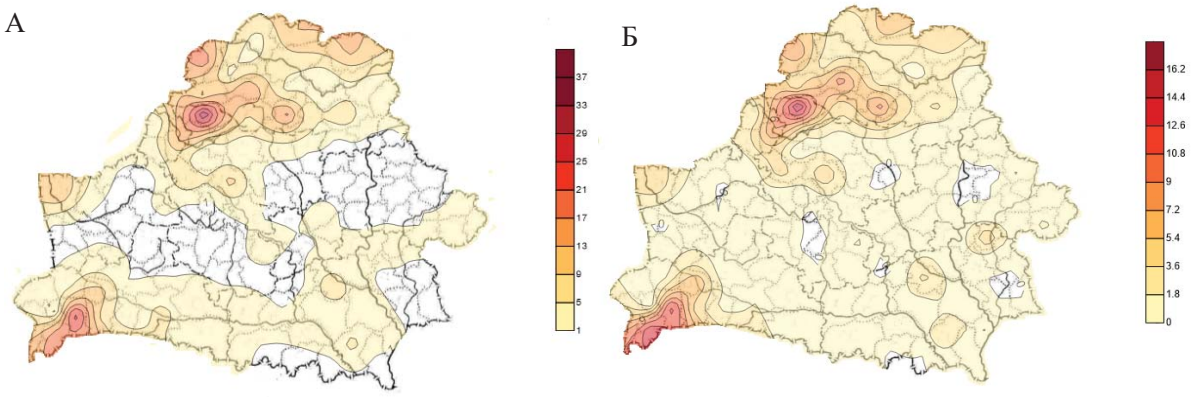


Рис. 20. Пространственная структура региональной популяции *Listera ovata* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 20. Spatial structure of the regional population of *Listera ovata* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

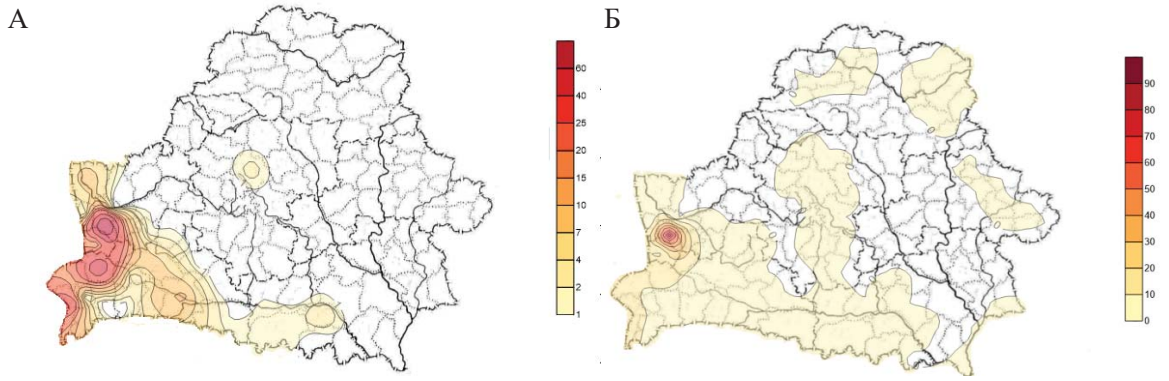


Рис. 21. Пространственная структура региональной популяции *Melittis sarmatica* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 21. Spatial structure of the regional population of *Melittis sarmatica* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

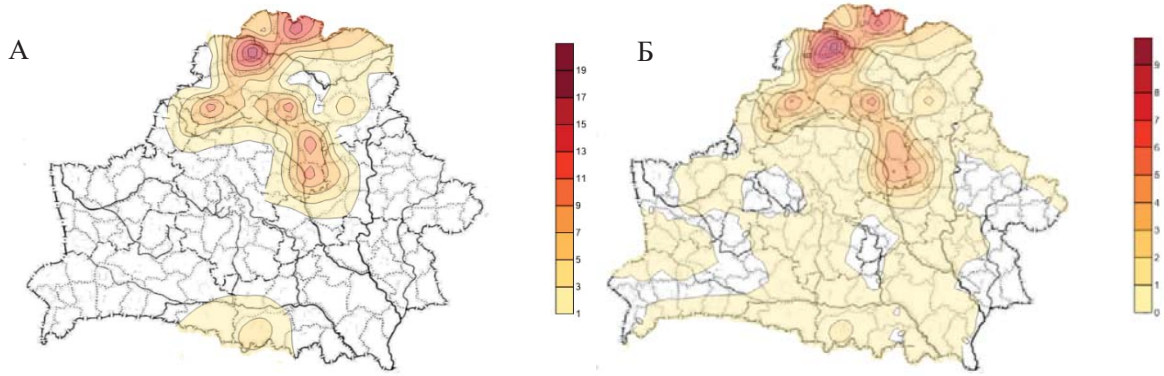


Рис. 22. Пространственная структура региональной популяции *Oxycoccus microcarpus* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 22. Spatial structure of the regional population of *Oxycoccus microcarpus* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Пространственная структура региональной популяции имеет сетчатый характер, однако локальные центры в Минской и Гомельской областях могут деградировать в связи с изменением климата.

Platanthera chlorantha (Cust.) Reichenb. – Любка зеленоцветковая

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 316 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 5566 экземпляров, суммарная площадь популяций – 98,8 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает южную часть страны (рис. 23) с локальными центрами в Лунинецком (29 популяций), Брестском (22), Светлогорском (20), Житковичском (17), Добрушском (14) и ряде других районов.

Этот вид имеет северную границу распространения на территории республики, но, в целом, состояние его относительно стабильное.

Polypodium vulgare L. – Многоножка обыкновенная

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 182 популяции этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 6528 экземпляров, суммарная площадь популяций – 17,1 га.

Ареал этого вида в Беларуси сосредоточен в основном в западной части страны (рис. 24) с центрами в Гродненском (63 популяции), Брестском (15) и Мядельском (13) районах.

Пространственная структура региональной популяции этого вида неустойчива и зависит от стабильности на прилегающих территориях Польши и Литвы.

Potentilla alba L. – Лапчатка белая

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 110 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 8092 экземпляров, суммарная площадь популяций – 4,4 га (рис. 25).

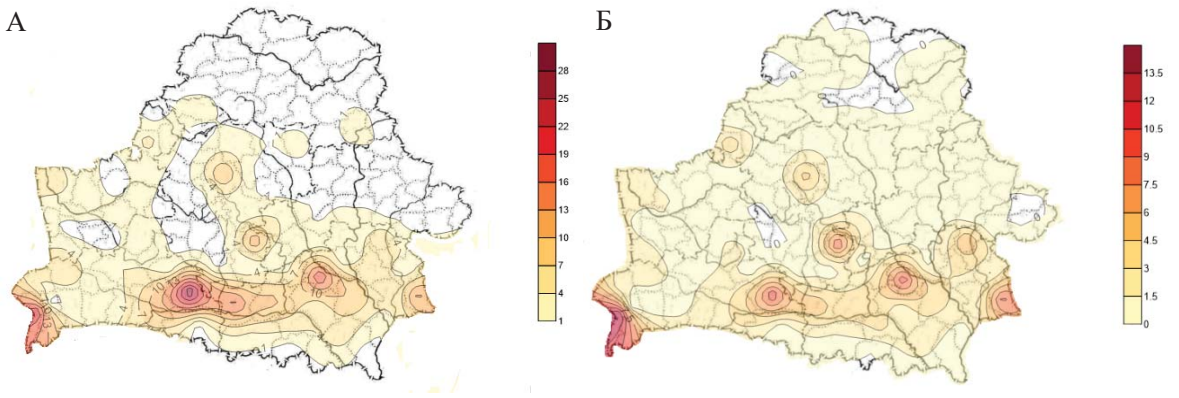


Рис. 23. Пространственная структура региональной популяции *Platanthera chlorantha* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 23. Spatial structure of the regional population of *Platanthera chlorantha* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

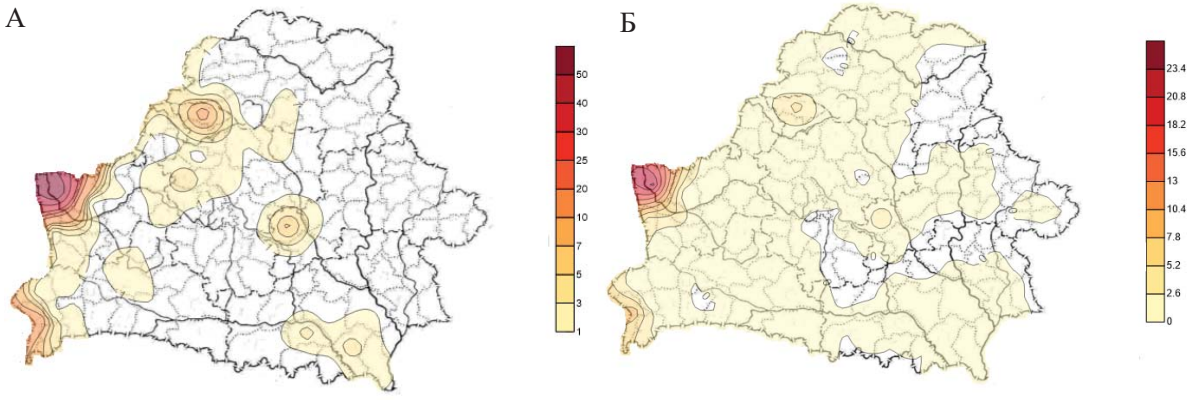


Рис. 24. Пространственная структура региональной популяции *Polypodium vulgare* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 24. Spatial structure of the regional population of *Polypodium vulgare* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

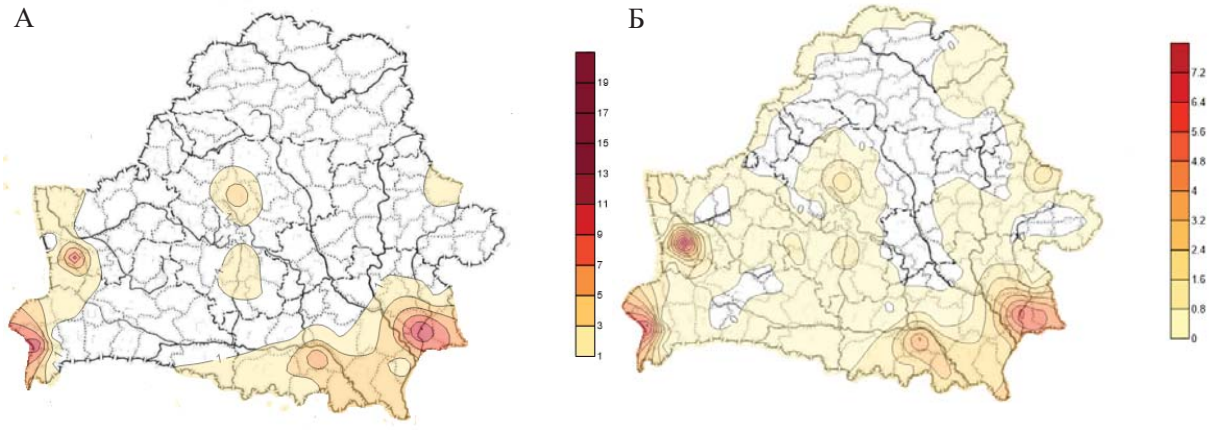


Рис. 25. Пространственная структура региональной популяции *Potentilla alba* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 25. Spatial structure of the regional population of *Potentilla alba* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Ареал этого вида в Беларуси (см. рис. 25) занимает южную часть страны с 5 локальными центрами распространения в Брестском (11 популяций), Гомельском (12), Мозырском (7), Волковыском (10) и Минском (5) районах.

Пространственная структура региональной популяции этого вида в Беларуси крайне неустойчива, миграционные потоки между центрами сосредоточения популяций нарушены.

Pulsatilla patens (L.) Mill. – Прострел раскрытый

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 505 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 9752 экземпляров, суммарная площадь популяций – 64,9 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает большую часть территории страны (рис. 26), однако имеет один ярко выраженный центр распространения в Сморгонском, Вилейском, Логойском, Минском, Молодечненском и Мядельском районах.

Пространственная структура региональной популяции носит ярко выраженный иерархический характер и устойчивость ее будет в большей степени зависеть от состояния периферийных популяций.

Pulsatilla pratensis (L.) Mill. – Прострел луговой

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 248 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 5546 экземпляров, суммарная площадь популяций – 32,8 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает западную часть страны (рис. 27) и имеет 3 выраженных центра распространения: в Гродненском (92 популяции) и Щучинском (18); Молодечненском (20), Вилейском (12) и Сморгонском (20); Житковичском (10) районах.

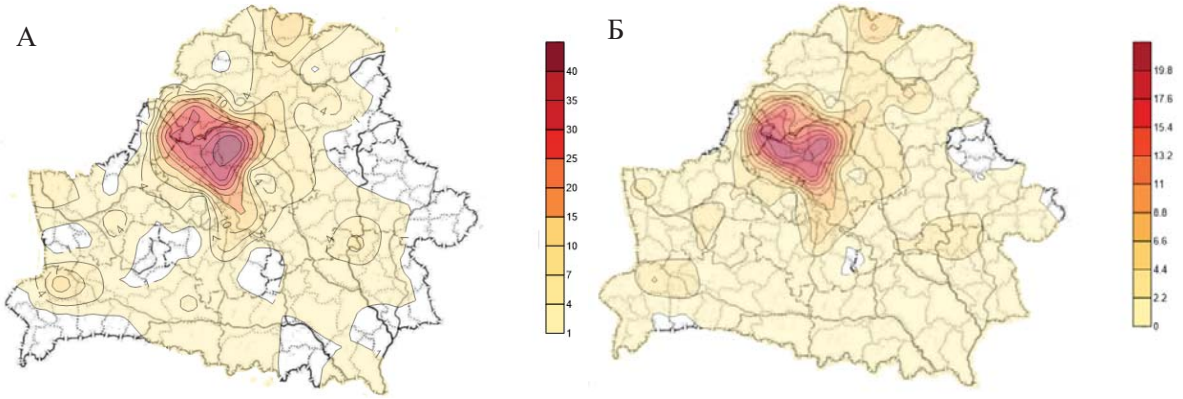


Рис. 26. Пространственная структура региональной популяции *Pulsatilla patens* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 26. Spatial structure of the regional population of *Pulsatilla patens* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

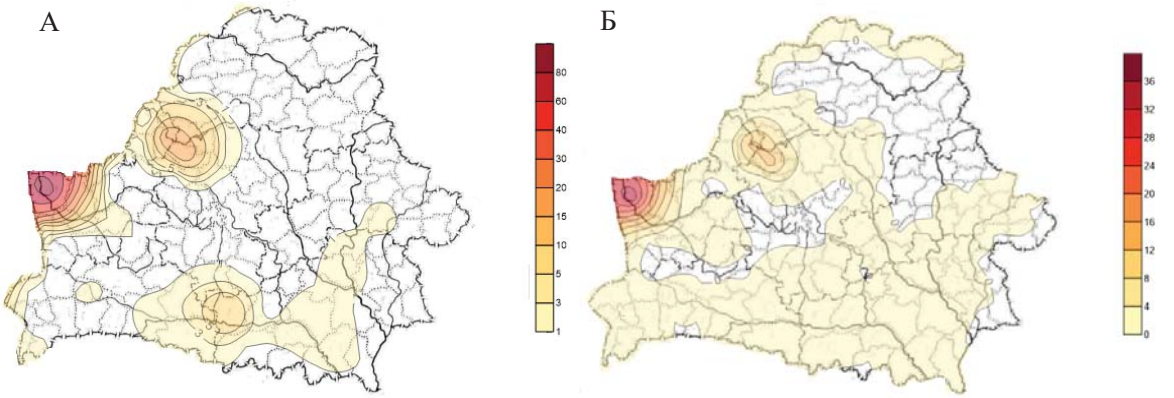


Рис. 27. Пространственная структура региональной популяции *Pulsatilla pratensis* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 27. Spatial structure of the regional population of *Pulsatilla pratensis* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Пространственная структура региональной популяции имеет сетчатый характер, однако центры распространения удалены друг от друга и миграционные связи относительно нарушены.

Trollius europaeus L. – Купальница европейская

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 126 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 49686 экземпляров, суммарная площадь популяций – 2,94 га. Ареал этого вида в Беларуси занимает почти всю территорию страны (рис. 28), однако ярко выраженный центр сосредоточения популяций находится в Мядельском районе (20 популяций).

Пространственная структура региональной популяции носит иерархический характер и устойчивость ее будет в большей степени зависеть от состояния периферийных популяций, особенно в Воложинском и Минском районах.

Veratrum lobelianum Bernh. – Чемерица Лобеля

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 116 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 725 экземпляров, суммарная площадь популяций – 1,34 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает южную и центральную части территории страны (рис. 29) с центрами распространения в Новогрудском (12 популяций), Минском (9), Малоритском (9) и Лельчицком (6) районах.

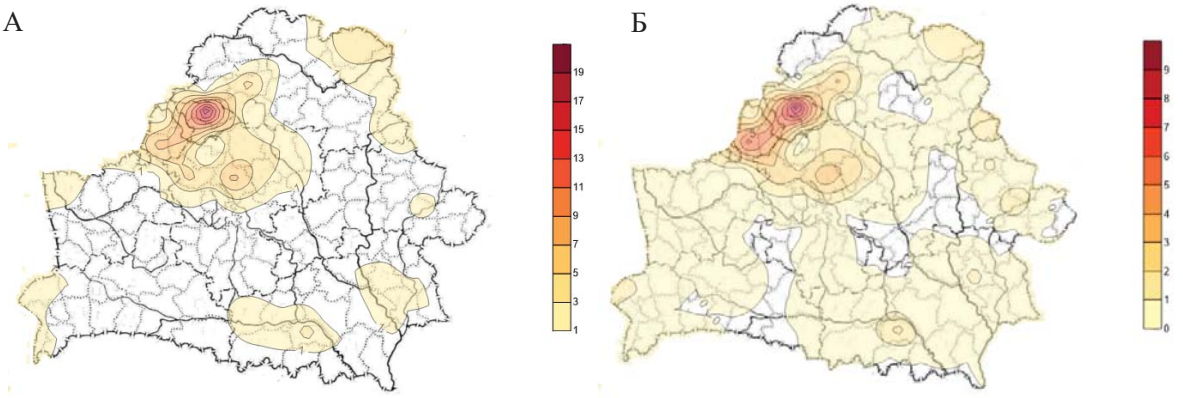


Рис. 28. Пространственная структура региональной популяции *Trollius europaeus* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 28. Spatial structure of the regional population of *Trollius europaeus* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

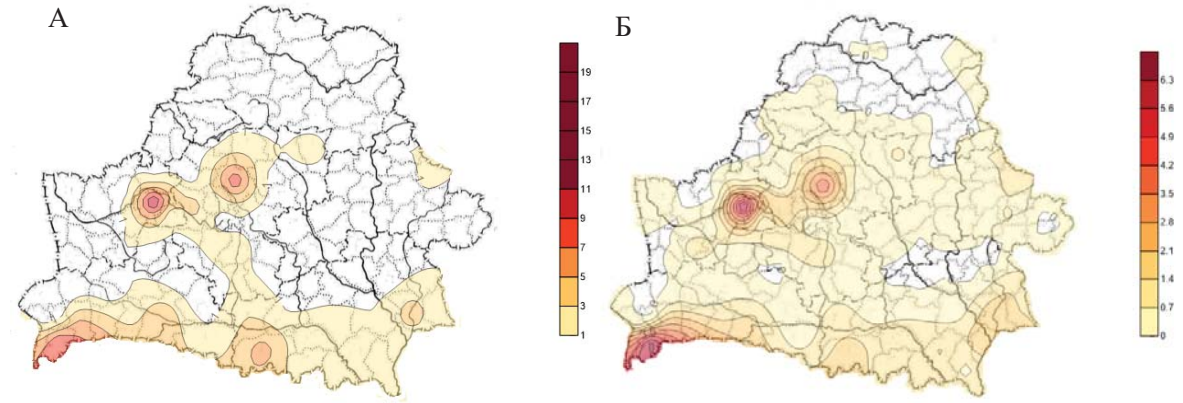


Рис. 29. Пространственная структура региональной популяции *Veratrum lobelianum* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 29. Spatial structure of the regional population of *Veratrum lobelianum* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Пространственная структура региональной популяции хотя и носит сетчатый характер, однако связанность локальных центров (особенно на Предполесской равнине) является ограниченной и недостаточна для обеспечения стабильности всей региональной популяции.

***Viola uliginosa* Bess. – Фиалка топяная**

В Государственном кадастре растительного мира Республики Беларусь учтено 157 популяций этого вида. Расчетная численность вида в Беларуси составляет около 80070 экземпляров, суммарная площадь популяций – 221,7 га.

Ареал этого вида в Беларуси занимает южную часть территории страны (рис. 30) с ярко выраженным центром распространения в Житковичском (36 популяций) и Солигорском (31) районах.

Пространственная структура региональной популяции носит ярко выраженный иерархический характер и устойчивость ее будет в большей степени зависеть от состояния периферийных популяций.

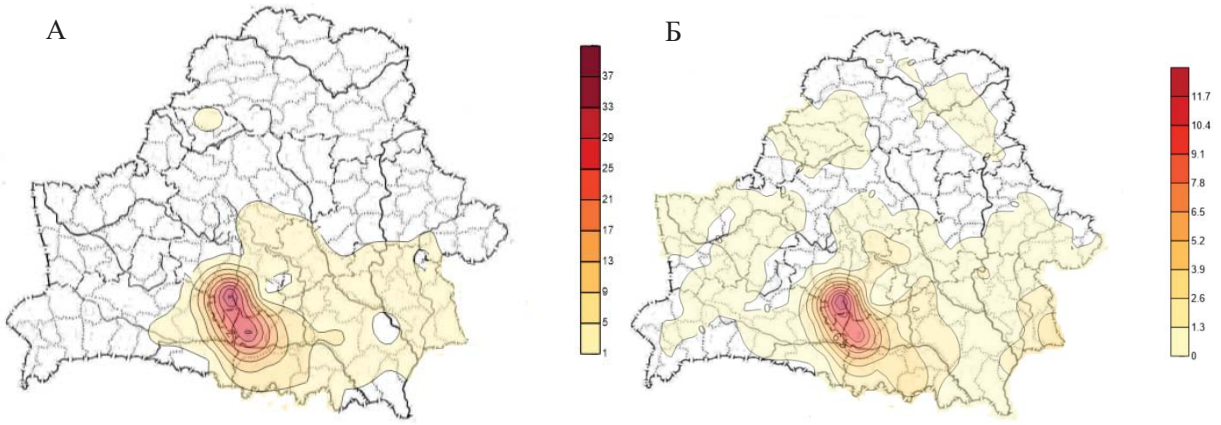


Рис. 30. Пространственная структура региональной популяции *Viola uliginosa* в Беларуси: А – количество популяций, Б – их плотность на 1000 км^2

Fig. 30. Spatial structure of the regional population of *Viola uliginosa* in Belarus: A – number of populations, B – their density per 1000 km^2

Заключение

Анализ распространения данных видов показывает, что иерархическая пространственная структура региональной популяции характерна для *Ajuga pyramidalis, Baeothryon alpinum, Corydalis cava, Gentiana cruciata, Laserpitium latifolium, Trollius europaeus, Viola uliginosa* и отчасти *Lathyrus linifolius, Melittis sarmatica, Pulsatilla patens.*

Сетчатая пространственная структура региональной популяции выявлена для *Allium ursinum, Arnica montana, Campanula latifolia, Dactylorhiza majalis, Dentaria bulbifera, Epipactis atrorubens, Gladiolus imbricatus, Huperzia selago, Iris sibirica, Lathyrus laevigatus, Lilium martagon, Linnaea borealis, Listera ovata, Oxycoccus microcarpus, Platanthera chlorantha, Polypodium vulgare, Pulsatilla patens, Veratrum lobelianum.*

Периферическая фрагментированная пространственная структура региональной популяции в той или иной степени присуща *Cephalanthera rubra, Melittis sarmatica, Potentilla alba* и отчасти *Corydalis cava, Gentiana cruciata, Polypodium vulgare.*

Определенный тип структуры пространственного распределения популяций, характер миграционных связей между локальными центрами напрямую влияют на устойчивость вида в регионе и как следствие должны учитываться при разработке практических мероприятий и планов действий по сохранению видов растений Красной книги.

Литература

1. Красная книга Белорусской ССР: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений / Гос. ком. БССР по охране природы, АН СССР, Белорус. о-во охраны природы ; [редкол.: В. А. Козлов (пред.) и др.]. – Минск : Белорус. Совет. Энцикл., 1981. – 286 с.

2. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывел і раслін / Дзярж. кам. Рэсп. Беларусь па экалогіі АН Беларусі ; [рэдкал.: А. М. Дарафееў (старш.) і інш.]. – Мінск : Беларус. Энцыкл., 1993. – 560 с.

3. Красная книга Республики Беларусь: растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды, Нац. акад. наук Беларуси ; [редкол.: Л. И. Хоружик (пред.) и др.]. – Минск : Беларус. Энцикл. им. П. Бровки, 2005. – 454 с.

4. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / М-во природ. ресурсов и охраны окруж. среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцикл. им. П. Бровки, 2015. – 445 с.

5. 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.

Поступила в редакцию 03.10.2022 г.

УДК 581.526.322

Е. В. МОЙСЕЙЧИК

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТРАСФОРМИРОВАННЫХ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА Р. ПРИПЯТЬ

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

Аннотация. В статье приведены результаты всестороннего анализа флоры прибрежных и водных растительных сообществ антропогенно измененных малых водотоков бассейна р. Припять в границах Республики Беларусь. Выделено гидрофильное ядро флоры макрофитов, включающее пять групп видов по степени верности водной среде. Виды, имеющие группу верности I–IV, отнесены к гидрофильному или «водному ядру» флоры, которое объединяет растения, способные пройти весь жизненный цикл в условиях избыточного увлажнения. В составе «водного ядра» флоры трансформированных водотоков отмечено 202 вида из 89 родов. В долготном диапазоне исследуемая флора макрофитов характеризуется доминированием европейско-азиатских и голарктических видов, в широтном диапазоне – бореальных видов. Среди биоморф по строению подземных органов, способности к вегетативному размножению и расселению отмечено 7 типов с преобладанием корневищных видов растений. Анализ экоморф гидрофильного ядра флоры водотоков по отношению к водному режиму показал доминирование видов гигрофильного ряда. По отношению к уровню трофности субстрата выявлено три группы экоморф, практически в равной степени участвующих в сложении водного ядра флоры. В спектре ацидоморф отмечена приблизительно равная степень участия ацидофилов и базофилов, что обусловлено слабокислой или нейтральной реакцией почвенного раствора аллювиальных дерновых (пойменных) почв. Среди гелиоморф отмечены гелиофитные виды сосудистых растений со значительным преобладанием группы облигатных гелиофитов, что связано с отсутствием хорошо развитого сомкнутого древесного яруса в пойме рек.

Ключевые слова: малые водотоки, сосудистые растения, таксономическая структура, экологические группы, гидрофильное ядро.

E. V. MOJSEJCHIK

MACROPHYTE VEGETATION FLORISTIC DIVERSITY IN TRANSFORMED SMALL WATERCOURSES OF THE PRIPYAT RIVER BASIN

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

Annotation. The study results and comprehensive analysis of the coastal and aquatic plant communities' flora of the Pripyat River basin anthropogenically modified small watercourses within the boundaries of Belarus given in the article. The macrophyte flora hydrophilic core has been identified, which includes V groups of species according to the aquatic environment fidelity degree. Species with fidelity I–IV groups are assigned to the hydrophilic or "aquatic" flora core, which combines plants that can go through the entire life cycle in excessive moisture conditions. There are 202 species from 89 genera were noted in the "aquatic" core of the transformed watercourses flora. In the longitudinal range, the studied macrophyte flora is characterized by the dominance of Euro-Asian and Holarctic species, in the latitudinal range – by Boreal species. Among the biomorphs, according to the structure of underground organs, the ability to vegetative reproduction and settlement, 7 types were noted with a predominance of rhizomatous plant species. Analysis of the hydrophilous core ecomorphs of the watercourses flora in relation to the water regime showed the dominance of the hygrophilous series species. In relation to the level of substrate trophicity, three groups of ecomorphs were identified, which are almost equally involved in the composition of the flora aquatic core. In the acidomorphs spectrum, an approximately equal degree of acidophiles and basophils participation was noted, which is due to the slightly acidic or neutral reaction of the alluvial soddy (floodplain) soils. Among the heliomorphs, mainly heliophyte vascular plants species were noted with a significant predominance of the obligate heliophytes group, which is associated with the absence of a well-developed closed tree layer in the river floodplain.

Keywords: small rivers, vascular plants, taxonomic structure, ecological groups, hydrophilic core.

Введение

При изучении разнообразия и динамики растительного мира последние несколько десятилетий все большее внимание уделяется выбору территории, в пределах которой будет проведена оценка состава и структуры флоры, которая должна быть инвентаризирована в естественных природных рубежах (например, физико-географических, ландшафтных, геоботанических единицах различного ранга), а не в политико-административных и/или других искусственных границах [1]. Большую популярность при изучении флоры (и природных ресурсов в целом) постепенно приобретает бассейновая концепция [2], согласно которой почти вся суша в геоморфологическом плане представляет собой макросистему бассейнов, каждый из которых имеет естественные природные границы. Физико-географическими особенностями территории бассейна определяется специфика экологических условий формирования биоты, что возводит бассейновый подход в ранг приоритетных при изучении флористического разнообразия территорий, подвергшихся, в том числе, и антропогенным воздействиям различной интенсивности. Белорусскими исследователями бассейновый подход при изучении флористического разнообразия в настоящее время используется довольно редко [1, 3, 4]. В этой связи представлялось актуальным использование бассейнового подхода для изучения флоры макрофитов бассейна р. Припять (территория Припятского Полесья) как с позиции большого теоретического интереса, так и практической значимости разработки комплексного подхода к охране флоры и растительности и их рационального использования [5, 6].

Цель нашего исследования – установить видовой состав прибрежных и водных растительных сообществ малых трансформированных водотоков бассейна р. Припять в пределах Республики Беларусь и провести его таксономический, географический и экологический анализ.

Материалы (объекты) и методы исследования

Полевые исследования прибрежной и водной растительности малых водотоков (протяжённостью до 100 км) бассейна р. Припять проведены нами в июле-августе 2007–2016 гг. (период максимального развития макрофитной растительности) детально-маршрутным методом [7].

Изучено 34 малых трансформированных водотока (рис. 1) на территории Припятского Полесья, которое представляет физико-географический округ в средней части Полесской провинции, расположенный на юге Беларуси.

При определении видовой принадлежности таксонов использовали ряд литературных источников [8–12]. Собрано свыше 2500 гербарных листов (в том числе и дублетов), которые хранятся в коллекционных сборах Национального гербария (MSK), а также в фондах Гербариев Гродненского государственного университета (GRSU), Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE) и Института биологии внутренних вод РАН (IBIW). Латинские названия таксонов приведены согласно базе данных «WFO. The World Flora Online» [13].

Разделение видов растений на топоэкологические группы по степени «верности» водным местообитаниям проведено по [14]. Для хорологического анализа нами использованы: данные Den vertuella floran [15] и классификация С. М. Панченко [16]. Классификация экоморф проведена согласно экологическим шкалам Х. Элленберга [17], Е. Ландольта [18] и Д. Н. Цыганова [19]. Биоморфологическая классификация видов проведена по Ю. Е. Алексееву [8], Т. В. Егоровой [20], И. Г. Серебрякову [21], Определителю высших растений Беларуси [11], Флоре БССР [22].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам флористических исследований в видовом составе прибрежной и водной растительности малых трансформированных водотоков нами выявлено 392 вида сосудистых растений из 196 родов, 69 семейств, 5 классов, 4 отделов. В их числе 4 вида хвощей (Equisetophyta), 6 видов папоротников (Polypodiophyta), 1 вид голосеменных (Pinophyta), 381 – цветковых (Magnoliophyta), из них 103 вида – представители класса Однодольные (Liliopsida) и 278 видов – класса Двудольные (Magnoliopsida). Среди выявленных видов отмечено 4 гибридогенных таксона – *Salix* x *rubra* Huds. (*Salix viminalis* x *purpurea*), *Salix* x *vaudensis* Schleich. (*Salix cinerea* x *myrsinifolia*), *Mentha* x *verticillata* L. (*Mentha arvensis* x *aquatica*), *Verbascum* x *incanum* Gaudin (*Verbascum nigrum* x *lychnitis*) [12].

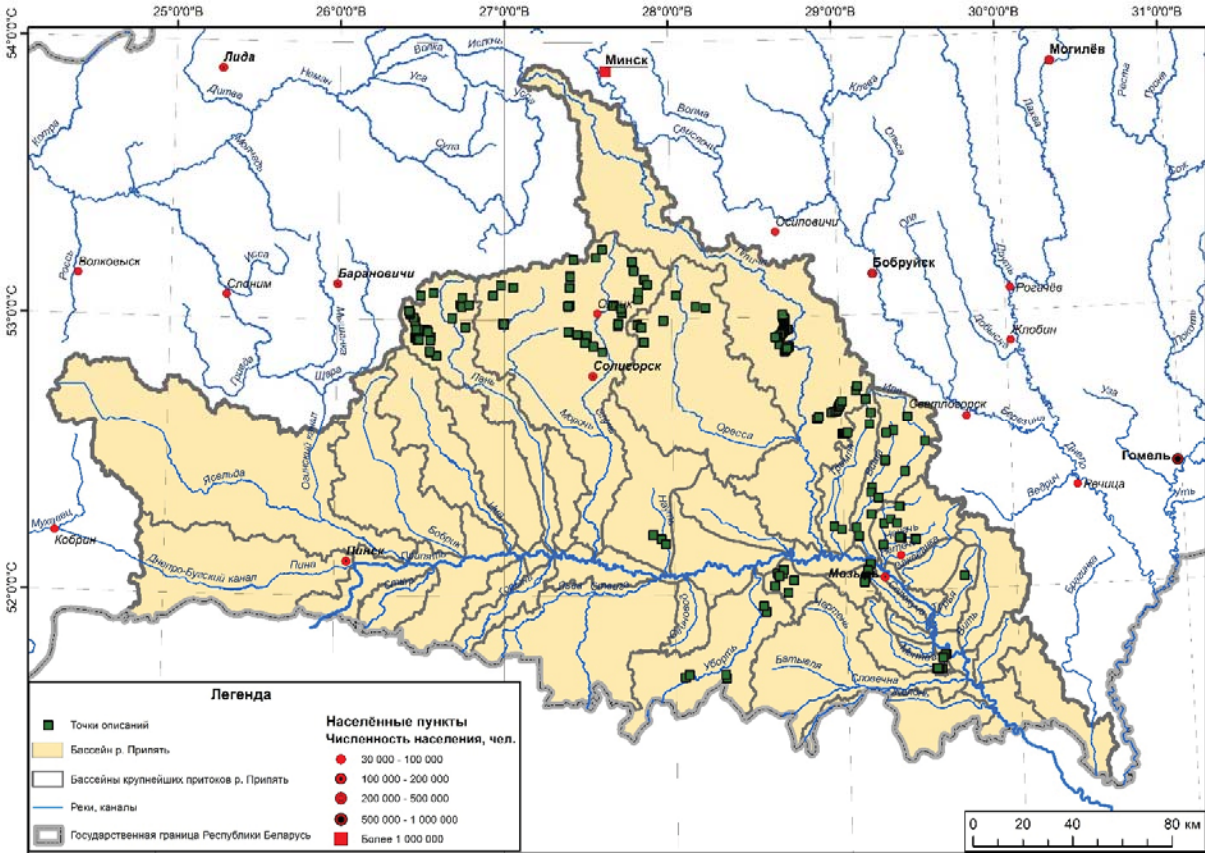


Рис. 1. Расположение объектов исследования

Fig. 1. The research objects location

Отмеченные в водных и прибрежных ценозах виды весьма отличаются по своим экологическим характеристикам: нами отмечены как истинно водные (облигатные по отношению к водной среде), так и случайные виды, в основном, мезофитного (реже ксерофитного) ряда. С целью структурирования состава флоры водотоков все отмеченные виды разделены на группы по степени «верности» водным местообитаниям [14]: I – исключительно (облигатно) водные (31 вид), II – пластично водные, или амфибийные, или земноводные (22 вида), III – прибрежные (46 видов), IV – влаголюбивые (103 вида), V – случайные (184 вида).

Группы с I по III составляют гидрофильное ядро флоры и включают в себя 99 видов. В дальнейший анализ включены и виды IV группы верности, т.к. в неё вошли мезогигрофиты и гигромезофиты, что составляет 202 вида (рис. 2). Таким образом, виды, имеющие группу верности I–IV, отнесены нами к гидрофильному, или «водному ядру» флоры, которое объединяет растения, способные пройти весь жизненный цикл в условиях избыточного увлажнения [23–27].

Почти половина видов (51%) относится к группе влаголюбивых растений (IV группа), для которых характерно произрастание в условиях достаточного и частично избыточного увлажнения. Гидрофильное ядро флоры водотоков состоит из видов, входящих в I–III группы верности и насчитывает 99 видов (или 49%) (рис. 2).

В составе «водного ядра» флоры трансформированных водотоков отмечено 202 вида из 89 родов, 48 семейств, 4 классов, что составляет 51,5% от всех выявленных видов растений и почти 12% от флоры сосудистых растений Беларуси [11]. Наиболее многочисленными в видовом отношении являются 10 семейств, на долю которых приходится 48,3% родового и 54,5% видового состава гидрофильного ядра флоры. Остальные семейства представлены 1–6 видами.

Самое крупное семейство слагающее гидрофильное ядро – Cyperaceae Juss. (табл. 1), что указывает на бореальный характер изучаемой флоры [28, 29] и характерно для аквафлоры Беларуси [30]. При этом значительное участие в сложении растительного покрова малых трансформированных рек семейств Asteraceae Dumort. и Poaceae Barnhart. в целом характерно и для республики [11, 31], и для Голарктического флористического царства [28].

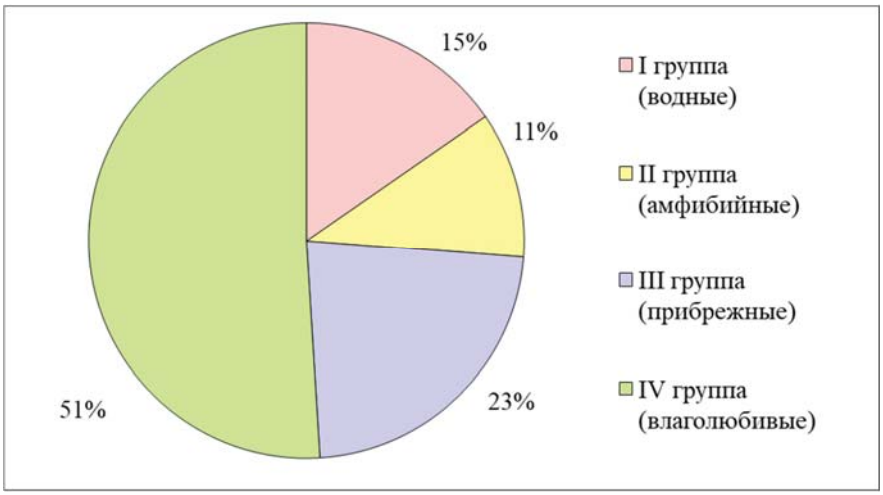


Рис. 2. Соотношение групп верности водным местообитаниям в составе гидрофильной флоры малых водотоков

Fig. 2. The group ratio according to the aquatic habitats fidelity in the composition of the small watercourses hydrophilic flora

Таблица 1. Количественное соотношение преобладающих семейств в составе гидрофильного ядра флоры малых водотоков

Table 1. The quantitative ratio of the predominant families in the flora hydrophilic core composition of the small rivers

Семейство / Family	Количество / Amount	
	видов / species	*родов / genera*
Cyperaceae	23	5
Poaceae	12	8
Ranunculaceae	12	5
Salicaceae	12	1
Asteraceae	11	5
Potamogetonaceae	11	2
Polygonaceae	8	2
Apiaceae	7	7
Lamiaceae	7	4
Juncaceae	7	4

Всего 10 видами представлены хвощевидные (4 вида) и папоротниковидные (6), а основное видовое разнообразие приходится на цветковые растения, из них 60,9% – на представителей класса Magnoliopsida и 39,1% на Liliopsida. Данное соотношение отличается от характерного для аквафлоры Беларуси (47,5% видов из класса Magnoliopsida и 52,5% – из класса Liliopsida) [30] более низким таксономическим участием однодольных видов растений и, вероятно, связано с большой долей участия влаголюбивых околоводных растений (отнесённых нами к IV группе верности водной среде обитания) в сложении прибрежных и водных фитоценозов малых трансформированных водотоков и мелиоративных каналов [32]. Из всех выявленных видов класса Liliopsida почти 70% входят в состав гидрофильного ядра флоры, что подтверждается гидрофильной линией эволюции, более характерной для представителей класса Liliopsida голарктических флор [33].

Среди родов ведущее положение занимают: *Carex* L. – 15 видов, *Salix* L. – 12 видов, *Potamogeton* L. – 10 видов, *Juncus* L. – 7 видов, *Ranunculus* L. – 6 видов, *Persicaria* Mill – 5 видов, по 4 вида в родах *Equisetum* L., *Lemna* L., *Bidens* L. и *Galium* L.; остальные рода содержат по 1–3 вида. Как видно из представленных ранее данных, для однодольных характерен максимальный охват гигрофильными видами всего разнообразия рода (*Carex*, *Potamogeton*, *Juncus*, *Lemna*). Состав ведущих родов и семейств флоры изучаемых водотоков в целом сходен с растительностью малых и средних рек умеренного климатического пояса [29].

На обследованных водотоках отмечены популяции 4 видов сосудистых растений, включённых в Красную книгу Республики Беларусь [34]:

1) *Hydrocotyle vulgaris* L. – щитолистник обыкновенный (I (CR) категория охраны);

2) *Berula erecta* (Huds.) Coville – берула прямая или сиелла прямостоячая (III (VU) категория охраны);

3) *Trapa natans* L. s.str. – водяной орех плавающий, чилим (III (VU) категория охраны);

4) *Salvinia natans* (L.) All. – сальвиния плавающая (IV (NT) категория охраны).

Кроме того, выявлены популяции 6 видов сосудистых растений, относящихся к списку растений и грибов, нуждающихся в профилактической охране [34]:

категория охраны LC

1) *Polemonium caeruleum* L. – синюха лазоревая, или голубая;

2) *Thalictrum aquilegifolium* L. – василисник водосборолистный;

3) *Bistorta officinalis* Delarbre – змеевик большой;

4) *Petasites hybridus* (L.) P. Gaertn., B. Mey. et Scherb.) – белокопытник гибридный, лекарственный;

категории охраны DD

5) *Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht. – рдест волосовидный;

6) *Potamogeton acutifolius* Roem. et Schult. – рдест остролистный;

Гидрофильное ядро флоры изучаемых водотоков представляет собой комплекс различных географических элементов: выделено 5 долготных и 4 широтные географические группы. В долготном диапазоне исследуемая флора характеризуется доминированием видов с широким ареалом: европейско-азиатские (40%) и голарктические виды (31%) (рис. 3), что характерно для географической структуры гигрофильных фитоценозов [29].

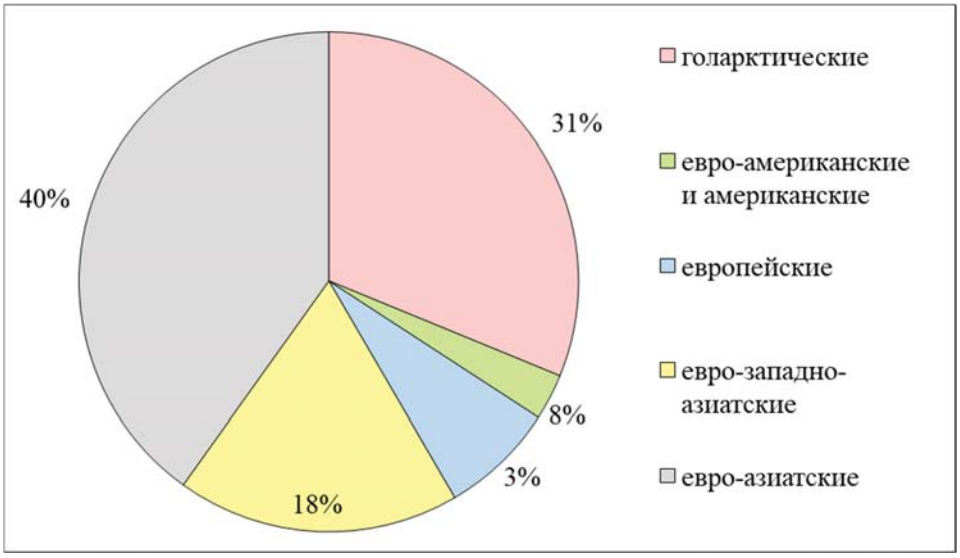


Рис. 3. Спектр геоэлементов (долготный диапазон ареалов)

Fig. 3. The geoelement ratio (longitudinal range of areas)

В широтном диапазоне ареалов значительно преобладает бореальная группа – 51% (рис. 4). Обширные ареалы большинства видов макрофитов обусловлены консервативностью водной среды обитания, что способствует формированию флоры сходного таксономического состава водотоков разного порядка и географической приуроченностью, и древностью водной флоры, способствующей расселению видов на большие расстояния [35].

Согласно морфологической классификации жизненных форм, виды растений, слагающие гидрофильное ядро водотоков, представлены четырьмя жизненными формам при значительном преобладании травянистых растений – 92,1% (как и во всей аквафлоре Беларуси [30]): травянистые растения (186 видов), деревья (6 видов), кустарники (8 видов), полукустарники (2 вида).

По продолжительности жизни, среди выявленных травянистых видов отмечено: 4 однолетника (2,2%), 22 двулетника (11,8%), 160 многолетников (86%).

Среди биоморф по строению подземных органов, способности к вегетативному размножению и расселению нами отмечено 7 типов (рис. 5) с преобладанием корневищных (67%) видов растений: 43% короткокорневищных и 24%

длиннокорневищных. Участие длиннокорневищных макрофитов в сложении растительного покрова реки связано с тем, что оптимальными местообитаниями для них являются достаточно влажные рыхлые и хорошо аэрируемые почвы. Представители данной биоморфы отличаются большой экологической пластичностью и адаптированы к временному понижению уровня воды, вплоть до обнажения субстрата, образуя наземные формы [36].

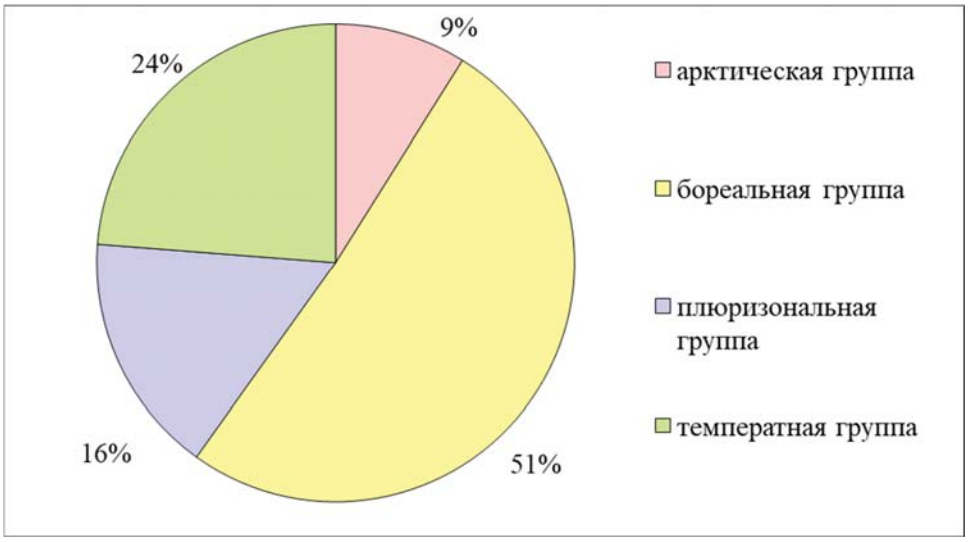


Рис. 4. Спектр геоэлементов (широтный диапазон ареалов)

Fig. 4. The geoelement ratio (latitudinal range of areas)

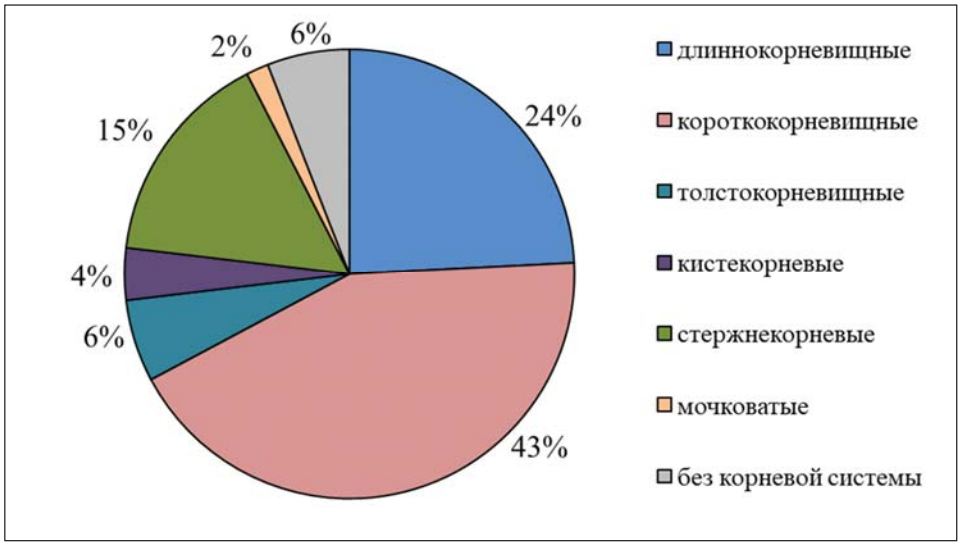


Рис. 5. Спектр жизненных форм травянистых растений по строению их подземных органов, вегетативному размножению и способу расселения

Fig. 5. The herbaceous plants life forms ratio according to the underground organs structure, vegetative reproduction and the settlement method

Короткокорневищные виды, адаптированные к произрастанию на участках с более плотными почвами [36]. Это характеризует исследованные нами биотопы околоводных и водных растений как мозаичные в эколого-ценотическом аспекте, сформированные под влиянием спрямления русла реки и сельскохозяйственной эксплуатации прилегающих территорий.

Высокая доля стержнекорневых (15%) видов сосудистых растений указывает на наличие хорошо проницаемых, обеспеченных кислородом почв, где нет застоя воды или длительного затопления в половодье [37].

Кистекорневые (4%) растения хорошо адаптированы к произрастанию на сырых, плохо аэрируемых тяжёлых почвах с высоким уровнем

увлажнения [37]. Данная биоморфа мало конкурентоспособна в исследованных биотопах, поскольку регулируемый водный режим и хозяйственная трансформация речного русла (включая усиление проточности) приводят к мезофитизации биотопов.

Группа растений с плавающими в толще воды корнями или без корней (6%) приурочена исключительно к обитанию в водной среде (кроме представителей рода *Callitriche* L.) и, в связи с этим, у них полностью и/или частично редуцирована корневая система [31].

Анализ экоморф гигрофильного ядра флоры водотоков по отношению к водному режиму показал наличие четырёх типов гидроморф, с доминированием видов гигрофильного ряда: общая доля участия гигрофитов и мезогигрофитов 50% (рис. 6). Гидрофильное ядро, непосредственно слагаемое гидрофитами и гелофитами, состоит из 1/2 части видов.

По отношению к уровню трофности субстрата выявлено три группы экоморф (рис. 7), которые практически в равной степени участвуют в сложении гигрофильного ядра флоры водотоков. Высокая доля олиготрофных видов обусловлена как наличием оголённых участков берегов после чистки русла реки, так и видами, предпочитающими обеднённые субстраты.

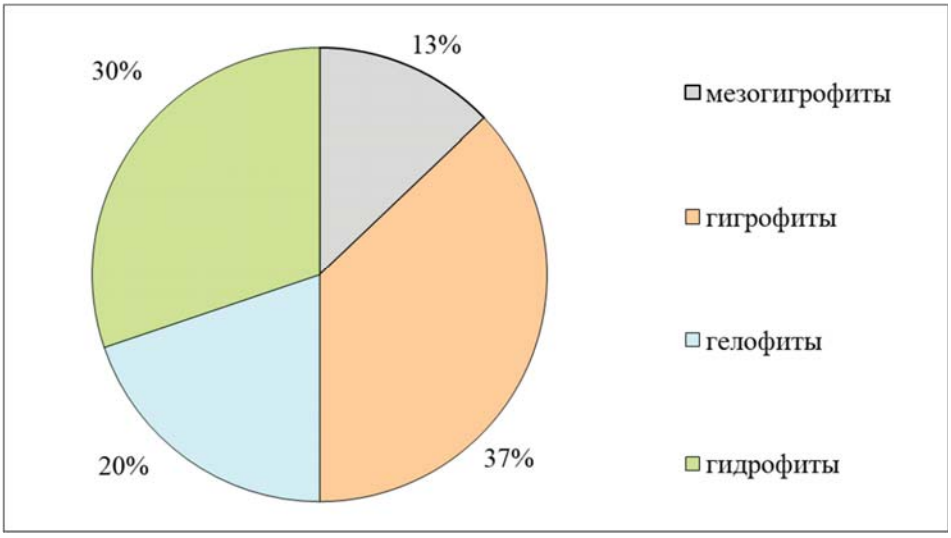


Рис. 6. Спектр гидроморф

Fig. 6. The hydromorph ratio

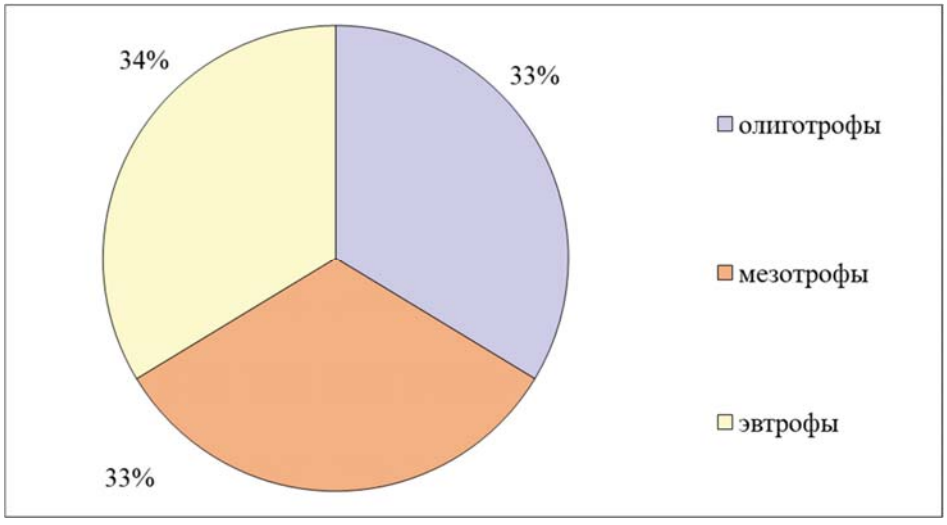


Рис. 7. Спектр трофоморф

Fir. 7. The trophomorph ratio

В спектре ацидоморф отмечено три группы, среди которых ацидофилы (40%) и базофилы (46%) представлены в приблизительно равной степени (рис. 8). Высокая доля участия ацидофильных видов в целом характерна для флоры Беларуси [30]. Значительное участие базофилов в сложении растительных сообществ водотоков обусловлено слабокислой или нейтральной реакцией почвенного раствора аллювиальных дерновых (пойменных) почв [38, 39].

Среди гелиоморф отмечены в основном гелиофитные виды сосудистых растений со значительным преобладанием группы облигатных гелиофитов – 77%, что обусловлено отсутствием хорошо развитого сомкнутого древесного яруса в пойме рек. Факультативные гелиофиты (27%) представлены видами невысоких цветковых растений, которые произрастают либо под пологом высоких злаков и осок, например *Lysimachia nummularia* L., *Stellaria palustris* Retz, *Sagina procumbens* L. и другие, либо в водной толще (например, виды родов *Potamogeton*, *Myriophyllum*).

Таким образом, среди экоморф гидрофильного ядра флоры малых водотоков растений наиболее распространёнными являются виды гигрофильного ряда увлажнения, предпочитающие открытые участки берегов с довольно плодородными слабокислыми или щелочными почвами.

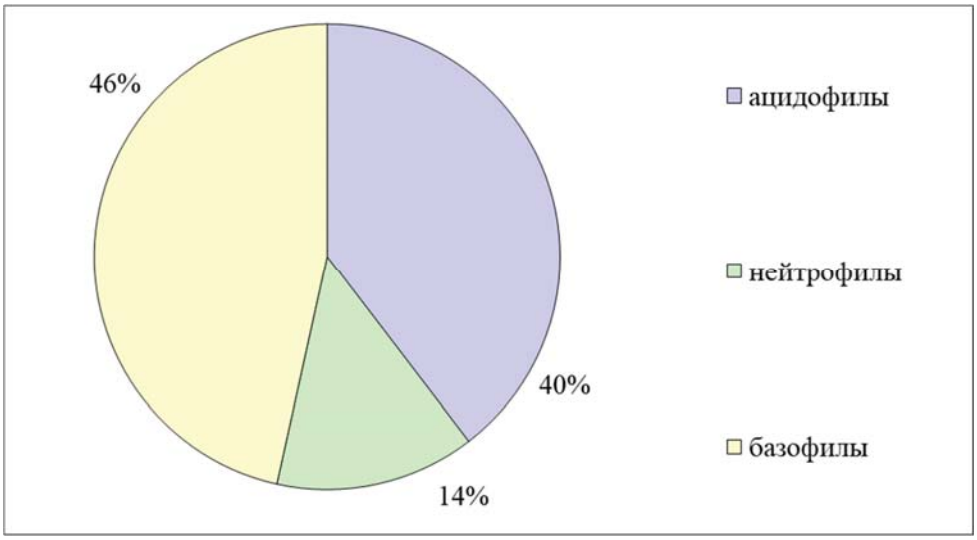


Рис. 8. Спектр ацидоморф

Fig. 8. The acidomorph ratio

Заключение

В результате проведённых флористических исследований прибрежных и водных фитоценозов трансформированных малых водотоков бассейна р. Припять выявлено 202 вида сосудистых растений из 89 родов и 48 семейств, слагающих «водное» ядро флоры. В долготном диапазоне доминируют таксоны с европейско-азиатским (40%) и голарктическим (31%) ареалом, а в широтном – бореальные (51%). Среди травянистых многолетников преобладают корневищные (67%) виды растений. В сложении флоры трансформированных водотоков доминируют гидрофитные (37% гигрофиты и 30% гидрофиты) виды.

Литература

1. Мялик, А. Н. Гетерогенность флоры Припятского Полесья (на примере бассейнов средних рек) / А. Н. Мялик // Веснік Палескага дзяржаўнага універсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2018. – № 1. – С. 77–83.

2. Шереметова, С. А. Применение бассейновой концепции при изучении флоры (на примере горной Шории) / С. А. Шереметова // Вестник Кемеровского гос. ун-та. – 2013. – № 2 (54), том 1. – С. 26–32.

3. Абрамова, И. В. Ясельда / И. В. Абрамова; под общ. ред. А. А. Волчека, И. И. Кирвеля, Н. В. Михальчука. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 416 с.

4. Мялик, А. Н. Эколого-биологическая структура аборигенной флоры бассейна реки Ясельды / А. Н. Мялик // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. – Минск: Колорград, 2017. – Выпуск 46. – С. 40–50.

5. Золотов, Д. В. Флора бассейна реки Барнаулки и ее охрана: автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.05 / Д. В. Золотов. – Барнаул, 2004. – 19 с.

6. Парфёнов, В. И. Проблемы использования и охраны растительного мира Белоруссии / В. И. Парфенов. – Мн., Наука и техника, 1978. – 104 с.

7. Ипатов, В. С. Методы описания фитоценоза / В. С. Ипатов. – СПб.: СПбГУ, 2000. – 89 с.

8. Алексеев, Ю. Е. Осоки (морфология, биология, онтогенез, эволюция) / Ю. Е. Алексеев. – М.: Аргус, 1996. – 251 с.

9. Лисицына, Л. И. Флора водоемов волжского бассейна / Л. И. Лисицына, В. Г. Папченков, В. И. Артеменко. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 320 с.

10. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П. Ф. Маевский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 600 с.

11. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Мн., 1999. – 472 с.

12. Цвелёв, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) Н. Н. Цвелев. – СПб.: Издательство СПХФА, 2000. – 781 с.

13. WFO (2022: World Flora Online [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.worldfloraonline.org/.

14. 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.

15. Den vertuella floran [Electronic resource]: Naturhistoriska riksmuseet 1997. – Senaste uppdatering: 16 oktober 2008. – Mode of access: http://linnaeus.nrm.se/flora/welcome.html.

16. Панченко, С. М. Флора національного пріродного парку “Деснянско-Старогутській” та проблемі охороні фіторізноманіття Новгород-Сіверского Полісся : монографія / С. М. Панченко ; за заг. ред. д.б.н. С. Л. Мосякіна. – Суми, 2005. – 170 с.

17. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Gottingen, 1992. – 282 s.

18. Landolt, E. Valeurs ecologiques liste alphabetique / E. Landolt. – Universite de Geneve, 1984. – 82 s.

19. Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.

20. Егорова, Т. В. Осоки (Carex L.) России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / Т. В. Егорова; ответственный редактор А.Л. Тахтаджян. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия; Сент-Луис: Миссурийский ботанический сад, 1999. – 772 с.

21. Серебряков, И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И. Г. Серебряков // Полевая геоботаника / И. Г. Серебряков. – М., Л., Наука, 1964. – Т. 3. – С. 146–208.

22. Флора БССР Т. IV / под ред. М. П. Томина. – Мн., Издательство АН БССР, 1995. – 528 с.

23. Щербаков, А. В. Флора водоёмов Московской области: дис. … канд. биол. наук // Щербаков Андрей Викторович. – М, 1991. – 481 с.

24. Щербаков, А. В. Изучение и анализ региональных флор водоемов / А. В. Щербаков // Гидроботаника : Методология, методы: Материалы шк. по гидроботанике (8–12 апр. 2003, Борок). – Рыбинск, Рыбинский Дом печати, 2003. – С. 56–69.

25. Щербаков, А. В. Что такое «водное ядро флоры» и зачем нужен этот термин? / А. В. Щербаков // Гидроботаника-2005: Материалы IV Всерос. шк.-конф. по водным макрофитам (11–16 окт. 2005, Борок). – Рыбинск, Рыбинский Дом печати, 2006. – С. 25–26.

26. Щербаков, А. В. Трудности анализа региональных флор водоемов и пути их преодоления / А. В. Щербаков, В. Н. Тихомиров // Бюл. МОИП отд. биол. – 1994. – Т. 99, вып. 4. – С. 83–87.

27. Папченков, В. Г. Основные гидроботанические понятия и сопутствующие термины / В. Г. Папченков, А. В. Щербаков, А. Г. Лапиров // Гидроботаника: Методология, методы: Материалы шк. по гидроботанике (8–12 апр. 2003, Борок). – Рыбинск, Рыбинский Дом печати, 2003. – С. 27–38.

28. Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботанический журнал. – 2000. – Т. 85, № 5. – С. 1–11.

29. Чемерис, Е. В. Растительный покров истоковых ветландов Верхнего Поволжья / Е. В. Чемерис. – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2004. – 158 с.

30. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Н. В. Вынаев: под общ. ред. Г. С. Гигевич. – Мн.: БГУ, 2001. – 231 с.

31. Козловская, Н. В. Флора Белоруссии, закономерности её формирования, научные основы использования и охраны / Н. В. Козловская. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 128 с.

32. Селевич, Т. А. Надо ли изучать растительный покров мелиоративных каналов Беларуси? / Т. А. Селевич, О. Р. Счежик // Актуальные проблемы экологии: материалы VII Международной научно-практической конференции (Гродно, 26–28 октября 2011 г.). – Гродно, ГрГМУ, 2011. – С. 47–48.

33. Кузьмичев, А. И. Гигрофильная флора юга-запада Русской равнины и её генезис/ А. И. Кузьмичев. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 215 с.

34. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений растения / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфёнов [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.

35. Шадрина, Н. В. Флора водоёмов Западно-Казахстанской степной провинции: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Н. В. Шадрина. – Алматы, 2007. – 26 с.

36. Зарубина, Е. Ю. Гигрофильная флора и её роль в индикации состояния водных экосистем (на примере бассейна Верхней Оби и области замкнутого стока Кулудинской низменности) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 11.00.11 / Е. Ю. Зарубина. – Барнаул, 1999. – 20 с.

37. Санько, П. М. Естественные луга Беларуси, их характеристика и оценка / П. М. Санько. – Минск: Наука и техника, 1983. – 247 с.

38. Смеян, Н. И. Агропроизводственная группировка почв Белорусской ССР / Н. И. Смеян // Почвы Белорусской ССР // Н. И. Смеян, И. Н. Соловей. – Мн.: Ураджай, 1974. – С. 230–233.

39. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства: учебное пособие / Т. П. Марчик, А. П. Ефремов. – ГрГУ, 2006. – 249 с.

Поступила в редакцию 22.09.2022 г.

УДК 582.273

В. Н. ПЕТРОВ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПРОГНОЗНАЯ ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИДА КРАСНОЙ ВОДОРОСЛИ *PALUDICOLA TURFOSA (BORY) M.L. VIS & NECCHI* НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

Аннотация. В работе представлена информация об обнаруженных местонахождениях пресноводной красной водоросли *Paludicola turfosa* (Bory) M.L.Vis & Necchi на территории Республики Беларусь. В дополнение к ранее известным находкам приводится информация еще о восьми впервые выявленных в 2017–2022 гг. местонахождениях на территории страны. В основном, описанные находки приурочены к дистрофным условиям водоемов верховых болот Витебской и Гродненской областей. Обсуждается проблема видов-двойников *P. turfosa*, для решения которой обосновывается необходимость проведения дополнительных генетических исследований. Проведено прогнозирование вероятных новых местонахождений данного вида в границах Республики Беларусь в соответствии с его экологическими предпочтениями.

Ключевые слова: пресноводные красные водоросли, видовое богатство, дистрофные условия, виды-двойники, Красная книга.

V. N. PETROV

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS, DISTRIBUTION AND PREDICTIVE EXTRAPOLATION OF PROPAGATION OF RED ALGA SPECIES *PALUDICOLA TURFOSA (BORY) M.L. VIS & NECCHI* ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

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

Annotation. The article presents information about the discovered localities of the freshwater red alga *Paludicola turfosa* (Bory) M.L.Vis & Necchi in the territory of the Republic of Belarus. In addition to previously known finds, information is provided on eight more first discovered in 2017–2022 locations throughout the country. In the main, the described finds are confined to the dystrophic conditions of the reservoirs of raised bogs in the Vitebsk and Grodno regions. The problem of twin species of *P. turfosa* is discussed, for the solution of which the need for additional genetic studies is substantiated. The probable new localities of this species within the boundaries of the Republic of Belarus were predicted in accordance with its ecological preferences.

Keywords: freshwater red algae, wealth of species, dystrophic conditions, twin species, Red Data Book.

ВВЕДЕНИЕ

Rhodophyta Wettstein или Красные водоросли (багрянки) – отдел, объединяющий более 7400 одноклеточных и многоклеточных, в основном морских и фотосинтезирующих эукариотических организмов [1, 2]. Из общего числа красных водорослей известно около 200 пресноводных видов и внутривидовых таксонов и только около 60 из них приходится на Европу [2]. Большинство пресноводных видов обитает в проточных водах, но некоторые встречаются в озерах, на влажной почве, в прудах или в горячих источниках [2]. Видовое богатство красных водорослей таких стран севера Европы как Швеция и Финляндия несколько выше (27 и 28 таксонов соответственно), чем в западной, центральной и южной ее частях (Австрия – 23, Бельгия – 22, Венгрия – 9, Испания – 20, Словакия – 15, Швейцария – 12) [2, 3].

В Республике Беларусь выявлено всего 5 видов из отдела Rhodophyta: *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J.Agardh, *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle (=*Batrachospermum moniliforme* Roth), *Paludicola turfosa* (Bory) M.L.Vis & Necchi, *Porphyridium aerugineum*

Geitler, *Porphyridium purpureum* (Bory) K.M.Drew & R.Ross. Это значительно меньше, чем в сопредельных странах [4, 8]. В Латвии количество пресноводных видов и внутривидовых таксонов красных водорослей составляет 19, Литве – 12, Польше – 22, России – 22, Украине – 25 [2,3,6–11]. Такое низкое разнообразие представителей отдела Rhodophyta, выявленное в Республике Беларусь по сравнению с соседними странами, можно объяснить тем, что почти все находки носят случайный характер, и плановых работ, направленных на выявление видового богатства красных водорослей и поиск новых мест обитания уже обнаруженных видов, не проводилось.

Paludicola Necchi & M.L.Vis & Necchi – род пресноводных красных макроводорослей, возведенный из секции *Turfosa* в ранг рода в 2020 г. по результатам филогенетического анализа с использованием rbcL и COI-5P последовательностей [12]. На сегодняшний день представлен 15 видами, зарегистрированными в Азии, Европе, Северной и Южной Америке [10, 12]. Виды рода *Paludicola* предпочитают воды с кислым и слабокислым значением pH (4,2–6,7), низкой электропроводностью (15–58 μS cm^{-1}), температурным диапазоном в пределах 7–15°C (реже выше 20°C), с градиентом цвета от прозрачного со слабожелтым оттенком до темно-коричневого [12]. Встречаются в спокойных или умеренно текущих водах, прудах или ручьях прикрепленными к макрофитам или каменистому субстрату, на открытых или частично затененных участках [12]. *Paludicola turfosa* (Bory) M.L.Vis & Necchi – единственный представитель этого рода, впервые обнаруженный в Республике Беларусь нами в 2016 г. на территории республиканского заказника "Ельня" в озерах Большое и Курганистое и был описан под уже устаревшим видовым названием *Batrachospermum turfosum* Bory [5, 7].

Материалы (объекты) и методы исследования

Материалом для данной работы послужили слоевища *P. turfosa*, отобранные с 2017 по 2022 гг. в ходе экспедиций по ряду верховых болот Республики Беларусь. Активная реакция воды замерялась портативным pH-метром HANNA HI83141, электропроводность – кондуктометром HANNA HI 9033, прозрачность была установлена с использованием диска Секки. Собранный материал фиксировался в 3 %-м растворе формалина или спирте. Идентификация видовой принадлежности отобранных образцов проводилась по ряду определителей, монографий и статей [2,6,11–13]. Просмотр временных препаратов и их фотографирование проводили на световом микроскопе Nikon ECLIPSE E200 с использованием объективов Nikon E Plan 4x0.10, Nikon 10X/0.25, Nikon 40X/0.65, Nikon 100X/1.25 Oil и цифровой камеры Nikon DS-Fi3 (полученные снимки представлены на рис. 1 Б–Д).

Результаты и их обсуждение

Отобранные нами образцы почти полностью соответствуют описаниям, приведенным в работах 2020 и 2022 гг. M. L.Vis с соавторами: слоевища *P. turfosa* псевдодихотомически разветвленные; мутовки редуцированные, обратноконические, бочкообразные, сливающиеся, в более старых частях слоевища становятся нечеткими, диаметром 238–375 мкм; первичные пучки прямые, цилиндрические, эллипсоидальные клетки, переходящие в обратнояйцевидные на концах с (3) 5–8 ярусами клеток; вторичные пучки обильные, покрывают все междоузлия на протяжении большей части слоевища; «кора» главной оси состоит из двух или трех слоев рыхло расположенных нитей; сперматангии шаровидные, терминальные или субтерминальные на первичных и вторичных пучках, диаметром 7–10 мкм; карпогонии, карпоспорофиты и карпоспорангии отсутствуют [12, 13].

Среди наших образцов были обнаружены стерильные слоевища и со сперматангиями (см. рис. 1 Б–Д). Слоевища имели ярко-зеленый цвет, некоторые из них, вероятно наиболее старые, в местах прикрепления к субстрату окрашены в буровато-коричневые оттенки. Талломы обрастали погруженные в воду водоемов и водотоков корни прибрежных кустарничков и травянистых растений, ветви и стволы упавших в воду деревьев свободно лежали на поверхности визуального дна, представленного сапропелем или рыхлым торфом (рис. 1 А). Наиболее крупные талломы достигали около 12 см в диаметре, встречались в озерах на глубине 15–20 см и обычно располагались ближе к центру сформированной ими на корнях «гирлянды», напоминающей цепочку из кистевидных наростов. Неприкрепленные талломы достигали в диаметре около 5 см, были отмечены единично как в озерах, так и в одной протоке на глубине от нескольких сантиметров до двух метров.

На сегодняшний день для *P. turfosa* в Беларуси выявлено 10 местообитаний в девяти озерах

и одной протоке из 3 районов Витебской и одного района Гродненской областей. Местонахождения: Витебская обл., Городокский р-н, заказник республиканского значения «Корытенский мох», озера Азароново и Чистик. Миорский р-н, заказник республиканского значения «Ельня», озера Большое, Ельня, Курганистое, Окнистое, Сухое, безымянная протока у конечной стоянки экологической тропы «Озеравки», соединяющая озерки западной части болота. Заказник республиканского значения «Болото мох» озеро Черное. Обстерновская группа озер, озеро без названия у СЗ берега озера Обстерно (первое у съезда с дороги Полоцк–Браслав 55°37'10.1"N 27°20'27.8"E). Шумилинский р-н, заказник республиканского значения «Козьянский» безымянное озерко ближайшее к ЮЗ границе озера Рассолай (55°26'39.8"N 29°17'38.0"E). Гродненская обл., Лидский р-н, заказник республиканского значения «Докудовский», озеро Лебединое.

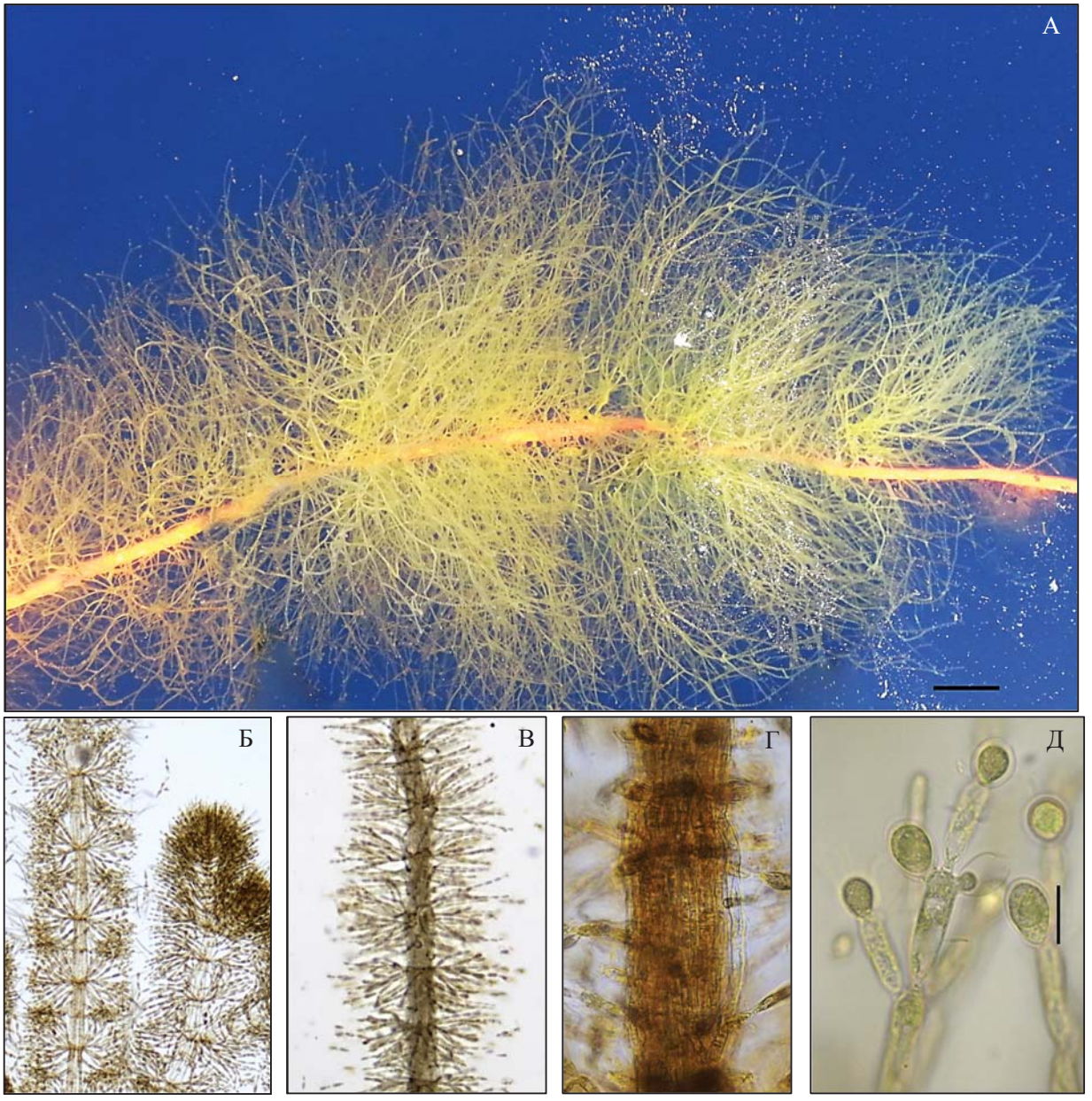


Рис. 1. Внешний вид и особенности строения *P. turfosa*

Fig. 1. Appearance and structural features *P. turfosa*

А – внешний вид слоевища (цена деления равна 1 см), Б – сливающиеся бочковидные мутовки в средней и верхушечной частях слоевища (увеличение х 40), В – сливающиеся мутовки (увеличение х 100), Г – главная ось с рыхло расположенными нитями «коры» (увеличение х 400), Д – сперматангии на кончиках пучков (увеличение х 1000, цена деления равна 10 мкм).

Слоевища *P. turfosa* были обнаружены в высокоцветных водах болотных озер с прозрачностью воды около метра, низким значением pH – от 2,68 до 5,58 и электропроводности от 9,5 до 34,8 µS (табл. 1). Согласно классификации генетических типов озер Беларуси, приводимой Якушко О.Ф., представленные водоемы относятся к дистрофирующим озерам II подтипа [13]. Основу их питания составляют атмосферные осадки, а также болотные воды, несущие большое количество гуминовых кислот, что служит причиной низкой электропроводности, кислой реакции и низкого показателя трофности воды [13].

Привлекает внимание озеро без названия (см. табл. 1) из Обстерновской группы озер, расположенное в 200 м к СЗ от озера Обстерно. Это небольшое изолированное озеро площадью около 0,01 км^2 расположено в котловине между песчаными холмами высотой до 10 метров, поросшими сосной и березой. Берега торфяные, частично заросшие сплавинами, с высотой берега около 15–20 см, глубина у берега до 1,2 м, поверхность дна покрыта рыхлым слоем хвои толщиной около 30 см, вода имела цвет насыщенного чая, показатель pH воды составил 5,58. Первая находка *P. turfosa* для этого озера была совершена в июне 2019 г. Слоевища, достигавшие размера 10 см, обильно обрастали потонувшие деревья и погруженные в воду многолетние части прибрежных растений. В июне 2022 г., одиночные, редко встречающиеся, еле заметные нити слоевищ (до 3 см в длину) *P. turfosa* были обнаружены в прибрежном участке на крупных включениях оголенного торфа. Уровень воды в этом озере был на 15–20 см выше зафиксированного ранее (в 2019 г.), показатель электропроводности (µS) составил 271 cm^{-1}, а pH вырос до 6,6. Последние данные свидетельствуют о значительном изменении характеристик воды, в результате которого вид *P. turfosa* оказался за границей предела выносливости, что в скором времени может привести к его выпадению в этом озере. Вероятно, в результате повышения уровня воды озера Обстерно, вызванного продолжительными осадками, произошло попадание её значительного объема в расположенное рядом безымянное озеро, что и могло повлиять на изменение гидрохимических свойств воды последнего.

Таким образом, представленные в данной работе находки *P. turfosa* сопряжены с дистрофными условиями исследованных водоемов и в подавляющем большинстве случаев приурочены к верховым болотам, распределенным на территории республики Беларусь крайне неравномерно. Основная часть верховых болот сосредоточена в Дисненской и Полоцкой низинах Витебской области, Среднеприпятской, Ясельдинско-Слуцкой низинах Брестской области, а также на Центрально-Березинской, Пуховичской и Бобруйских равнинах Минской и Могилевской областей [15]. Однако не все верховые болота, находящиеся на вышеперечисленных типах рельефа, соответствуют экологическим условиям, предъявляемыми *P. turfosa*. Только наличие постоянных водоемов (озер, озерков) или водотоков (каналов, проток), наполняемых дождевой и болотной водой с низким значением pH и электропроводности может служить косвенным признаком, говорящем о возможном присутствии в верховом болоте *P. turfosa*. Например, помимо уже указанных в данной работе местонахождений, схожими характеристиками обладают следующие верховые болота: Морочно (Брестская область); Жада, Лебединый мох, Мошно, Освейское, Пострежское, Сервечь, Юховичский Мох (Витебская область); болото Острова Дулебы (Могилевская область) [15, 16].

Таблица 1. Гидрохимические характеристики озер

Table 1. Hydrochemical characteristics of lakes

Дата сбора образцов	Название озера	pH	µS $^{cm-1}$	Прозрачность воды в месте отбора проб, м
27.06.2017	Курганистое	3,37	20,9	0,8
17.05.2018	Большое	4,14	26,5	1 (до дна)
06.08.2018	Ельня	4,71	22,3	0,5
07.08.2018	Сухое	2,68	25,7	0,35 (до дна)
10.06.2019	Черное (болото Мох)	3,60	-	1
13.06.2019	озеро без названия рядом с озером Обстерно	5,58 6,60	- (2019) 271(2022)	1,2 (до дна)
26.08.2020	Азароново	5,40	9,5	1,4
26.08.2020	Чистик	4,9	14,1	0,8
18.07.2022	Лебединое (заказник Докудовский)	4,69	35,0	0,6

Для ряда представителей рода *Paludicola* в процессе определения их видовой принадлежности по морфологическим признакам существует проблема видов-двойников, частично решаемая информацией о географии сбора: *P. communis* M.L.Vis & Necchi – отдельные страны С. и Ю. Америки, *P. leafensis* M.L.Vis & Necchi – С. Америка (США), *P. groenbladii* M.L. Vis, Necchi & P.Eloranta – Европа (Финляндия и Польша), *P. keratophyta* (Bory) M.L.Vis & Necchi – некоторые страны Европы и Ю. Америки, *P. turfosa* – основная часть находок локализована в Европе, но есть и подтвержденные сборы в С. Америке (США) [12]. Вышеприведенные виды можно однозначно отличить друг от друга основываясь на данных о последовательности их ДНК [12]. В образцах *P. turfosa*, отобранных на территории Республики Беларусь, могут оставаться незамеченными его виды-двойники: *P. keratophyta* и *P. groenbladii*. Таким образом, вопрос видового богатства рода *Paludicola* в Республике Беларусь требует проведения генетических исследований.

P. turfosa внесена в списки Красных книг некоторых соседних государств под уже устаревшими синонимичными названиями: *Batrachospermum turfosum* Bory в Российской Федерации (4-я категория природоохранной значимости в Красной книге Московской области, 3-я – Вологодской области, 4-я – Республики Мордовия; как вид 3-й категории рекомендован для внесения в Красную книгу Калининградской области) и *Batrachospermum vagum* (Roth) C. Agardh в Польше (категория «R», соответствует 4-й категории природоохранной значимости Красной книги Республики Беларусь) [7, 17–21].

Заключение

Видовое богатство красных водорослей в составе альгофлоры Беларуси на сегодняшний день ограничивается всего 5 видами, уступая в два и более раз сопредельным странам, что предполагает находки новых для страны видов и родов этой группы водорослей.

Вид *Paludicola turfosa* обнаружен в 10 местообитаниях, приуроченных к дистрофным условиям водоемов и одного водотока. Ожидаются находки новых местонахождений, соответствующие его экологическим предпочтениям. Наличие видов-двойников внутри рода *Paludicola* определяет необходимость проведения генетического исследования с целью их выявления на территории Республики Беларусь. Основываясь на имеющихся данных о невысокой частоте встречаемости водных объектов, полностью соответствующих специфическим требованиям к условиям местообитания *Paludicola turfosa* и недостатке информации, касающейся её видов-двойников, можно рекомендовать этот вид для внесения в список видов дикорастущих растений и грибов, нуждающихся в профилактической охране.

Литература

1. Su Yoon, H. Debashish Bhattacharya. Rhodophyta / Hwan Su Yoon [et al.] // Handbook of the Protists. – 2nd ed. – Cham: Springer Nature, 2017. – P. 89–134.

2. Necchi, O. River Algae / O. Necchi. – Cham: Springer Nature, 2016. – 279 p.

3. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 4. – С. 1–309.

4. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск: Изд-во БГУ, 1999. – 396 с.

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

6. Виноградова, К. Л. Зеленые водоросли. Классы Сифонокладовые, Сифоновые. Красные водоросли. Бурые водоросли / К. Л. Виноградова [и др.] // Определитель пресноводных водорослей СССР. – 1980. – Вып. 13. – Л.: Наука. – 248 с.

7. Algae Base [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.algaebase.org. – Дата доступа: 19.10.2022.

8. Vitonytė, I. Phytobenthos in Lithuanian rivers and its employment for the assessment of ecological status of the rivers: summary of doctoral dissertation: biomedical sciences. – Vilnius, 2014. – 41 p.

9. Kostkevičienė, J. New data on red algae species *Audouinella hermanii* and *Chroodactylon ornatum* in Lithuania / J. Kostkevičienė, I. Vitonytė // Botanica Lithuanica. – 2008. – V. 14(3). – P. 171–175.

10. Kwandrans, J. Diversity of freshwater red algae in Europe / J. Kwandrans, P. Eloranta // Oceanological and Hydrobiological Studies. – 2010. – Vol. 39, N 1. – P. 161–169.

11. Vis, M. L. *Batrachospermum keratophytum* Bory emend. Sheath, Vis et Cole a new freshwater red algal species for Ukraine / M. L. Vis, D. A. Kapustin // Algologia. – 2009. – V. 19 (2). – P. 226–229.

12. Vis, M. Paludicola gen. nov. and Revision of the Species Formerly in Batrachospermum Section Turfosa (Batrachospermales, Rhodophyta) / M. Vis [et al.] // Journal of Phycology. – 2020. – P. 844–861.

13. Vis, M. L. Freshwater Red Algae / M. L. Vis, O. J. Necchi. // Phylogeny, Taxonomy and Biogeography. – 1 ed. – Cham: Springer Nature, 2022. – V. 1. – 338 p.

14. Якушко О. Ф. Озероведение: География озёр Белоруссии: учебн. пос. для геогр. спец. вузов. – Мн.: Вышэйш. шк.,1981. – 223 с.

15. Флора и растительность верховых болот Беларуси / Н. А. Зеленкевич [и др.] – Минск: СтройМедиа-Проект, 2016. – 244 с.

16. Свирид, А. А. Диатомовая флора дистрофного озера Пострежское (Березинский биосферный заповедник) / А. А. Свирид // Ботанический журнал. – Т. 80. – № 8, 1995. – С. 43–49.

17. Володина, А. А. Водоросли, рекомендуемые для включения в новое издание Красной книги Калининградской области /А. А. Володина, М. А. Герб // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. – 2018. – № 3. С. 74–85.

18. О внесении изменений в постановление правительства Республики Мордовия от 25 февраля 2003 г. № 61 «О красной книге редких и исчезающих видов растений, грибов и животных Республики Мордовия» Постановление правительства Республики Мордовия от 1 октября 2015 г. № 559.

19. Об утверждении перечня (списка) редких и исчезающих видов (внутривидовых таксонов) растений и грибов, занесенных в Красную книгу Вологодской области. Постановление Правительства Вологодской области от 24 февраля 2015 г. № 125

20. Об утверждении списка объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Московской области. Распоряжение Министерства экологии и природопользования Московской области от 20 марта 2018 г. № 103-РМ

21. Siemińska, J. Red list of the algae in Poland / J. Siemińska // Red List of plants and fungi in Poland. – Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szeląg Z. (eds). – Kraków: Publ. House PAN, 2006. – P. 37–52.

Поступила в редакцию 10.11.2022 г.

УДК 581.9(476.1):581.526.3

К. Л. САВИЦКАЯ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГИДРОФИТОВ СЕМЕЙСТВА АРОННИКОВЫЕ (*ARACEAE* JUSS.) НА ТЕРРИТОРИИ ПУХОВИЧСКОЙ РАВНИНЫ

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

Аннотация. Приведены результаты сеточного картирования видов гидрофитов семейства Araceae Juss. в границах Пуховичской равнины. Описано 48 новых местонахождений *Lemna turionifera.* Учтено 150 мест произрастания *Spirodela polyrrhiza,* 59 – *L. gibba*, 121 – *L. trisulca*, 193 – *L. minor*. Установлено 7 пар и 1 группа (*S. polyrrhiza – L. trisulca – L. turionifera – L. gibba*) положительно экологически сопряженных видов. Рекомендовано ввести метод сеточного картирования в практику выявления редких, охраняемых и инвазионных видов растений в различных регионах Беларуси.

Ключевые слова: сеточное картирование, гидрофиты, распространение, частота встречаемости, межвидовая сопряженность, Аронниковые.

K. L. SAVITSKAYA

DISTRIBUTION OF HYDROPHYTES OF THE AROIDS FAMILY (*ARACEAE* JUSS.) ON THE TERRITORY OF THE PUKHOVICHI PLAIN

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

Annotation. The article presents the results of grid mapping of hydrophyte species of the Araceae Juss. family throughout the Pukhovichi Plain. 48 new locations of *Lemna turionifera* have been described. 150 growth sites of *Spirodela polyrrhiza*, 59 – *L. gibba*, 121 – *L. trisulca*, 193 – *L. minor* have been recorded. 7 pairs and 1 group (*S. polyrhiza – L. trisulca – L. turionifera – L. gibba*) of positively ecologically associated species have been found. It is recommended to introduce the grid mapping method into the practice of identifying rare, protected and invasive plant species in various regions of Belarus.

Keywords: grid mapping, hydrophytes, distribution, frequency of occurrence, interspecific association, Araceae.

ВВЕДЕНИЕ

К гидрофитам семейства Аронниковые (Araceae Juss.), выявленным на территории Пуховичской равнины, относится пять видов водных растений из двух родов подсемейства Lemnoideae – ряска (Lemna L.) и многокоренник (Spirodela Schleid.). Гербарные образцы, полученные до 2013 г., подтверждают всего лишь два местонахождения растений этой группы в пределах равнины [1], в работах, опубликованных позже, содержатся сведения о двух находках ряски горбатой (*Lemna gibba* L.) в Узденском районе и шести локалитетах ряски турионообразующей (*Lemna turionifera* Landolt) в Копыльском, Дзержинском и Узденском районах Минской области [2–4]. Принадлежность многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.), ряски малой (*Lemna minor* L.) и ряски трехдольной (*Lemna trisulca* L.) к ресурсообразующим видам [5], *Lemna turionifera* Landolt – к адвентивным видам, недавно вошедшим во флору республики, является достаточным основанием для более детального исследования их распределения в водных объектах региона.

Цель работы – изучить распространение и дать оценку частоты встречаемости истинно водных растений семейства Аронниковые (Araceae Juss.) в водоемах и водотоках Пуховичской равнины.

МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор данных проводился по методу сеточного картирования в июне-июле 2020 и 2021 гг. Предварительно территория Пуховичской равнины была условно разделена средствами про-

граммы QGIS 3.4. на 100 прямоугольных ячеек размерами 7,8×8,1 км. В каждой ячейке выбирались, в среднем, 2–3 разнотипные водные экосистемы, подлежащие максимально полному флористическому изучению. Обследовано 216 водных объектов в Минском, Слуцком, Узденском, Пуховичском, Дзержинском, Копыльском, Червенском, Стародорожском районах Минской области и в Осиповичском районе Могилевской области.

Встречаемость видов оценивалась по доле ячеек, в которых отмечен вид, от их общего числа согласно семибалльной системе категорий: «очень редко» – менее 3%, «редко» – 3,1–14,9%, «довольно редко» – 15,0–29,9%, «изредка» – 30,0–49,9%, «довольно часто» – 50,0–69,9%, «часто» – 70,0–89,0%, «очень часто» – более 89% ячеек [6].

Экологические группы по фактору увлажнения названы согласно [7]. Биоморфологическое описание видов составлялось на основе классификации П. Ю. Жмылева и др. [8]. Тип ареала определен по «принципу биогеографических координат» [9]. Фитоценотическая значимость видов оценивалась исходя из материала 350 геоботанических описаний водной растительности.

Для выявления пар сопряженных видов использовался метод χ^2 [10]. Группы сопряженных видов выделялись на основании критериев, изложенных в статье С. В. Попова [11]. Для количественного выражения межвидовой сопряженности рассчитывался коэффициент Л. С. Коула (C) [10].

Классификация таксонов соответствует системе Angiosperm Phylogeny Group, 2016 (APG IV) [12].

В работе используется ряд сокращений: Дзерж. – Дзержинский район, Коп. – Копыльский район, Минск. – Минский район, Черв. – Червенский район, Осип. – Осиповичский район, Пух. – Пуховичский район, Сл. – Слуцкий район, Стар. – Стародорожский район, Узд. – Узденский район, п. – поселок, окр. – окрестность, д. – деревня, вдхр. – водохранилище, р. – река, оз. – озеро, мелиор. к. – мелиоративный канал, аг. – агрогородок, г.п. – городской поселок, Ю – юг, С – север, З – запад, В – восток.

Адреса мест произрастания целевых видов гидрофитов: 1 – вдхр. на р. Волма (Черв., Ю окр. п. Озерный), N 53.718331 E 28.142721; 2 – вдхр. Лошанское (Узд., З окр. д. Лоша), N 53.423036 E 27.405338; 3 – водоем (Черв., С-З окр. д. Станево), N 53.759807 E 28.126211; 4 – водоем в пойме оз. Материнское (Пух., 2,2 км Ю-В г.п. Свислочь), N 53.629732 E 27.948757; 5 – Дричинский мелиор. к. (Пух., 1,4 км С-В д. Дричин), N 53.578982 E 27.990848; 6 – Дричинский мелиор. к. (Пух., 1,6 км С-З д. Вендеж), N 53.559514 E 28.058921; 7 – канава Куринка (Пух., Ю окр. д. Залог Пятилетки), N 53.280728 E 28.249034; 8 – канал вокруг рыбоводных прудов (Черв., 1,2 км В д. Клинок), N 53.673198 E 28.205272; 9 – канал, впадающий в р. Птичь (Пух., Ю окр. д. Слобода), N 53.379216 E 27.819656; 10 – канализированный приток р. Болочанка (Пух., 1,7 км к С от д. Болоча), N 53.563703 E 28.41264; 11 – копань (Пух., 1,6 км В д. Сергеевичи), N 53.494467 E 27.77355; 12 – копань (Пух., д. Дудичи), N 53.587828 E 27.661032; 13 – копань (Пух., д. Сутин), N 53.299097 E 28.243448; 14 – копань (Пух., д. Узляны), N 53.617931 E 27.72915; 15 – копань (Коп., 0,3 км Ю д. Залесье), N 53.283544 E 27.032889; 16 – копань (Минск., З окр. д. Дубинки), N 53.663271 E 27.599128; 17 – копань (отстойник молочно-товарной фермы) (Узд., д. Присынок), N 53.415849 E 27.200704; 18 – копань (Стар., д. Дражно), N 53.164702 E 28.127389; 19 – копань (Узд., 0,7 км С-З д. Хоромицкие), N 53.403494 E 27.290741; 20 – копань на месте торфоразработок (Пух., 1,6 км В д. Сергеевичи), N 53.493333 E 27.772166; 21 – копань пересыхающая (Узд., З окр. д. Иванов Бор), N 53.334572 E 27.429546; 22 – мелиор. к. (Стар., 0,3 км С-З д. Малиновка), N 53.239997 E 27.94122; 23 – мелиор. к. (Пух., 0,6 км З д. Новополье), N 53.61028 E 27.627573; 24 – мелиор. к. (Пух., 0,9 км В д. Рыбцы), N 53.638467 E 27.809468; 25 – мелиор. к. (Пух., 0,9 км С-В д. Маховка), N 53.608963 E 27.708578; 26 – мелиор. к. (Пух., 0,9 км Ю-В д. Дубровка), N 53.448996 E 28.129606; 27 – мелиор. к. (Пух., 1,1 км С-В д. Любячка), N 53.394341 E 28.049282; 28 – мелиор. к. (Пух., 1,1 км Ю д. Ладымер), N 53.282649 E 27.834035; 29 – мелиор. к. (Пух., 1,1 км Ю-В д. Культура), N 53.571169 E 27.677194; 30 – мелиор. к. (Пух., 1,2 км Ю-З д. Велень), N 53.434779 E 28.031888; 31 – мелиор. к. (Пух., 1,4 км В д. Веселое), N 53.565634 E 28.02236; 32 – мелиор. к. (Пух., 1,7 км к С-В от д. Липники), N 53.383032 E 27.990891; 33 – мелиор. к. (Пух., 1,8 км З д. Задощенье), N 53.398137 E 27.672148; 34 – мелиор. к. (Пух., 2,1 км Ю-З д. Ямное), N 53.294309 E 27.943928; 35 – мелиор. к. (Пух., 2,2 км С-В д. Старинки), N 53.431913 E 27.80816; 36 – мелиор. к. (Стар., 3 км С-З д. Осовец), N 53.265072 E 27.890021; 37 – мелиор. к. (Пух., 3,2 км С-З д. Селецк), N 53.294737 E 27.849497; 38 – мелиор. к. (Пух., 4,2 км С-В д. Теребуты), N 53.28757 E 28.057929; 39 – мелиор. к. (Пух., 4,4 км С-З д. Волосач), N 53.530345 E 27.626875; 40 – мелиор. к. (Пух., 4,6 км С-В д. Теребуты), N 53.290978 E 28.059568; 41 – мелиор. к. (Пух., д. Веркалы), N 53.349786 E 27.743453; 42 – мелиор. к. (Пух., д. Омельно), N 53.357066 E 28.031871; 43 – мелиор. к. (Пух., д. Скрыль-Слобода), N 53.508492 E 27.984643; 44 – мелиор. к. (Пух., З окр. д. Тешково), N 53.564413 E 28.189568; 45 – мелиор. к. (Пух., окр. д. Сининки), N 53.726169 E 27.787805; 46 – мелиор. к. (Пух., 0,5 км Ю-В д. Долгий), N 53.557124 E 27.87544; 47 – мелиор. к. (Пух., С окр. д. Залесье), N 53.667916 E 27.693861; 48 – мелиор. к. (Пух., С-З окр. д. Велень), N 53.444097 E 28.036941; 49 – мелиор. к. (Сл., 0,2 км С д. Рубеж), N 53.089594 E 27.886683; 50 – мелиор. к. (Сл., 2,9 км С-В д. Вежи), N 53.299215 E 27.618437; 51 – мелиор. к. (Сл., С-В окр. д. Браново), N 53.092027 E 27.40867; 52 – мелиор. к. (Стар., 2,5 км С-В д. Теребуты), N 53.270473 E 28.062285; 53 – мелиор. к. (Стар., 3 км С аг. Подоресье), N 53.167801 E 28.058843; 54 – мелиор. к. (Стар., 3,3 км С-В д. Теребуты), N 53.278185 E 28.064991; 55 – мелиор. к. (Стар., В окр. д. Дражно), N 53.166753 E 28.133212; 56 – мелиор. к. (Стар., С-В окр. д. Залужье), N 53.152721 E 28.172965; 57 – мелиор. к. (Узд., 2,2 км Ю-В д. Чурилово), N 53.490325 E 27.292846; 58 – мелиор. к. (Узд., 4 км З д. Иванов Бор), N 53.33912 E 27.37378; 59 – мелиор. к. (Узд., В окр. д. Толкачевичи-2), N 53.46007 E 27.626095; 60 – мелиор. к. (Узд., С окр. д. Великая Уса), N 53.530354 E 27.186011; 61 – мелиор. к. (Узд., Ю окр. д. Колодино), N 53.532927 E 27.56219; 62 – мелиор. к. (Узд., Ю-В окр. д. Хотляны), N 53.403952 E 27.566505; 63 – мелиор. к. (Черв., 1,3 км В д. Чесловое, 1-й мелиор. к., пересекающий дорогу к д. Клинок), N 53.66779 E 28.140041; 64 – мелиор. к. (Черв., 1,6 км В д. Чесловое, 2-й мелиор. к., пересекающий дорогу к д. Клинок), N 53.668794 E 28.14405; 65 – мелиор. к. (Черв., 1,8 км В д. Чесловое, 3-й мелиор. к., пересекающий дорогу к д.

Клинок), N 53.6688 E 28.146929; 66 – мелиор. к. (Черв., 2,5 км к З от д. Иваничи), N 53.670283 E 28.290533; 67 – мелиор. к. (Черв., 3,9 км Ю-В д. Клинок), N 53.669166 E 28.240988; 68 – мелиор. к. (Черв., С-З окр. д. Иваничи), N 53.669201 E 28.319473; 69 – мелиор. к. лесной (Пух., 1,27 км С-З д. Дубовое), N 53.328315 E 27.983823; 70 – мелиор. к. лесной (Пух., 3,6 км к Ю-В от д. Песчанка), N 53.383087 E 27.93876; 71 – мелиор. к. от р. Птичь (Пух., Ю-В окр. д. Клетное), N 53.325729 E 28.091103; 72 – мелиор. к., впадающий в Канаву Синицкую (Дзерж., 0,97 км З д. Логовище), N 53.536873 E 27.04886; 73 – мелиор. к., впадающий в Канаву Сутинку (Пух., 1,5 км Ю-В д. Красный Поселок), N 53.275711 E 28.199527; 74 – мелиор. к., впадающий в р. Уса (Дзерж., 2,9 км Ю-З д. Станьково), N 53.615561 E 27.207813; 75 – меловый карьер (Дзерж., С окр. д. Бакиново), N 53.644715 E 27.030368; 76 – оз. Зужево (Пух., 1,4 км Ю-З д. Песчанка), N 53.403288 E 27.89849; 77 – оз. лесное (Пух., 2,3 км Ю-З д. Кошели), N 53.26566 E 27.8065; 78 – оз. (Пух., 4,2 км С-В д. Горелец), N 53.450837 E 27.966516; 79 – оз. (Сл., З окр. д. Вежи), N 53.279194 E 27.59804; 80 – приток р. Олеховка (Узд., Ю окр. д. Теляково), N 53.510339 E 27.380289; 81 – приток р. Перетуть (Дзерж., Ю-В окр. д. Дягильно), N 53.668068 E 27.093906; 82 – приток р. Случь (Сл., д. Заполье), N 53.085563 E 27.568309; 83 – приток р. Уса (Узд., С-В окр. д. Низок), N 53.404704 E 27.162958; 84 – пруд (Сл., 2,2 км Ю-З д. Гацук), N 53.327538 E 27.487699; 85 – пруд (Узд., 1,4 км Ю-В д. Карпиловка), N 53.46712 E 27.461798; 86 – пруд (Черв., д. Валевачи), N 53.759554 E 28.159576; 87 – пруд на притоке р. Свислочь (Пух., д. Дукора), N 53.674725 E 27.961847; 88 – пруд на притоке р. Случь (Сл., д. Замостье), N 53.204246 E 27.596043; 89 – пруд на р. Жесть (Дзерж., Ю окр. д. Добринево), N 53.619977 E 27.372303; 90 – пруд на р. Ниж. Весейка (Сл., д. Омговичи), N 53.097649 E 27.796794; 91 – пруд на р. Рапусса (Дзерж., Ю-З окр. д. Кленовка), N 53.634883 E 27.2899; 92 – пруд на р. Случь (Сл., 1,2 км С-З д. Ячево), N 53.028579 E 27.577826; 93 – пруд на р. Титовка (Пух., г. Марьина Горка), N 53.521854 E 28.142006; 94 – пруд на реке (Сл., 0,9 км С-В д. Ануфровичи), N 53.170644 E 27.546286; 95 – пруд на реке (Сл., д. Знамя), N 53.042008 E 27.36235; 96 – пруд на реке (Узд., д. Старые Морги), N 53.39486 E 27.260951; 97 – пруд на реке Ковалевка (Пух., 1,3 км З д. Ковалевичи), N 53.471932 E 27.698086; 98 – пруд на реке Шать (Пух., С-В окр. д. Габриелевка), N 53.419517 E 27.636502; 99 – пруд на ручье (Дзерж., 1,7 км С-В д. Скородное), N 53.558089 E 27.016767; 100 – пруд на ручье (Узд., г. Узда), N 53.458444 E 27.206986; 101 – пруд речной (Дзерж., 1,5 км С-З д. Моровщина, С-В окр. садового таворищества «Пятигорье-1»), N 53.69612 E 27.259566; 102 – р. Бабенка (Узд., 0,5 км Ю-В д. Рыбаковщина), N 53.544074 E 27.576507; 103 – р. Болочанка (Пух., В окр. д. Болоча), N 53.545819 E 28.421074; 104 – р. Болочанка (Пух., С окр. д. Красный Октябрь), N 53.516908 E 28.396611; 105 – р. Большая Слива (Сл., 1,2 км Ю д. Поповцы), N 53.005251 E 27.73488; 106 – р. Боровинка (Узд., д. Слобода), N 53.384272 E 27.329629; 107 – р. Бычок (Сл., д. Лучники), N 53.037468 E 27.533703; 108 – р. Весейка (Пух., 2,6 км Ю-З д. Меденое), N 53.21906 E 27.853897; 109 – р. Весейка (Сл., 1,3 км В д. Кальчицы), N 53.118924 E 27.716999; 110 – р. Весейка (Сл., Ю-З окр. д. Весея), N 53.054555 E 27.653839; 111 – р. Весея (Пух., 7 км Ю-З д. Меденое), N 53.20873 E 27.78236; 112 – р. Волма (Пух., д. Уголец), N 53.600119 E 28.293504; 113 – р. Волма (Черв., В окр. д. Красный Берег), N 53.627615 E 28.324005; 114 – р. Волма (Черв., д. Волма), N 53.701572 E 28.233516; 115 – р. Волма (Черв., пгт. Смиловичи), N 53.74674 E 28.00858; 116 – р. Гать (Черв., В окр. д. Запасенье), N 53.758739 E 28.257045; 117 – р. Гать (Черв., З окр. д. Куколевка), N 53.73819 E 28.264691; 118 – р. Гнилица (Коп., З окр. д. Те-лядовичи), N 53.289289 E 27.002486; 119 – р. Гребенка (Пух., д. Берчуки), N 53.6404 E 27.636703; 120 – р. Гребенка (Пух., З окр. д. Новополье), N 53.608526 E 27.627975; 121 – р. Гребенка (Минск., 1,3 км С-В д. Гребенка), N 53.708549 E 27.662164; 122 – р. Гривчик (Коп., Ю-З окр. д. Корзуны), N 53.276283 E 27.257725; 123 – р. Железница (Сл., В окр. д. Шищицы), N 53.228193 E 27.555544; 124 – р. Железянка (Пух., 1 км Ю-В д. Мощеново), N 53.454391 E 28.217737; 125 – р. Жесть (Дзерж., 0,5 км Ю-З д. Толкачёвщина), N 53.631097 E 27.372852; 126 – р. Жесть (Дзерж., В окр. д. Шикотовичи), N 53.64903 E 27.390033; 127 – р. Жесть (Дзерж., д. Рубилки), N 53.692686 E 27.406177; 128 – р. Жесть (Дзерж., З окр. д. Даниловичи), N 53.597796 E 27.333491; 129 – р. Карпиловка (Черв., Ю-В окр. д. Валевачи), N 53.746721 E 28.165997; 130 – р. Ковалевка (Пух., 1,3 км С-В д. Старинки), N 53.427908 E 27.795364; 131 – р. Локнея (Сл., С-В окр. д. Ивань), N 53.005032 E 27.454788; 132 – р. Локнея (Сл., Ю-З окр. д. Ивановские Огородники), N 52.994828 E 27.463746; 133 – р. Лоша (Коп., С окр. д. Луговая), N 53.313029 E 27.172472; 134 – р. Лоша (Узд., 0,45 км З д. Рачица), N 53.342495 E 27.147644; 135 – р. Лоша (Узд., 1,4 км Ю-З д. Карпиловка), N 53.472562 E 27.430296; 136 – р. Лоша (Узд., д. Румок), N 53.356808 E 27.386925; 136 – р. Лоша (Узд., д. Румок), N 53.357018 E 27.387274; 137 – р. Неман (Узд., 0,8 км В д. Ерши), N 53.378111 E 27.028322; 138 – р. Неман (Узд., В окр. д. Могильно), N 53.417572 E 26.993239; 139 – р. Неман (Узд., В окр. д. Костеши), N 53.350461 E 27.056322; 140 – р. Ниж. Весейка (Сл., 0,5 км С-З д. Тихонь), N 53.127132 E 27.863084; 141 – р. Ниж. Весейка (Сл., 0,6 км С-З д. Гутница), N 53.155939 E 27.913373; 142 – р. Олеховка (Дзерж., С-З окр. д. Пахомовщина), N 53.583076 E 27.385505; 143 – р. Олеховка (Узд., З окр. д. Сороковщина), N 53.616018 E 27.410733; 144 – р. Ореса (Стар., Ю окр. аг. Подоресье), N 53.133202 E 28.050039; 145 – р. Осиновка (Пух., 1,4 км Ю-В д. Ветеревичи 2), N 53.330757 E 27.838756; N 53.336541 E 27.851472; 146 – р. Перетуть (Дзерж., С-В окр. д. Нов. Рудица), N 53.6641 E 27.014772; 147 – р. Перетуть (Дзерж., С-З окр. д. Логовище), N 53.540516 E 27.061759; 148 – р. Перетуть (Дзерж., Ю окр. д. Логовище), N 53.526491 E 27.068183; 149 – р. Птичь (Пух., 0,6 км С д. Кухаревка), N 53.567404 E 27.808264; 150 – р. Птичь (Пух., 0,9 км Ю-В д. Птичанская), N 53.458892 E 27.878582; 151 – р. Птичь (Пух., 1,1 км В д. Русаковичи), N 53.515561 E 27.860644; 152 – р. Птичь (Пух., 1,3 км С-З д. Песчанка), N 53.421869 E 27.90395; 153 – р. Птичь (Пух., В окр. д. Ветеревичи), N 53.360671 E 27.852467; 154 – р. Птичь (Минск., В окр. д. Самуэлево), N 53.644221 E 27.561839; 155 – р. Птичь (Осип., 1,5 км В д. Житин), N 53.24303 E 28.199244; 156 – р. Птичь (Осип., д. Крынка), N 53.216663 E 28.381806; 157 – р. Птичь (Осип., С окр. д. Дричин), N 53.220854 E 28.224457; 158 – р. Птичь (Пух., 0,3 км Ю-В д. Мельница), N 53.315515 E 28.104622; 159 – р. Птичь (Пух., В окр. д. Ветеревичи), N 53.355918 E 27.854265; 160 – р. Птичь (Пух., С окр. д. Выемка), N 53.320069 E 27.987289; 161 – р. Птичь (Пух., С окр. д. Русаковичи), N 53.522653 E 27.843109; 162 – р. Птичь (Пух., С-В окр. д. Подгатье), N 53.607137 E 27.593831; 163 – р. Птичь (Пух., Ю окр. д. Клетное), N 53.318665 E 28.094466; N 53.322971 E 28.078939; 164 – р. Савва (Сл., С окр. д. Островок), N 53.147523 E 27.523755; 165 – р. Самотечь (Дзерж., В окр. д. Боровое), N 53.670951 E 27.030882; 166 – р. Свислочь (Пух., 0,6 км Ю-В д. Глушка), N 53.5481 E 28.303553; 167 – р. Свислочь (Пух., 0,8 км Ю-З д. Хочин), N 53.629781 E 28.139718; 168 – р. Свислочь (Пух., 1,6 км С-В д. Зазерье), N 53.675543 E 27.808023; 169 – р. Свислочь (Пух., В окр. д. Городень), N 53.424553 E 28.324541; 170 – р. Свислочь (Пух., д. Ваньковщина), N 53.737329 E 27.765385; 171 – р. Свислочь (Пух., окр. д. Слобода), N 53.612919 E 28.172668; 172 – р. Свислочь (Пух., 0,7 км Ю-В д. Караваево), N 53.63541 E 27.868763; 173 – р. Свислочь (Пух., 2,5 км В от д. Рыбцы), N 53.635956 E 27.834054; 174 – р. Свислочь (Пух., С-В окр. д. Жоровка), N 53.650187 E 28.019087; 175 – р. Синявка (Пух., д. Блужа), N 53.413712 E 28.261439; 176 – р. Синявка (Пух.,

Ю-З окр. п. Блужа), N 53.406371 E 28.248783; 177 – р. Слоуст (Пух., д. Труд), N 53.734223 E 27.911795; 178 – р. Случь (Сл., 1,2 км С-В д. Городище), N 53.105793 E 27.594873; 179 – р. Случь (Сл., 1,7 км В д. Вынищи), N 53.153959 E 27.608597; 180 – р. Случь (Сл., 3,4 км С-З д. Адамово), N 53.255399 E 27.655705; 181 – р. Случь (Сл., С-З окр. д. Прощицы), N 53.084321 E 27.626963; 182 – р. Случь (Сл., Ю окр. д. Вынищи), N 53.1383 E 27.592456; 183 – р. Сред. Весейка (Сл., С-З окр. д. Чирвоная Сторонка), N 53.156894 E 27.862082; 184 – р. Студянка (Дзерж., 0,6 км Ю-В д. Рябцевщина), N 53.575699 E 27.148318; 185 – р. Талька (Пух., 1,4 км С-В д. Заперинье), N 53.390709 E 28.135248; 186 – р. Талька (Пух., 2,6 км С-В д. Сутин), N 53.31906 E 28.256531; 187 – р. Талька (Пух., Ю окр. д. Веселово), N 53.339134 E 28.33643; 188 – р. Талька (Пух., Ю-В окр. д. Рудня), N 53.351437 E 28.352287; 189 – р. Тепленька (Пух., З окр. д. Городище), N 53.593392 E 27.501308; 190 – р. Титовка (Пух., 2,8 км Ю д. Бор), N 53.49376 E 28.020124; 191 – р. Титовка (Пух., д. Марковчизна), N 53.518888 E 28.231903; 192 – р. Турья (Коп., с окр. д. Лавы), N 53.31239 E 27.005037; 193 – р. Уздянка (Узд., 0,5 км Ю-В д. Бервищи), N 53.442267 E 27.195417; 194 – р. Уздянка (Узд., 0,6 км Ю-З д. Бервищи), N 53.441767 E 27.190167; 195 – р. Уздянка (Узд., В окр. д. Зеньковичи), N 53.497094 E 27.254373; 196 – р. Уздянка (Узд., З окр. д. Сымончицы), N 53.473975 E 27.247154; 197 – р. Уса (Дзерж., С окр. д. Станьково), N 53.647844 E 27.206351; 198 – р. Уса (Дзерж., В окр. д. Плоское), N 53.544254 E 27.183758; 199 – р. Уса (Дзерж., С окр. д. Станьково), N 53.647601 E 27.207063; 200 – р. Уса (Дзерж., Ю-З окр. д. Коски), N 53.667371 E 27.236692; 201 – р. Уса (Узд., 0,45 км С-З д. Малая Уса), N 53.536147 E 27.180314; 202 – р. Уса (Узд., 0,7 км З д. Сокольщина), N 53.491198 E 27.110042; 203 – р. Уса (Узд., З окр. д. Кухтичи), N 53.466058 E 27.125346; 204 – р. Ушанка (Пух., 1,7 км Ю-З д. Седча), N 53.660249 E 27.734439; 205 – р. Худра (Сл., 1,7 км С-В д. Ржавка), N 53.157682 E 27.737218; 206 – р. Червенка (Черв., 1,8 км Ю-В д. Лежни), N 53.694556 E 28.327763; 207 – р. Чернявка (Черв., С-В окр. д. Усохи), N 53.612413 E 28.452948; 208 – р. Шать (Пух., аг. Шацк), N 53.433357 E 27.694657; 209 – р. Шать (Узд., 1,1 км З д. Гута), N 53.465612 E 27.536188; 210 – р. Шать (Узд., 1,1 км к Ю-В от д. Любяча), N 53.430175 E 27.576779; 211 – разливы на месте торфоразработок (Пух., 4,2 км С-З д. Волосач), N 53.52927 E 27.629001; 212 – Руденский мелиор. к. (Пух., З окр. г. п. Руденск), N 53.59635 E 27.846277; 213 – старица в пойме р. Случь (Сл., д. Мал. Падерь), N 53.03738 E 27.611602; 214 – старица р. Бабенка (Узд., 0,4 км Ю-В д. Рыбаковщина), N 53.544735 E 27.576973; 215 – старица р. Свислочь (Пух., 1,9 км С-В д. Зазерье), N 53.675702 E 27.816287; 216 – старица р. Свислочь (Пух., 2,4 км С-З д. Леоновка), N 53.439614 E 28.345715.

Результаты и их обсуждение

В 216 водоемах и водотоках Пуховичской равнины обнаружено 571 новое местонахождение пяти гидрофитов семейства Аронниковые. Ниже приведена информация об экологических, биоморфологических, хорологических (рис. 1–5), фитоценотических характеристиках исследуемых видов.

Отдел Семенные – Spermatophyta
Класс Магнолиевые – Magnoliopsida
Порядок Частухоцветные – Alismatales
Семейство Аронниковые – Araceae Juss.

Род Ряска – *Lemna* L.

1. *Lemna gibba* L. – Ряска горбатая

Придаточнокорневой псевдоталломный многолетник; гидрофит, свободно плавающий на поверхности воды; гемикосмополитный, плюризональный; ассектатор.

В водохранилищах (1, 2), копанях (17), мелиоративных каналах (5, 8, 9, 33, 35, 37, 48, 55, 62, 64, 68, 74), озерах (216), реках (103, 106, 112, 114, 115, 117, 118, 120, 125, 129, 132, 133, 134, 136, 139, 142, 148, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 161, 164, 185, 189, 190, 192, 195, 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 206), речных прудах (89, 91, 92, 93, 98).

2. *L. minor* L. – Р. малая

Придаточнокорневой псевдоталломный многолетник; гидрофит, свободно плавающий на поверхности воды; гемикосмополитный, плюризональный; доминант.

В водохранилищах (2), копанях (11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20), мелиоративных каналах (5, 6, 7, 8, 9, 10, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 212), озерах (77, 78, 213, 214, 216), реках (80, 81, 82, 83, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210), речных прудах (87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100), иных водоемах (3, 4, 84, 86).

3. *L. trisulca* L. – Р. трехдольная

Придаточнокорневой псевдоталломный многолетник; гидрофит, свободно плавающий на поверхности воды; гемикосмополитный, плюризональный; доминант, ассектатор.

В водохранилищах (2), копанях (в т.ч. меловых карьерах (75)) (11, 12, 13, 15, 18, 20, 21), мелиоративных каналах (5, 6, 7, 8, 9, 10, 22, 26, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 72, 73, 74, 212), озерах (76, 77, 79, 213, 214, 215, 216), реках (103, 105, 111, 112, 115, 117, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 132, 133, 134, 136, 138, 139, 145, 146, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 171, 174, 175, 176, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 196, 198, 199, 202), речных прудах (89, 90, 92, 93, 96, 98, 99, 100, 101), иных водоемах (84, 85).

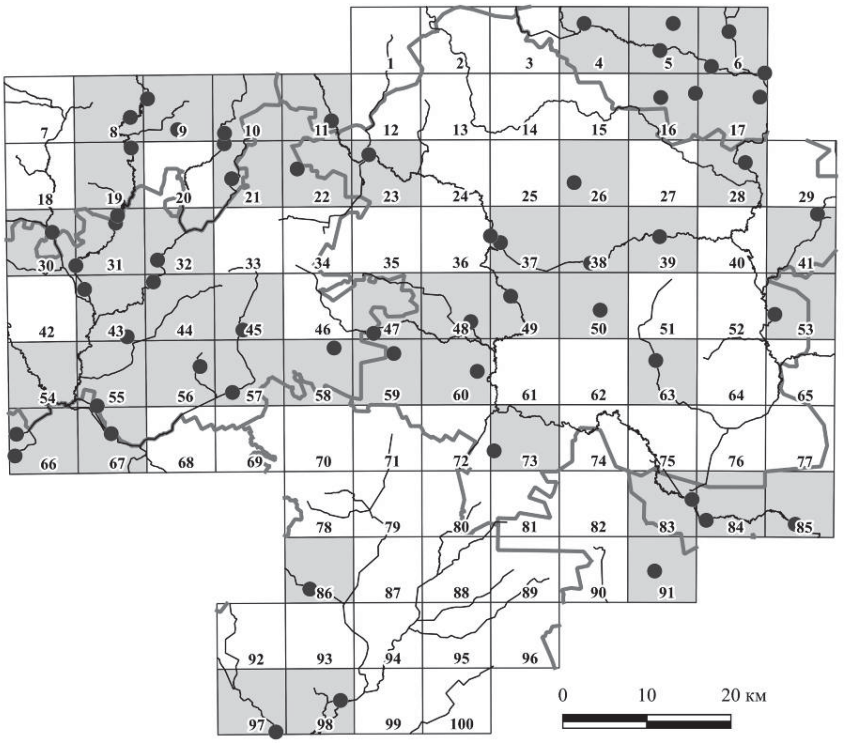


Рис. 1. Карта-схема распространения *Lemna gibba* в пределах Пуховичской равнины

Fig. 1. Map of the distribution of *Lemna gibba* within the Pukhovichi Plain

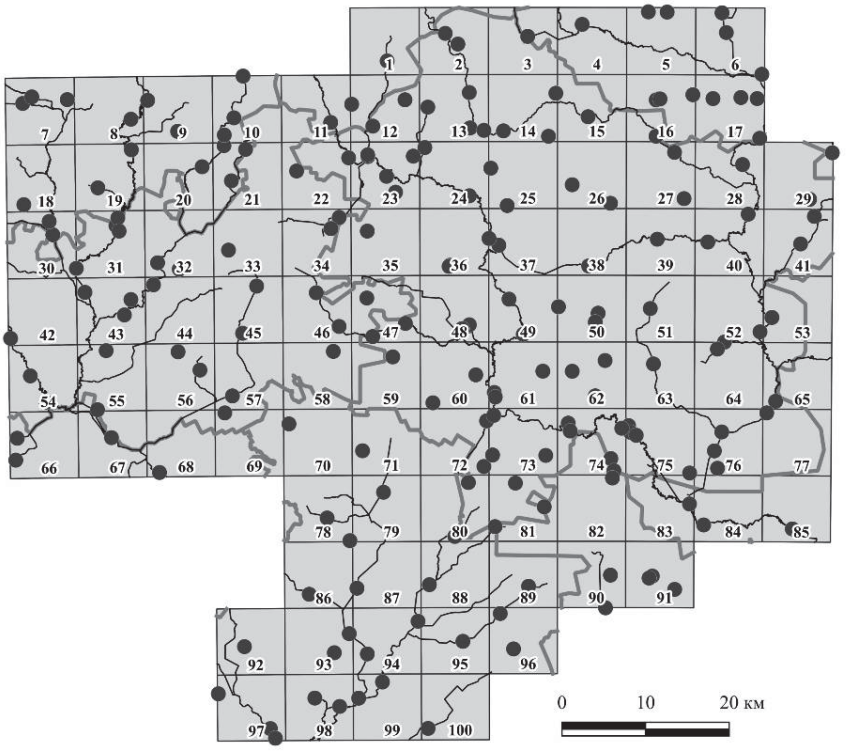


Рис. 2. Карта-схема распространения *Lemna minor* в пределах Пуховичской равнины

Fig. 2. Map of the distribution of *Lemna minor* within the Pukhovichi Plain

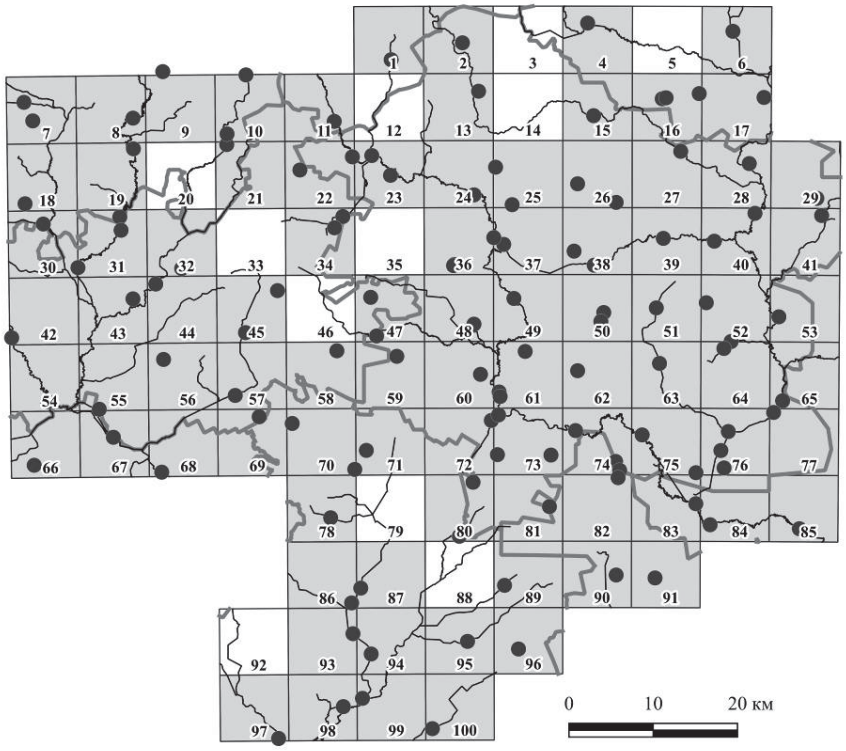


Рис. 3. Карта-схема распространения *Lemna trisulca* в пределах Пуховичской равнины

Fig. 3. Map of the distribution of *Lemna trisulca* within the Pukhovichi Plain

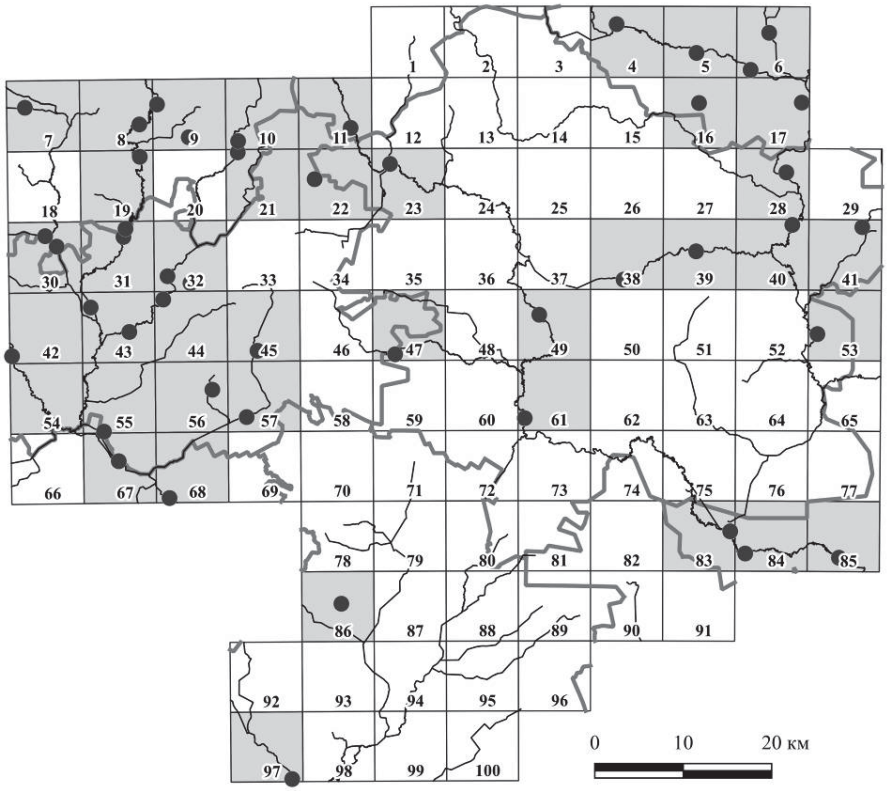


Рис. 4. Карта-схема распространения *Lemna turionifera* в пределах Пуховичской равнины

Fig. 4. Map of the distribution of *Lemna turionifera* within the Pukhovichi Plain

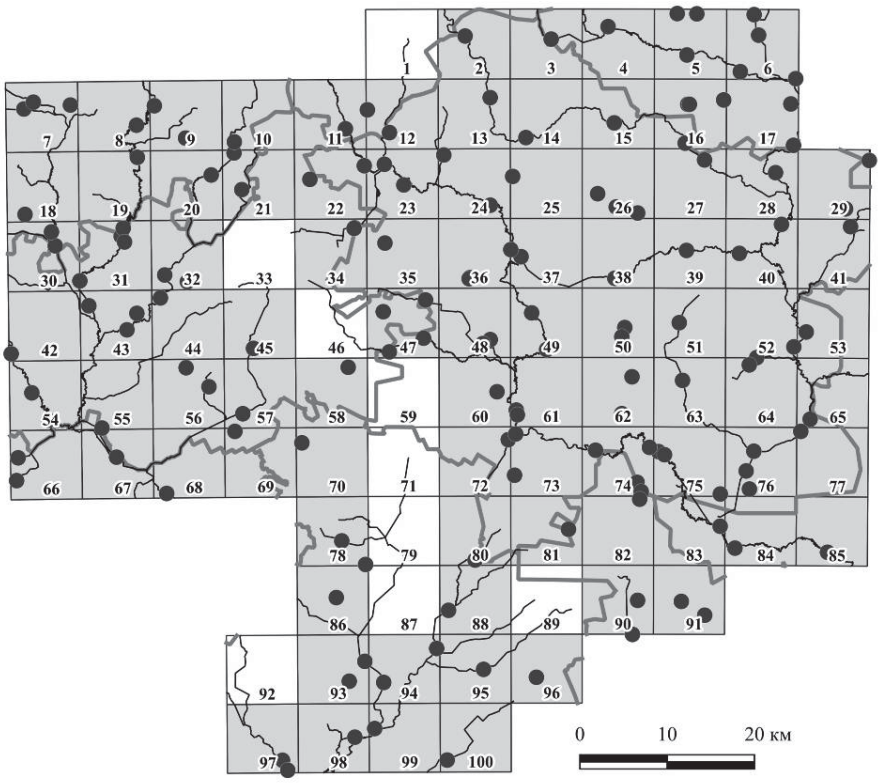


Рис. 5. Карта-схема распространения *Spirodela polyrrhiza* в пределах Пуховичской равнины

Fig 5. Map of the distribution of *Spirodela polyrrhiza* within the Pukhovichi Plain

4. *L. turionifera* Landolt – Р. турионообразующая

Придаточнокорневой псевдоталломный многолетник; гидрофит, свободно плавающий на поверхности воды; голарктический, бореально-меридиональный; ассектатор.

В водохранилищах (1, 2), мелиоративных каналах (57, 65, 68, 72, 74), озерах (216), реках (103, 106, 112, 114, 115, 117, 120, 122, 125, 132, 133, 134, 136, 138, 139, 146, 148, 150, 154, 155, 156, 157, 159, 166, 189, 190, 194, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 203), речных прудах (89, 91, 93, 94, 98).

Род Многокоренник – *Spirodela* Schleid.

5. *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. – Многокоренник обыкновенный

Придаточнокорневой псевдоталломный многолетник; гидрофит, свободно плавающий на поверхности воды; гемикосмополитный, плюризональный; доминант, субдоминант.

В водохранилищах (1, 2), копанях (11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 211), мелиоративных каналах (5, 6, 7, 8, 9, 10, 22, 26, 27, 30, 31, 35, 37, 38, 42, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 64, 65, 68, 73, 74, 212), озерах (213, 214, 216), реках (81, 82, 102, 103, 105, 106, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 181, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208), речных прудах (88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100), иных водоемах (3, 84, 86).

Гидрофиты семейства Araceae – близкородственные виды, которые относятся к одной и той же биоморфологической группе, занимают один и тот же ареал (кроме *L. turionifera*). *S. polyrrhiza*, *L. minor, L. trisulca* выраженно доминируют в образуемых ими сообществах, но при этом являются сопутствующим, второстепенным компонентом в фитоценозах других водных растений. *L. turionifera* и *L. gibba,* как правило, не достигают высоких обилий в растительных сообществах.

Происхождение и статус *L. turionifera* и *L. gibba* на территории Беларуси остаются спорными [1, 13]. При этом число находок обоих видов на сопредельных территориях постоянно увеличивается. В настоящее время *L. turionifera* считается обычным видом для европейской и азиатской частей России [14], встречается в Польше, Украине, Латвии [15]. *L. gibba* рассматривается как нередкий вид в северо-западных районах России, указывается почти для всех областей средней полосы европейской части России, для Западной Сибири, а также выявлена во всех граничащих с Беларусью странах Европы [14, 16].

S. polyrrhiza, *L. minor, L. trisulca* достаточно равномерно распространены по всей территории Пуховичской равнины, отмечены в разнотипных водных экосистемах различных водных бассейнов (рис. 6). Перечисленным видам соответствует наивысший балл в системе категорий встречаемости (табл. 1).

Благодаря анализу сеточных карт впервые удалось установить степень распространения в регионе *L. turionifera*. Этот вид, вероятно, ввиду адвентивного статуса, наиболее тесно связан с речными местообитаниями и произрастает преимущественно в реках водосборов Немана, Птичи, а также в долине реки Волма. В отличие от других видов рясок *L. turionifera* ни разу не выявлялась в небольших искусственных стоячих водоемах – копанях.

Количество квадратов, в которых регистрировалась *L. gibba*, соответствует верхней границе категории «изредка» (табл. 1), и, учитывая 75 % уровень выявления видов в квадратах при однократном обследовании территории [6], с большой долей вероятности может быть отнесена к «довольно часто» встречаемым видам.

Устойчивость *L. gibba* к эвтрофированию вод наивысшая среди рясок (8 баллов по шкале Г. Элленберга [17], индицирующей богатство среды питательными веществами). Спектр занимаемых ею водных объектов также достаточно широк (см. рис. 6).

Рис. 6. Встречаемость гидрофитов семейства Аронниковые в различных водных объектах Пуховичской равнины

Fig. 6. Occurrence of hydrophytes of the Araceae family in various water bodies of the Pukhovichi Plain

Таблица 1. Число мест произрастания и частота встречаемости гидрофитов семейства Аронниковые на территории Пуховичской равнины

Table 1. The number of locations and frequency of occurrence of hydrophytes of the Araceae family in the territory of the Pukhovichi Plain

Перечень видов Species list	Количество квадратов, в которых отмечен вид The number of squares in which the species is marked	Оценка частоты встречаемости видов Assessment of the frequency of species occurrence
Lemna gibba L.	48	изредка occasionally
Lemna minor L.	100	очень часто very often
Lemna trisulca L.	89	часто often
Lemna turionifera Landolt	41	изредка occasionally
Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid.	91	очень часто very often

Было замечено, что ряски и многокоренник в ряде случаев произрастают совместно, в одних и тех же водных объектах и микроэкотопах (рис. 7).

Благодаря статистической оценке сопряженностей между всеми исследуемыми видами выделено 7 пар (из 10 возможных) (табл. 2) и 1 группа (из 16 возможных) (*S. polyrhiza – L. trisulca – L. turionifera – L. gibba*) положительно сопряженных видов. Они встречаются в природных местообитаниях вместе чаще, чем по условиям независимого распределения. Наиболее тесная связь существует между *S. polyrrhiza* и *L. minor*, а также между *L. turionifera* и *L. gibba* (табл. 2).

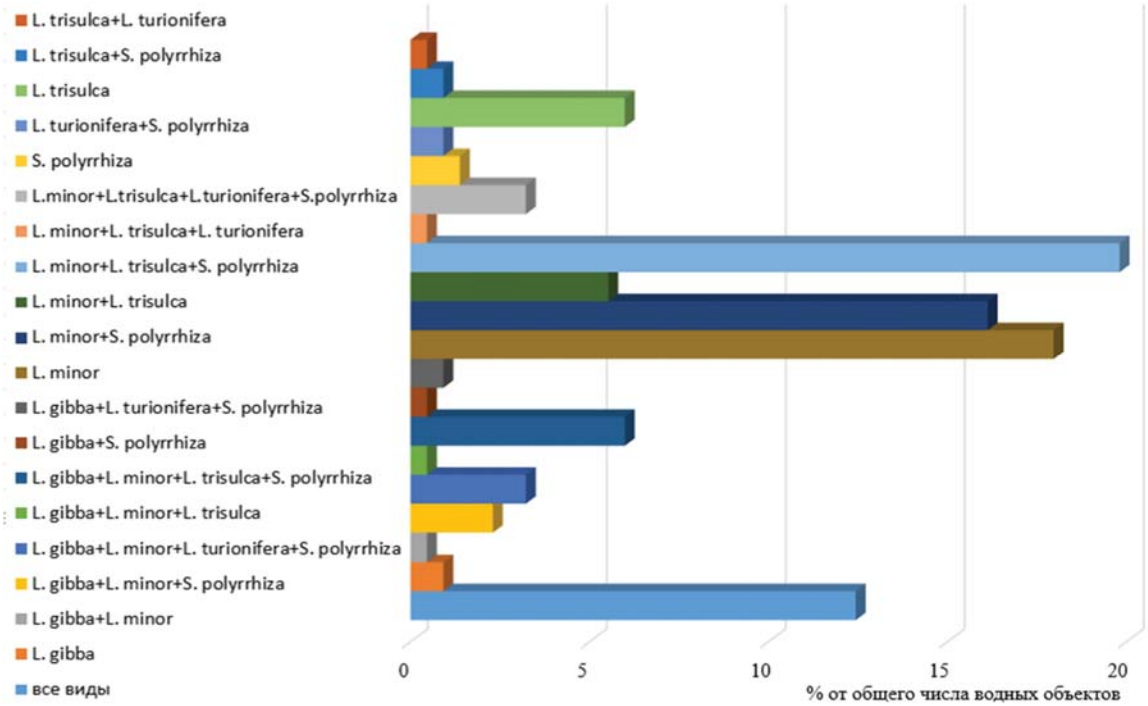


Рис. 7. Относительное количество случаев совместного произрастания различных видов рясок и многокоренника обыкновенного в водных объектах Пуховичской равнины

Fig. 7. The relative number of cases of co-growth of various species of duckweed and common duckmeat in the water bodies of the Pukhovichi plain

Таблица 2. Показатели наличия и силы межвидовой сопряженности для гидрофитов семейства Аронниковые (серым цветом выделены статистически значимые результаты при p = 0,05 и 1 степени свободы)

Table 2. Parameters of the presence and strength of interspecific association for hydrophytes of the Araceae family (statistically significant results are highlighted in gray at p = 0.05 and 1 degree of freedom)

Показатель	S. polyrrhiza – L. trisulca	S. polyrrhiza – L. minor	L. gibba – L. turionifera	L. gibba – L. trisulca	L. gibba – S. polyrrhiza	L.turionifera – L. trisulca	L turionifera – S. polyrrhiza	L. minor – L. gibba	L. minor – L. turionifera	L. minor – L. trisulca
χ^2	10,333	13,084	72,017	6,038	23,982	10,988	21,09	0,888	0,248	0,704
C	0,163	0,432	0,679	0,096	0,140	0,106	0,114	–	–	–

Наиболее вероятным механизмом, объединяющим данные виды, является «экологическая фильтрация» [11], т.е. обитание экологически близких видов в определенных условиях водной среды (в водных объектах, сходных по совокупности значений экологических параметров). При этом *L. minor*, как вид-универсал, встреченный во всех ячейках сетки, имеет самую широкую экологиче-

скую нишу, которая значительно перекрывается с нишей *S. polyrrhiza.* Попадание *L. turionifera* в группу сопряженных видов позволяет охарактеризовать ряску турионообразующую наряду с остальными членами группы, как вид со средней шириной экологической ниши. Кроме того, *L. turionifera* в условиях Беларуси на данный момент лучше всего адаптирована к условиям, благоприятным для ряски горбатой (C=0,679), и пока не проявляет свойств агрессивного инвазионного вида в водных экосистемах региона.

Установление силы и характера (положительная или отрицательная) сопряженности между видами водных растений в дальнейшем может использоваться при классификации водной растительности, определении степени полночленности типов фитоценозов, а также для прогноза динамики численности видов.

Заключение

В результате обследования водных объектов Пуховичской равнины по методу сеточного картирования получены подробные сведения о местах произрастания пяти видов гидрофитов семейства Аронниковые, что позволило объективно оценить их распространение в регионе. *S. polyrrhiza* отмечена в 150 локалитетах, *L. gibba* – в 59, *L. trisulca* – в 121, *L. minor* – в 193. Выявлено 48 новых местонахождений *L. turionifera.*

Широкоареальные аборигенные представители семейства Araceae – *L. minor, S. polyrrhiza* и *L. trisulca,* распространены по всей территории Пуховичской равнины и обнаружены в 100, 91, 89 % квадратов сетки соответственно.

L. turionifera в настоящее время является изредка встречающимся видом (отмечена в 41 % квадратов), положительно сопряженным экологически с *L. gibba*. Большинство локалитетов обоих видов приурочено к рекам (реже иным водным объектам), относящимся к водосборам рек Немана, Птичи, Волмы.

Установленная в рамках данной работы частота встречаемости *L. gibba,* приближающаяся к нижней границе градации «довольно часто», объясняется прогрессирующим расселением вида в умеренных областях Северного полушария, а также адаптацией ряски горбатой к обитанию в антропогенно эвтрофированных и иных нарушенных местообитаниях [18].

Учитывая полученный положительный опыт использования метода сеточного картирования в отношении достаточно сложного объекта исследования – видов водных растений, а также его доказанную высокую эффективность при изучении флор во многих странах мира [6], рекомендуется ввести данный подход в практику выявления редких, охраняемых и инвазионных видов растений в различных регионах Беларуси.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ по гранту «Природоохранная дифференциация гидрографических сетей на основе сеточного картирования водной флоры (на примере Пуховичской равнины)» (договор № Б21М-022 от 01.07.2021).

Литература

1. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. Т. 2. Liliopsida (Acoraceae, Alismataceae, Araceae, Butomaceae, Commelinaceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Lemnaceae, Najadaceae, Poaceae, Potamogetonaceae, Scheuchzeriaceae, Sparganiaceae, Typhaceae, Zannichelliaceae) / Д. И. Третьяков [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларус. навука, 2013. – Т. 2. – 447 с.

2. Савицкая, К. Л. Новые местонахождения водных и околоводных растений в центральной части подзоны бореальных ландшафтов Беларуси / К. Л. Савицкая, М. А. Джус, И. М. Степанович // Вестник Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2013. – №2. – С. 52–57.

3. Савицкая, К. Л. Новые местонахождения редких и охраняемых видов растений водных экосистем Минской области и Национального парка «Беловежская пуща» / К. Л. Савицкая, М. А. Джус // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63. – № 4. – С. 437–446.

4. Савицкая, К. Л. О находках редких видов водных растений в Минской области / К.Л. Савицкая, М.А. Джус // Веснік ВДУ. – № 4 (105). – 2019. – С. 41–53.

5. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси. Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.

6. Серегин, А. П. Флора Владимирской области: анализ данных сеточного картирования / А. П. Серегин // – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 441 с.

7. Папченков, В. Г. Основные гидроботанические понятия и сопутствующие им термины: Проект / В. Г. Папченков, А. В. Щербаков, А. Г. Лапиров. – Рязань: Сервис, 2003. – 21 с.

8. Жмылев, П. Ю. Биоморфология водных растений: проблемы и подходы к классификации жизненных форм / П. Ю. Жмылев, Леднев С. А., Щербаков А. В. // Леонид Васильевич Кудряшев. Ad memoriam: Сборник статей / Ред. А. К. Тимонин. – Москва: МАКС Пресс, 2012. – С. 101–128.

9. Капитонова, О. А. Конспект флоры макрофитов Вятско-Камского Предуралья / О. А. Капитонова // Фиторазнообразие Восточной Европы 2015, IX: 4. – 2015. – С. 4–85.

10. Василевич, В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич // – Л.: Наука, 1969. – 232 с.

11. Попов, С. В. Паттерны совместной встречаемости видов в сообществах птиц на границе тайги и лесостепи Зауралья / С. В. Попов // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2016. – Т. 26. – Вып. 3. – С. 83–97.

12. Byng, J. W. 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.

13. Джус, М. А. Ряска турионообразующая (*Lemna turionifera* Landolt, Lemnaceae) – новый вид для флоры Беларуси и Национального парка «Нарочанский» / М. А. Джус // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – Минск: Белорусский Дом печати, 2011. – Вып. 6. – С. 65–80.

14. Капитонова, О. А. Флора макрофитов Вятско-Камского Предуралья: монография / О. А. Капитонова. – Ярославль: Филигрань, 2021. – 568 с.

15. *Lemna turionifera* Landolt in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset https://doi.org/10.15468/39omei accessed via GBIF.org on 2022-06-26.

16. *Lemna gibba* L. in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset https://doi.org/10.15468/39omei accessed via GBIF.org on 2022-06-26.

17. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg [et al.] // Scripta Geobotanics. – Verlag Erich Goltze KG, Gottingen, 1991. – V. 18. – 248 s.

18. Капитонова, О. А. Ряска горбатая (*Lemna gibba*, Lemnaceae) – чужеродный вид во флоре Западной Сибири / О. А. Капитонова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по материалам XVII междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 24–27 мая 2018 г.) / АлтГУ, Юж.-Сиб. ботан. сад, Алтайское отд-ние Рус. ботан. о-ва. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2018. – С. 83–86.

Поступила в редакцию 27.06.2022 г.

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ
PHYTOCENOLOGY

УДК 502.5:528.8 (476.1-751.2)

Д. Г. ГРУММО, С. Г. РУСЕЦКИЙ, Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ БИОТОПОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» НА ОСНОВЕ НАЗЕМНО-ДИСТАНЦИОННЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

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

Аннотация. Изучена возможность вероятностной оценки пространственного распределения ключевых биотопов на территории национального парка «Нарочанский» с использованием спектральных и почвенных характеристик местности. Из представленных на территории парка 39 типов наземных биотопов (классификация EUNIS) для исследований были выбраны 12 ключевых местообитаний, имеющих наиболее важное значение для сохранения биоразнообразия региона.

В качестве исходных данных для геопространственного моделирования распространения ключевых биотопов использовали разносезонные мультиспектральные спутниковые изображения Sentinel-2 совместно с почвенными характеристиками, полученными на основе цифровой карты почв Мядельского района. Априорная информация о ключевых местообитаниях была получена из материалов лесоустройства, карт растительности, которые использовали для обучения вероятностной модели, и результатов геоботанических обследований, примененных для независимой оценки полученных результатов. Тематическая классификация проводилась методом случайных лесов. Точность полученных вероятностных оценок распространения ключевых биотопов (оптимизированная классификационная модель) составила в среднем 84,3%, что характеризует полученную нами модель как достаточно надежную. Общая площадь, занимаемая ключевыми биотопами, согласно нашим данным, составила 23,8 тыс. га, или 4,2% от площади исследуемой территории. Сравнение полученных вероятностных оценок с данными наземного обследования показало, что степень соответствия варьирует от 70,0% до 90,9%, при среднем значении сходства 82,4%.

Пересечение областей геопространственного моделирования и геоинформационных систем позволяет создавать картографические тематические продукты, прогнозного содержания, которые могут быть использованы в практике охраны природы.

Ключевые слова: национальный парк «Нарочанский», классификация биотопов EUNIS, Sentinel-2, Random Forest, дистанционное зондирование Земли.

D. G. GRUMMO, S. G. RUSETSKY, N. A. ZELIANKEVICH

SPATIAL DISTRIBUTION PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE NATIONAL PARK "NAROCHANSKY" KEY BIOTOPES ON THE GROUND AND REMOTE PROGNOSTIC PARAMETERS BASIS

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 possibility of a probabilistic assessment of the spatial distribution of key biotopes in the territory of the National Park "Narochansky" studied using the spectral and soil characteristics of the area. Of the 39 types of terrestrial biotopes (EUNIS classification) presented here, 12 key habitats selected for research, which are most important for the conservation of the region biodiversity.

For geospatial modeling of the distribution of key biotopes, multi-seasonal multispectral satellite images of Sentinel-2 used as initial data together with soil characteristics obtained from the Myadel district digital soil map. Infor-

mation about key habitats was obtained from forest management materials, vegetation maps and used to train a probabilistic model, as well as from the results of geobotanical surveys used to independent evaluation of results. Thematic classification carried out by the method of Random Forests. The accuracy of the obtained probabilistic estimates of the key biotopes distribution (optimized classification model) averaged 84.3%, which characterizes the model we obtained as quite reliable. According to our data, the total area occupied by key biotopes is 23.8 thousand hectares, or about 4.2% of the study area. Comparison of the obtained probabilistic estimates with ground survey data showed that the degree of agreement varies from 70.0% to 90.9%, with an average similarity value of 82.3%.

The intersection of the areas of geospatial modeling and geoinformation systems makes it possible to create cartographic thematic products with predictive content that can used in the practice of nature protection.

Keywords: National park "Narochansky", EUNIS, Sentinel-2, Random Forest, remote sensing data.

Введение

Деградация и потеря местообитаний[1], происходящая из-за изменений в землепользовании в условиях меняющегося климата, остается важным фактором сокращения биоразнообразия [1]. Получение количественных оценок по распространению и состоянию биотопов является фундаментальной задачей для разработки общей политики по поддержанию и улучшению биоразнообразия [2]. В последние два десятилетия становится все более очевидным, что оценка и мониторинг состояния местообитаний гораздо более эффективны для сохранения биоразнообразия, чем контроль популяций отдельных видов [3–6 и др.].

Биотопы являются центральным звеном европейской природоохранной политики [7, 8]. В 1992 г. была принята Директива 92/43/ЕЭС «Об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны» [9] (далее Директива о местообитаниях или Habitats Directive), которая вместе с Директивой Совета Европейского союза (ЕС) 79/409/ЕЭС об охране диких птиц формирует основу современного природоохранного законодательства Евросоюза. Принципы концепции биотопов как основы для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия начали применяться в Беларуси после присоединения страны к Бернской Конвенции [10]. Картографирование местообитаний находит все большее применение в планировании и управлении землепользованием, а также в природоохранной деятельности [11].

Европейское агентство по охране окружающей среды в настоящее время в качестве базовых рассматривает две классификации местообитаний – EUNIS (European Nature Information System) [12–14] и Приложение I Директивы о местообитаниях (The Annex I of the Habitats Directive) [9].

С появлением современных статистических методов и средств геоинформационного анализа развитие интеллектуальных моделей распространения местообитаний быстро возросло в экологии. Такие модели носят вероятностный характер, поскольку они статистически связывают различные параметры среды обитания с пространственным распределением растительных сообществ. Анализ взаимосвязей между видами и окружающей средой всегда был центральной задачей в экологии. Количественная оценка таких взаимосвязей видов с окружающей средой представляет собой основу прогнозирующего географического моделирования. Эти модели, как правило, основаны на различных гипотезах о том, как факторы окружающей среды контролируют распределение видов и сообществ [1].

Исследованию возможностей применения спутниковых данных в комбинации с другой тематической информацией для картографирования биотопов посвящено немало научных работ [1, 3, 15, 16 и др.]. В зависимости от охвата территории эта задача решается с помощью разных источников пространственных данных. При пространственном моделировании биотопов из классификации EUNIS на континентальном уровне с пространственным разрешением 1 км применяются два метода: «снизу-вверх»: пространственное моделирование с использованием данных геоботанических описаний; «сверху-вниз»: согласование карты земного покрова с пространственными данными о биотопах.

В первом подходе используются спутниковые тематические карты растительного покрова наземных экосистем и данные наземных наблюдений на площадках из европейского архива

[1]В научной литературе и природоохранной практике используется определения понятия «биотоп» (англ. biotope) и «местообитание» (англ. habitat) [1]. В рамках нашего исследования эти два понятия употребляются как синонимы. Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» определяет биотоп как «природный объект (участок территории или акватории) с однородными экологическими условиями, являющийся местом обитания сообщества тех или иных видов диких животных и произрастания дикорастущих растений», а ключевой биотоп это «обладающий какими-либо уникальными (отличными от окружения) свойствами, благодаря которым он имеет повышенное значение для сохранения биоразнообразия для данной территории» [4].

растительности EVA [17], по которым определяются условия местопроизрастания и устанавливаются связи с параметрами окружающей среды (почва, климат и др.). Затем осуществляется пространственное моделирование вероятности расположения биотопа методом максимальной энтропии MaxEnt [18, 19].

В качестве индикаторов окружающей среды для биотопа используются характеристики потенциальной эвапотранспирации и прямой солнечной радиации, уровень кислотности верхнего горизонта почв, сезонной динамики температур воздуха и осадков, максимума нормализованного вегетационного индекса и удаленности от водных объектов (река, озеро и море). Для уточнения местоположения биотопов применяется второй подход («сверху вниз»), который предусматривает использование спутниковых карт породной структуры лесов и сомкнутости древостоя высокого разрешения (20 м) в сочетании с результатами наземных обследований, собранных на регулярных сетях ICP-Forests и национальных систем инвентаризации стран Европы [1]. В качестве предикторов состояния окружающей среды рассматриваются данные карт почвы, температуры и осадков. С помощью ГИС-анализа наземные данные регулярных сетей интерполируются до пространственного разрешения спутниковых карт, и затем с помощью MaxEnt моделируется вероятность местоположения биотопа на территории Европы [1, 20].

Для построения карт биотопов небольших локальных территорий многие авторы используют такие пространственные индикаторы как данные рельефа (абсолютные высоты, крутизна склона и его ориентация) и его индексы (TWI, TPI и др.), величину падающей солнечной радиации, значения яркостных коэффициентов отражения земного покрова в спектральных диапазонах, данные лидарной съемки, сезонные климатические измерения температуры воздуха и осадков, почвенные и ландшафтные карты [1, 21–26].

Целью наших исследований являлось получение вероятностных оценок пространственного распространения ключевых биотопов на основе комбинации данных наземных обследований, серии спутниковых изображений и почвенных характеристик местности, включая определение оптимального состава исходных индикаторов (признаков) и степени надежности получаемых результатов.

Объекты и методы исследования

Тестовым полигоном для исследований явилась территория, которая расположена (WGS-84) между $54^0 32'$–$55^0 02'$ с.ш. и $25^0 58'$–$27^0 40'$ в.д. Ядро исследуемого региона – национальный парк «Нарочанский», однако нами целенаправленно была рассмотрена область с буферной зоной 15–30 км вокруг границ особо охраняемой природной территории (ООПТ) для того, чтобы: а) выделить природно-территориальные комплексы, перспективные для включения в состав земель ООПТ; б) увеличить объем наземных данных по редко встречающимся местообитаниям и тем самым повысить точность геоинформационной модели вероятностной оценки выявления ключевых биотопов модельных территорий.

Район исследования как территориальная единица входит в структуру Поставского района Витебской области, Мядельского района Минской области, Островецкого района Гродненской области. Максимальная протяженность с севера на юг – 56,8 км, с запада на восток – 96,7 км. Общая площадь составляет 572,8 тыс. га.

В качестве прогностических параметров вероятностной оценки выявления ключевых биотопов использовались признаки растительности (определяемые по спектральным характеристикам спутниковых данных) и экотопа (почвенные условия). Такой выбор представляется вполне обоснованным, поскольку именно эти индикаторы точно отражают особенности рельефа, гидрологии, климата и других природных факторов.

Перечень ключевых биотопов, выбранный в качестве тестовых для разработки геоинформационной модели их вероятностной оценки представлен в табл. 1.

В 2004–2019 гг. в национальном парке «Нарочанский» проведены геоботанические исследования наземных экосистем с геопривязкой заложенных учетных площадок (100–500 м^2) при помощи GPS-навигатора, что позволяет использовать собранные данные в тематической обработке спутниковых изображений. В ходе выполнения геоботанических описаний характеризовали местоположения и ярусную структуру растительных сообществ, составляли полные списки видов сосудистых растений и мхов, в ряде случаев выборочно определяли возраст деревьев при помощи бурава Пресслера [27], проводили описания почвенных условий [28], измерение экологических параметров. Также по итогам многолетних исследований составили крупномасштабные (М 1: 60 000 – 1: 100 000) геоботанические карты национального парка и прилегающих территорий [11, 29, 30].

Таблица 1. Перечень исследуемых ключевых биотопов

Table 1. List of key biotopes studied

Код биотопа EUNIS	Наименование биотопа EUNIS	Соответствие биотопов системы EUNIS биотопам, охраняемым в Беларуси в соответствии с ТКП 17.12-06-2021
D1.111	Кочки, гряды и ковры верхового болота	5.1 Верховые болота
D2.39	Ковры с вахтой трехлистной [Menyanthes trifoliata] и сабельником болотным [Comarum palustre]	5.3. Переходные болота
D2.3B	Осоково-гипновые низинные болота	5.9. Низинные осоковые болот
D4.15	Богатые низинные болота с осоками двудомной [Carex dioica] и желтой [C. flava]	5.8. Карбонатные болота
G1.21	Периодически затопляемые ясенево-черноольховые [*Fraxinus excelsior, Alnus glutinosa*] влажные леса в поймах рек	6.8. Лиственные леса в долинах рек
G3.42112	Субконтинентальные сосновые [Pinus sylvestris] лишайниковые леса	6.10. Сосняки лишайниковые
G3.D11	Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] багульниковые [Ledum palustre] болотные леса	6.7 Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на переходных болотах
G3.D13	Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] пушицево-сфагновые болотные леса	
G3.D23	Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] сфагновые леса на низинных болотах богатого минерального питания	
G3.D3	Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] гипновые леса на низинных болотах	
G5.64	Слабооблесенные верховые болота на ранних стадиях формирования болотных лесов	5.1 Верховые болота
X04	Комплексы растительности на верховом болоте	5.1 Верховые болота

Логическая схема последовательности научно-исследовательских работ по вероятностной оценке пространственного распределения ключевых биотопов на основе наземно-дистанционных данных включает 7 этапов.

1. Подбор исходных данных для геопространственного моделирования. Для моделирования распределения ключевых биотопов использовали два типа геопространственных данных: а) мультиспектральные спутниковые изображения Sentinel-2 [31]; б) почвенные характеристики, полученные на основе анализа карты почв Мядельского района.

Было проанализировано более 100 сцен программы Sentinel-2 из онлайн-архива Европейского космического агентства (ESA) за период с 2017 г. по 2019 г. и отобрано для тематической обработки 6 безоблачных разносезонных изображений (продукты уровня L1C) за следующие даты: 12 августа и 26 сентября 2017 г., 9 мая и 14 октября 2018 г., 2 апреля и 19 апреля 2019 г.

Исходные значения спектральных яркостей на уровне верхних слоев атмосферы отобранных изображений были преобразованы в 3 главные компоненты с использованием ортогонального преобразования Tasseled Cap для Sentinel-2 [32]. Данный подход позволяет сократить объем данных с нескольких мультиспектральных каналов до трех основных компонентов без существенной потери информативности, а также снизить влияние атмосферных искажений и помех без проведения атмосферной коррекции.

Почвенные признаки формировались на основе карты (М 1: 50 000) почв Мядельского района. Информация, содержащаяся в карте, использована для создания тематических баз данных. Для этого выполняли следующие работы: сканирование фондового картографического материала, геопривязка, векторизация данных и добавление атрибутивной информации.

На втором подэтапе векторную тематическую карту почв проектной территории преобразовали для каждого исследуемого биотопа в бинарные растровые изображения (рис. 1), в которых значения каждого пикселя условно кодировали как «0» (почвенные признаки не соответствуют данному типу биотопа) и «1» (почвенные признаки соответствуют данному типу биотопа).

В качестве априорной информации о биотопах проектной территории использовали: материалы базового лесоустройства, включающие географически привязанную сеть выделов с полными таксационными описаниями [33]; карту растительности, составленную на основе синтеза лесоустроительных материалов, данных наземного обследования и дешифрирования спутниковой информации [11].

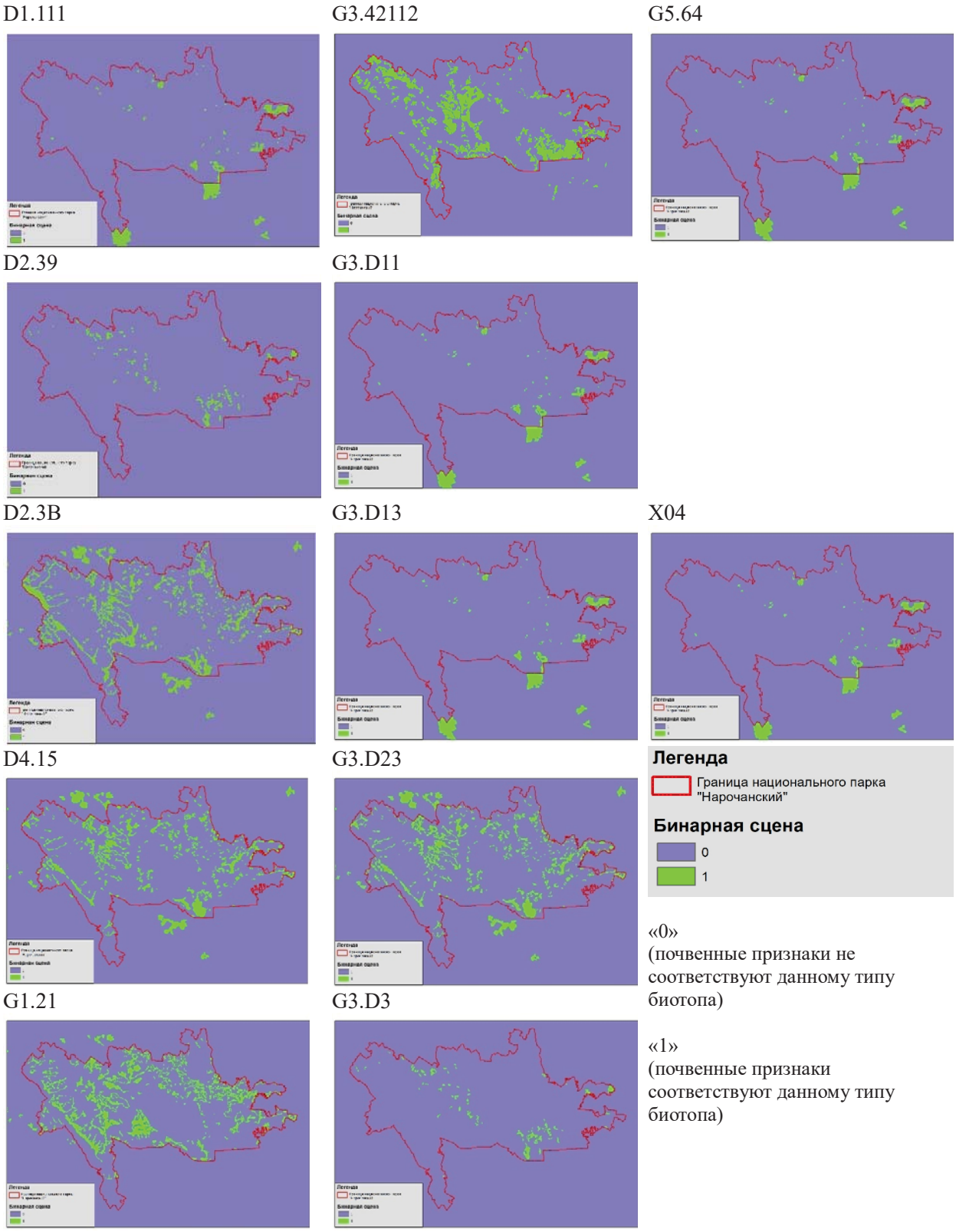


Рис. 1. Бинарные растровые изображения, характеризующие почвенные условия ключевых местообитаний

Fig. 1. Binary raster images that characterize key habitat soil conditions

2. Формирование эталонной и контрольной выборок. Маска протобиотопов сформирована на основе материалов лесоустройства [33], карт растительности национального парка «Нарочанский» [11], заказников «Габы» [30], «Сервечь» [29]; полигональный слой эталонов, сформирован на основе 580 геоботанических описаний путем дешифрирования материалов космосъемки пространственного разрешения 1–10 м. Выборка эталонных участков была сформирована на основе пространственного пересечения сети протобиотопов с результатами автоматической сегментации спутниковых изображений Sentinel-2 алгоритмом SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) [34]. Для сегментации использовали все спектральные признаки с пространственным разрешением 20 м.

Эталонные точки были созданы путем стратифицированной случайной выборки в пределах групп биотопов, при этом соблюдались следующие условия: минимальное расстояние между точками не менее 50 м (для минимизации эффекта пространственной сопряженности) и таким же минимальным отступом от границы полигона (для устранения «краевого эффекта»). Далее из полученной выборки исключали попавшие в один сегмент дубликаты и извлекали спектральные и почвенные признаки.

Из эталонной выборки в качестве контроля было изъято по 20 точек для каждого класса и из оставшейся части были удалены точки, лежащие в буфере 100 метров от контрольных.

Исходя из оставшегося числа полученных точек данных, представляющих классы (от 82 до 6000) была установлена верхняя граница количества точек для класса – 400. Такой подход позволил сформировать относительно сбалансированную по составу обучающую выборку для дальнейшей классификации – от 82 до 400 наблюдений в каждом из 12 классов ключевых биотопов и 935 для «всех прочих», которые объединялись из групп лесных, нелесных и водных участков, не относящихся к категориям ключевых.

3. Пространственное моделирование. Для предварительного анализа разделимости классов в пространстве спектральных и почвенных признаков были построены визуальные представления распределений точек данных с помощью алгоритма t-SNE (стохастическое вложение соседей с t-распределением) [35], позволяющего проецировать многомерные данные на двумерное пространство.

Как видно из рис. 2 и 3, совокупный набор спектральных и почвенных признаков дает для некоторых классов лучшую разделимость. Так, например, классы 4 (D4.15) и 5 (D2.3B), сильно перекрывающиеся в пространстве спектральных признаков с классом 6 (объединяет прочие биотопы), при включении почвенных характеристик становятся хорошо различимы.

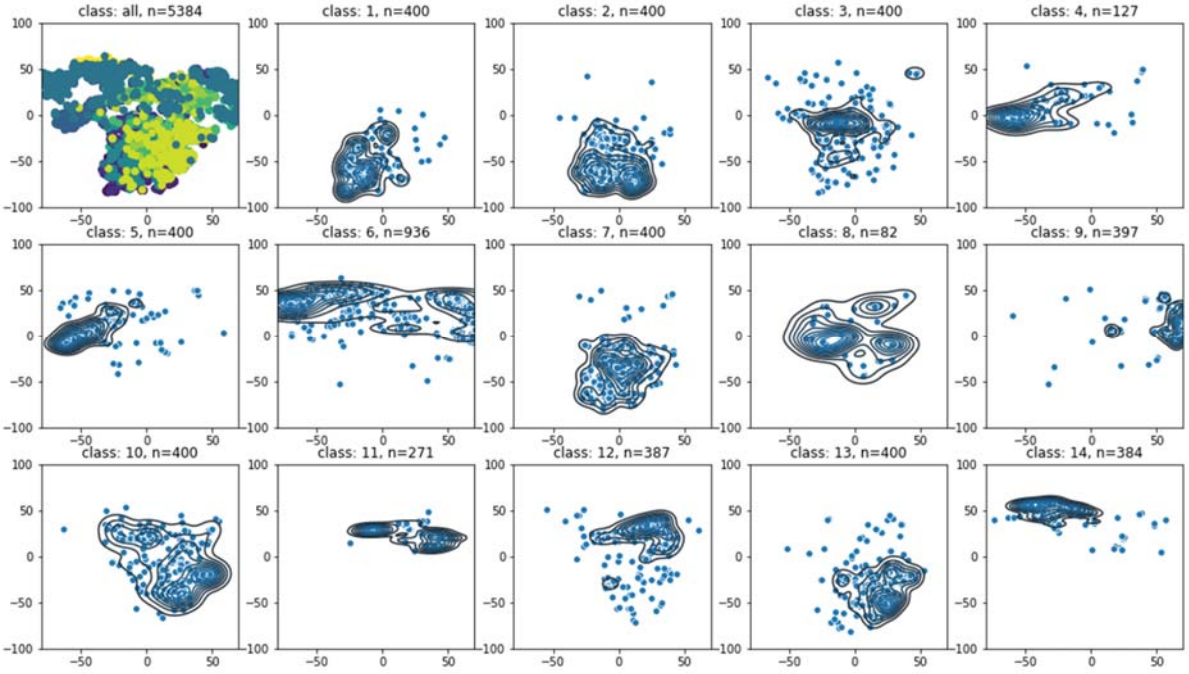


Рис. 2. Распределение тестовых участков в пространстве спектральных признаков

Fig. 2. Distribution of test plots in the space of spectral features

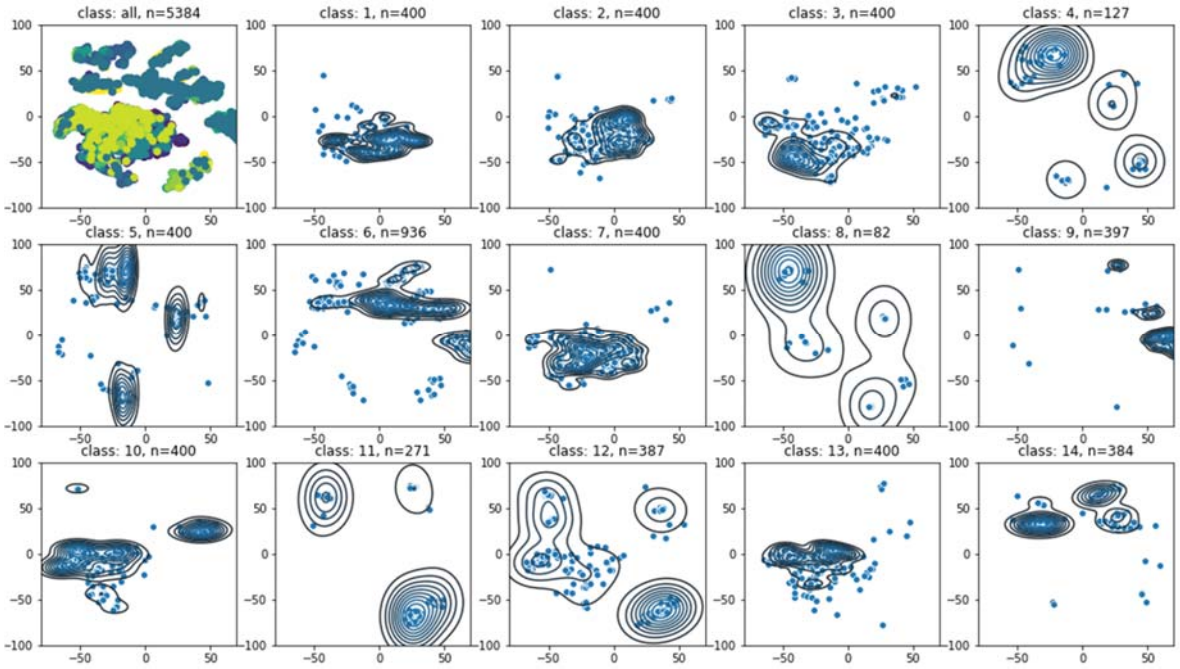


Рис. 3. Распределение тестовых участков в пространстве спектральных и почвенных признаков

Fig. 3. Distribution of test plots in the space of spectral and soil features

Это позволяет предположить, что карта почв наряду со спектральными параметрами сможет повысить точность геоинформационной модели.

Для анализа возможностей распознавания ключевых биотопов и получения вероятностных оценок их пространственного распределения по территории исследования мы использовали алгоритм машинного обучения «Случайных лесов» – «Random Forest» [36]. Оценки вероятностей, полученные этим методом, как правило, являются достаточно объективными без дополнительной калибровки [37].

В качестве переменных при обучении классификационной модели использовали медианные значения спектральных и почвенных признаков, рассчитанные в пределах сегментов входного изображения, соответствующих отобранным эталонным участкам. Степень информативности каждой из переменных оценивали на основе критериев MDA – «Mean Decrease in Accuracy» и MDI – «Mean Decrease in Impurity» (рис. 4, 5).

Формально среди спектральных признаков наибольшую информативность продемонстрировали (см. рис. 4) значения Greenness TC (компонента Tasselled Cap, максимизирующая отклик зеленой растительности), наименьшую – Brightness TC (компонента Tasselled Cap, максимизирующая отклик открытой почвы), Wetness TC (компонента Tasselled Cap, максимизирующая отклик влажности почвы и полога растительности). Наиболее значимыми периодами съемки для распознавания биотопов оказались конец сентября и конец мая, наименее значимым – начало апреля (см. рис. 4, 5).

Из 12 исходных почвенных признаков самыми информативными были признаки для 4 типов биотопов (см. рис. 4) с наиболее специфическими для района исследования экологическими условиями: D2.3B (осоково-гипновые низинные болота), G3.D23 (бореальные сосновые [Pinus sylvestris] сфагновые леса на низинных болотах богатого минерального питания), D4.15 (богатые низинные болота с осоками двудомной [Carex dioica] и желтой [C. flava]), G3.42112 (субконтинентальные сосновые [Pinus sylvestris] лишайниковые леса) (рис. 6).

Если сравнивать группы спектральных и почвенных признаков, наиболее информативными являются спектральные, хотя критерий MDI (см. рис. 4) отмечает как наиболее значимые среди всех признаков – почвенные (код Soil_D2.3B). Поскольку высоко значимые признаки отмечаются в обоих группах и общее их количество (31) не слишком велико для выбранного метода классификации, то для построения финальной классификационной модели решено использовать полный набор переменных, 56% из которых приходится на спектральные признаки.

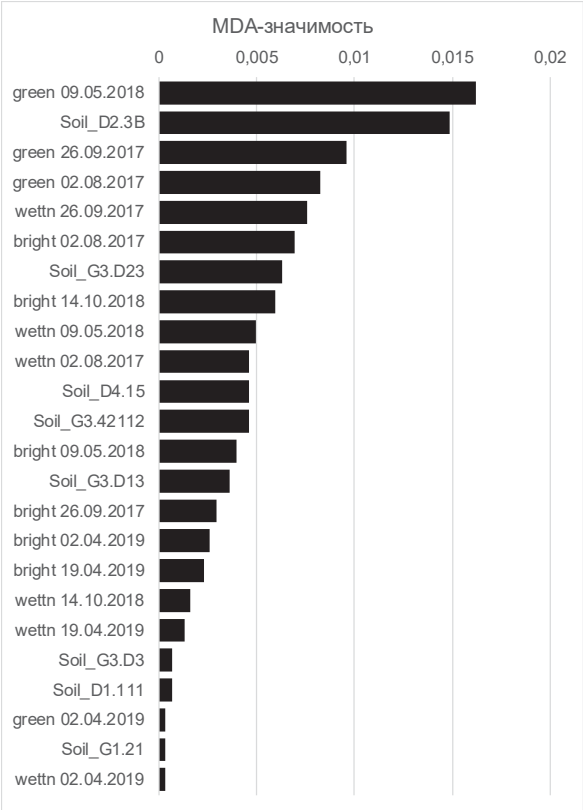


Рис. 4. Информативность переменных разного типа по критерию MDA

Fig. 4. Information value of different types variables according to the MDA criterion

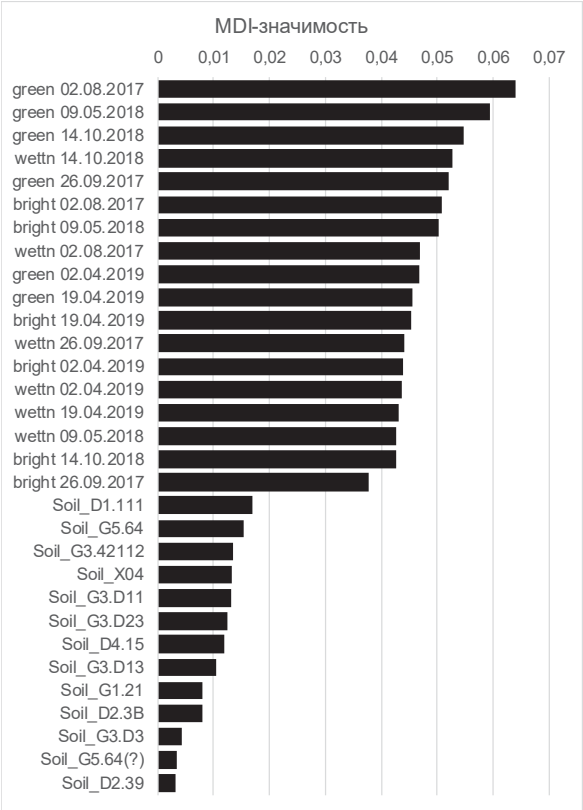


Рис. 5. Информативность переменных разного типа по критерию MDI

Fig. 5. Information value of different types variables according to the MDI criterion

Кроме того, нам не удалось обнаружить как единственно необходимых, так и абсолютно бесполезных спектральных каналов и почвенных признаков, а также периодов съемки среди исходного набора переменных.

По результатам классификации было получено 12 тематических изображений территории национального парка и его окрестностей с пространственным разрешением 20 м, характеризующие вероятность отнесения каждого пикселя к одному из типов ключевых биотопов (см. рис. 6).

4. Анализ точности вероятностных оценок «сырой модели». Качество классификационной модели оценивалось стандартным для случайных лесов методом out-of-bag (OOB), когда случайная выборка для построения дерева решений генерируется с помощью бутстрепа (т.е. с возвращением элементов), а та часть измерений, которая не попала в эту выборку, используется в качестве контрольных данных.

Общая OOB-точность модели составила 71,2% при величине OOB-каппы, равной 0,69. Точность распознавания отдельных классов варьирует в пределах от 51 до 91% (табл. 2). Наиболее высокие значения точности характерны для биотопов G3.D23 (91%), G1.21 (83%), D2.3B (82%), G3.42112 (82%), X04 (73%); наиболее низкие для G3.D13 (61%), G5.64 (59%), D4.15 (57%), D1.111 (51%).

Анализ матрицы ошибок (рис. 7, см. табл. 2), показал, что между собой сильно спутываются: классы 1 (X04) и 2 (D1.111); классы 4 (D4.15) и 5 (D2.3B); классы 7 (G5.64) и 13 (G3.D13). Биотопы этих классов близки по экологическим свойствам и морфологии фитоценозов, поэтому для уточнения вероятностной модели возможно их объединение, без существенной потери информационной нагрузки.

Точность результатов вероятностной классификации оценивалась на основе показателя Бриера [38] и величины площади под ROC-кривой [39], рассчитанных индивидуально для каждого из 13 тематических классов относительно исходных прототипов биотопов (рис. 8, табл. 3). Оптимальные пороговые значения вероятностей для однозначного отнесения пикселей изображения к ключевым биотопам определялись автоматически по критерию минимума суммарного числа ошибок распознавания I и II рода.

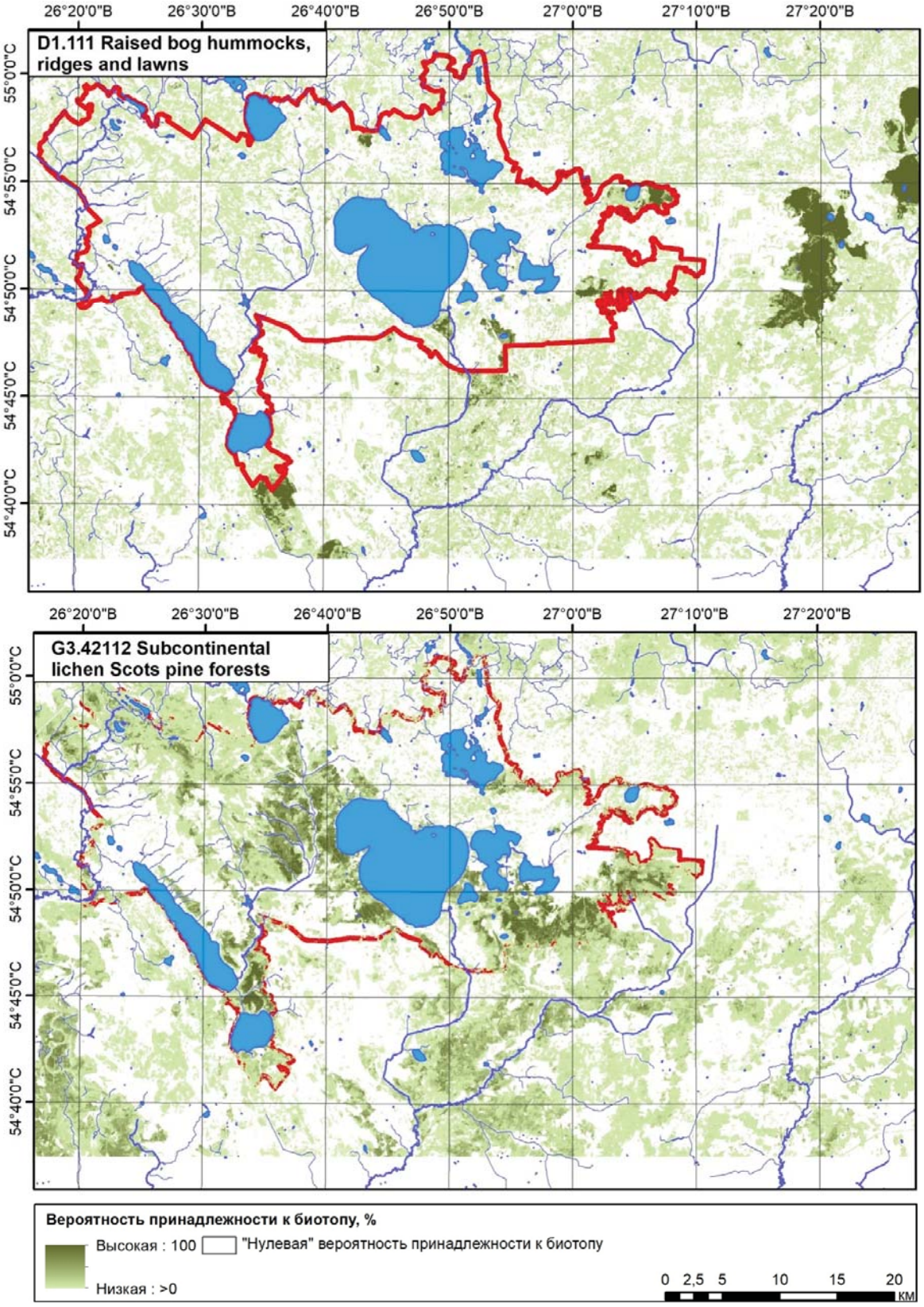


Рис. 6. Пример вероятностных оценок пространственного распределения некоторых ключевых биотопов в границах национального парка «Нарочанский» и прилегающих территорий («сырая модель»)

Fig. 6. Case study of probabilistic assessments of some key biotopes spatial distribution within the boundaries of the National Park "Narochansky" and adjacent territories ("raw model")

Таблица 2. ООВ-матрица ошибок,
полученная в процессе обучения классификационной модели случайных лесов

Table 2. Out-of-bag error matrix in the process of training a Random Forests classification model

№ п/п	Код биотопа EUNIS	1 X04	2 D1.111	3 D2.39	4 D4.15	5 D2.3B	6 Прочие	7 G5.64	8 G3.42112	9 G3.D11	10 G3.D23	11 G3.D3	12 G3.D13	13 G1.21	Всего	U_acc
1	X04	292	64	14	0	0	0	17	0	3	0	1	8	0	400	0,73
2	D1.111	104	204	34	0	1	0	30	1	6	0	0	19	0	400	0,51
3	D2.39	19	19	276	0	18	8	21	0	15	1	5	17	1	400	0,69
4	D4.15	0	0	0	72	34	4	0	0	0	4	8	0	0	127	0,57
5	D2.3B	2	2	6	9	328	29	4	0	8	4	4	0	1	400	0,82
6	Прочие	0	1	3	1	24	705	0	107	8	4	14	0	67	935	0,75
7	G5.64	17	45	44	0	0	2	235	0	9	0	2	45	0	400	0,59
8	G3.42112	0	0	1	0	0	69	1	324	0	1	1	0	0	397	0,82
9	G3.D11	1	3	15	0	4	12	22	0	264	0	19	58	1	400	0,66
10	G3.D23	0	0	0	0	0	1	0	0	1	247	22	0	0	271	0,91
11	G3.D3	3	4	5	2	8	4	9	0	37	32	269	11	0	386	0,70
12	G3.D13	14	17	16	0	2	2	49	0	50	1	5	244	0	400	0,61
13	G1.21	0	0	1	0	1	61	0	0	0	0	1	0	320	384	0,83
Всего		452	359	415	86	428	898	391	432	403	296	354	406	391	5311	
P_acc		0,646 0,084	0,568 0,067	0,665 0,077	0,837 0,016	0,766 0,08	0,785 0,167	0,601 0,073	0,75 0,08	0,655 0,075	0,834 0,055	0,76 0,066	0,601 0,075	0,818 0,073		**0,71**

Примечания. U_Acc – User's Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F 1 – среднее гармоническое между U_Acc и P_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P_Acc –Producer's Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки "Всего"), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

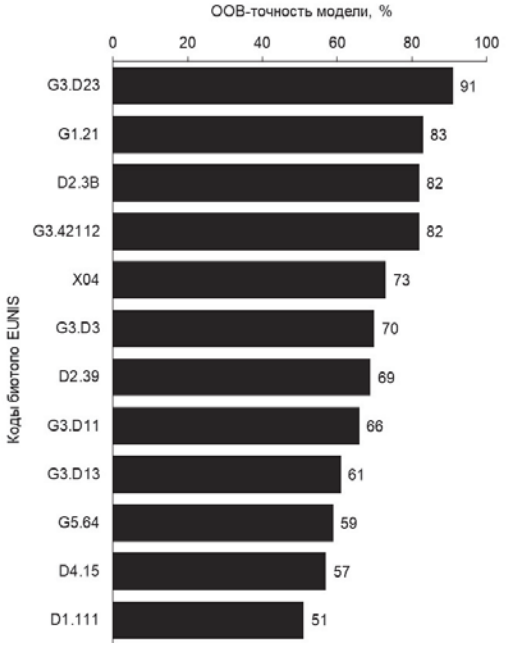


Рис. 7. Оценка ООВ-точности модели в разрезе тестовых классов биотопов

Fig. 7. Estimation of out-of-bag accuracy of the model in the context of biotopes test classes

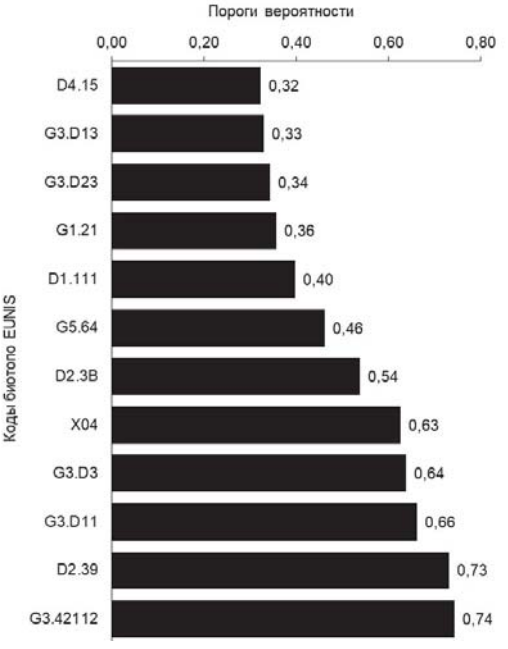


Рис. 8. Оценка оптимальных порогов вероятности определения каждого класса по критерию минимума ошибок классификации

Fig. 8. Estimation of the probability of determining the optimal thresholds of each class according to the criterion of minimum classification errors

Таблица 3. Основные характеристики полученных вероятностных оценок пространственного распределения ключевых биотопов в пределах проектной территории («сырая модель»)

Table 3. Main characteristics of probabilistic assessments of the key biotopes spatial distribution within the study area ("raw model")

№ биотопа	Код биотопа EUNIS	AUC	Brier	Порог вероятности
1	X04	0,95	0,0403	0,6265
2	D1.111	0,9	0,0444	0,3976
3	D2.39	0,94	0,0372	0,7309
4	D4.15	0,99	0,0129	0,3227
5	D2.3B	0,97	0,0321	0,5382
6	Прочие	0,97	0,0500	0,3025
7	G5.64	0,96	0,0337	0,4618
8	G3.42112	0,96	0,0269	0,7430
9	G3.D11	0,98	0,0254	0,6627
10	G3.D23	1	0,0056	0,3439
11	G3.D3	1	0,0140	0,6386
12	G3.D13	0,95	0,0316	0,3293
13	G1.21	1	0,0114	0,3574

Примечания. AUC – Area under ROC-curve – доля площади по ROC-кривой (больше – лучше); Brier – показатель Бриера, изменяется от 0 до 1 (меньше – лучше); Порог вероятности – оптимальное значение вероятности, при котором минимизируется

Значения площади под ROC-кривой, определяющие точность вероятностных оценок, для ключевых биотопов находятся в пределах от 90 до 100%, а показатели Бриера не превосходят величины 0,05, что можно интерпретировать как достаточно надежный результат (см. табл. 3).

Для сравнения результатов классификации с наземными геоботаническими описаниями вычисляли средние значения вероятностей отнесения пикселей к тому или иному биотопу в радиусе 15 м от центра пробной площади (т.е. на площадке 3×3 пикселя), после чего весь участок относили к биотопу с максимальным значением средней вероятности.

Сравнение полученных вероятностных оценок с данными наземных обследований (типами биотопов, которые были диагностированы для площадок с геоботаническими описаниями) продемонстрировало, что показатели сходимости в среднем составили 71%. Наиболее низкие значения характерны для следующей группы биотопов: D2.39 (55%), G3.D13 (55%), X04 (45%), D1.111 (25%). Наиболее высокая сходимость данных моделирования (85–100%) и полевой проверки установлена для следующих биотопов G3.D23 (95%), G3.D3(95%), G1.21 (90%), D4.15 (85%) (табл. 4).

Оценки точности неоптимизированной «сырой модели» с использованием различных групп признаков показала, что наибольшую точность имеет модель, рассчитанная с использованием спектральных и почвенных переменных, наименьшую – с использованием только почвенных признаков (рис. 9).

6. Оптимизация геоинформационной модели. Оптимизация модели вероятностной оценки ключевых биотопов проведена по следующим направлениям: а) объединение близких тематических классов с высокой степенью «сопряжения» (табл. 5); б) оценка оптимальных порогов вероятности определения каждого класса по критерию минимума ошибок классификации (табл. 6).

Для улучшения точности классификационной модели было выполнено объединение наиболее спутываемых классов по схеме (см. табл. 5) и применено пороговое отсечение. В результате чего общая площадь территории, однозначно отнесенной к какому-либо из 9 оставшихся тематических классов, сократилась на 24%, при этом точность, достигаемая на оставшейся территории, повысилась до 84% (табл. 7).

Сравнение полученных вероятностных оценок с данными контрольной группы показало сходные результаты с таковыми для эталонной выборки (табл. 8).

7. Анализ результатов моделирования. По результатам классификации была получена серия «оптимизированных» тематических изображений вероятностной оценки пространственного распределения ключевых модельных биотопов проектной территории (см. рис. 6).

Таблица 4. Сравнение результатов моделирования («сырая модель») с наземными данными в пределах проектной территории

Table 4. Comparison of modeling results ("raw model") with ground data within the study area

№ п/п	Код биотопа	1 X04	2 D1.111	3 D2.39	4 D4.15	5 D2.3B	6 Прочие	7 G5.64	8 G3.42112	9 G3.D11	10 G3.D23	11 G3.D3	12 G3.D13	13 G1.21	Всего	U_acc
1	X04	9	5	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	20	0,45
2	D1.111	7	5	1	0	0	1	4	1	0	0	1	0	0	20	0,25
3	D2.39	2	2	11	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	20	0,55
4	D4.15	0	0	0	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,85
5	D2.3B	0	0	0	0	14	4	0	0	1	0	1	0	0	20	0,7
6	Прочие	0	0	0	0	2	27	0	8	1	0	0	0	4	42	0,64
7	G5.64	2	0	2	0	0	0	12	0	2	0	0	2	0	20	0,6
8	G3.42112	0	0	1	0	0	2	0	17	0	0	0	0	0	20	0,85
9	G3.D11	0	0	1	0	1	1	0	0	15	0	1	1	0	20	0,75
10	G3.D23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	20	0,95
11	G3.D3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	20	0,95
12	G3.D13	0	0	1	0	0	0	3	0	4	1	0	11	0	20	0,55
13	G1.21	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	18	20	0,9
Всего		20	12	22	17	22	37	22	26	24	20	23	15	22	282	
P_acc		0,45 0,066	0,417 0,04	0,5 0,073	1 0,056	0,636 0,073	0,73 0,123	0,545 0,073	0,654 0,086	0,625 0,079	0,95 0,066	0,826 0,076	0,733 0,05	0,818 0,073		0,69

Примечания. U_Acc – User's Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F 1 – среднее гармоническое между U_Acc и P_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P_Acc –Producer's Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки "Всего"), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

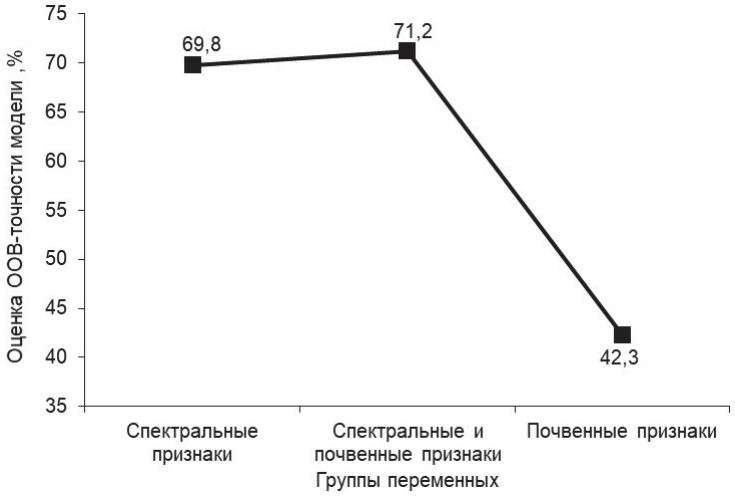


Рис. 9. Оценки точности неоптимизированной «сырой модели» с использованием различных групп

Fig. 9. Estimates of the non-optimized "raw model" accuracyusing different groups

Таблица 5. Схема объединения тематических классов с высокой степенью «сопряжения»

Table 5. Scheme for combining thematic classes with a high degree "conjugation"

Код и тип объединяемых биотопов		Результат объединения (код биотопа)
1 класс (X04)	2 класс (D1.111)	D1.111
4 класс (D4.15)	5 класс (D2.3B)	D2.3B
7 класс (G5.64)	13 класс (G3.D13)	G3.D13

Таблица 6. Основные характеристики полученных вероятностных оценок пространственного распределения ключевых биотопов в пределах проектной территории («оптимизированная модель»)

Table 6. Main characteristics of probabilistic assessments of the key biotopes spatial distribution within the study area ("optimized model")

№ биотопа	Код биотопа EUNIS	AUC	Brier	Порог вероятности	Площадь, га	
					га	% от площади проектной территории
1	D1.111	0,95	0,0528	0,5984	4410,0	0,8
2	D2.39	0,94	0,037	0,6908	412,7	0,1
3	D2.3B	0,98	0,0289	0,4448	10437,7	1,8
4	G3.D13	0,96	0,0519	0,5663	2131,3	0,4
5	G3.42112	0,96	0,0267	0,7751	1655,3	0,3
6	G3.D11	0,98	0,0249	0,6104	767,3	0,1
7	G3.D23	1,0	0,0056	0,3359	569,4	0,1
8	G3.D3	1,0	0,014	0,6499	580,5	0,1
9	G1.21	1,0	0,012	0,6185	2894,5	0,5
Всего					**23858,7**	**4,2**

Примечания. AUC – Area under ROC-curve – доля площади по ROC-кривой (больше – лучше); Brier – показатель Бриера, изменяется от 0 до 1 (меньше – лучше); Порог вероятности – оптимальное значение вероятности, при котором минимизируется

Таблица 7. ООВ-матрица ошибок, полученная в процессе обучения оптимизированной классификационной модели случайных лесов

Table 7. Out-of-bag error matrix in the process of training a Random Forests optimized classification model

№ п/п	Код биотопа EUNIS	Кол-во контрольных точек, отброшенных при пороговом отсечении	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего	U_acc	F1
			D1.111	D2.39	D2.3B	Прочие	G3.D13	G3.42112	G3.D11	G3.D23	G3.D3	G1.21			
1	D1.111	165	594	5	1	0	35	0	0	0	0	0	800	0,743	0,803
2	D2.39	228	21	117	10	8	15	0	0	0	0	0	399	0,293	0,442
3	D2.3B	56	1	1	429	27	0	0	0	5	0	0	519	0,827	0,859
4	Прочие	103	0	0	18	763	0	17	0	3	1	29	934	0,817	0,779
5	G3.D13	300	59	6	1	1	427	0	6	0	0	0	800	0,534	0,637
6	G3.42112	104	0	0	0	119	0	173	0	1	0	0	397	0,436	0,589
7	G3.D11	177	1	1	1	11	55	0	150	0	2	0	398	0,377	0,536
8	G3.D23	7	0	0	0	1	0	0	0	256	7	0	271	0,945	0,877
9	G3.D3	136	3	0	4	2	4	0	4	46	184	0	383	0,480	0,631
10	G1.21	26	0	0	0	92	0	0	0	0	0	266	384	0,693	0,784
Всего		1302	679	130	472	1024	540	190	160	313	197	295			
P_acc			0,875	0,9	0,909	0,745	0,791	0,911	0,938	0,818	0,934	0,902		0,843	

Примечания. U_Acc – User's Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F 1 – среднее гармоническое между U_Acc и P_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P_Acc –Producer's Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки "Всего"), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

Таблица 8. Матрица ошибок, полученная при сравнении результатов тематической классификации с данными контрольной группы

Table 8. Matrix of errors of comparing the thematic classification results with the control group data

№ п/п	Код биотопа EUNIS	1 D1.111	2 D2.39	3 D2.3B	4 Прочие	5 G3.D13	6 G3.42112	7 G3.D11	8 G3.D23	9 G3.D3	10 G1.21	Всего	U_acc	F1
1	D1.111	25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	26	0,96	0,91
	D2.39	2	7	2	0	1	0	0	0	0	0	12	0,58	0,74
3	D2.3B	0	0	34	4	0	0	0	0	0	0	38	0,89	0,89
4	Прочие	0	0	2	31	0	2	0	0	0	1	36	0,86	0,79
5	G3.D13	2	0	0	0	22	0	2	1	0	0	27	0,81	0,88
6	G3.42112	0	0	0	3	0	11	0	0	0	0	14	0,79	0,81
7	G3.D11	0	0	0	1	0	0	13	0	0	0	14	0,93	0,9
8	G3.D23	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	1,0	0,98
9	G3.D3	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	19	1,0	0,97
10	G1.21	0	0	0	3	0	0	0	0	0	17	20	0,85	0,89
Всего		29	7	38	42	23	13	15	21	20	18	246		
P_acc		0,86	1	0,89	0,74	0,96	0,85	0,87	0,95	0,95	0,94		0,89	

Примечания. U_Acc – User's Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F 1 – среднее гармоническое между U_Acc и P_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P_Acc –Producer's Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки "Всего"), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

Результаты и обсуждение

С использованием оптимальных пороговых значений вероятностей (оптимальное значение вероятности, выше которого пиксели изображения были однозначно отнесены к соответствующему ключевому биотопу) мы оценили потенциальные площади, занимаемые ключевыми биотопами модельной территории (рис. 10).

Согласно нашим оценкам, рассматриваемые типы ключевых биотопов суммарно занимают 23,8 тыс. га (4,2% исследуемой территории) (см. табл. 6). Из них наиболее распространенными являются: D2.3B (осоково-гипновые низинные болота) – 10437,7 га или 43,7% от общей площади биотопов модельной группы; D1.111 (кочки, гряды и ковры верхового болота) – 4410,1 га (18,5%); G3.D13 (бореальные сосновые [Pinus sylvestris] пушицево-сфагновые болотные леса) – 2131,3 (8,9%); G3.D11 (бореальные сосновые [Pinus sylvestris] багульниковые [Ledum palustre] болотные леса) – 767,3 га (3,2%).

Сравнение полученных вероятностных оценок с данными наземного обследования показало, что степень соответствия варьирует от 70 до 90,9% в зависимости от биотопа, при среднем значении сходства 82,3% (табл. 9).

Пересечение результатов геопространственного моделирования и возможностей инструментальных геоинформационных систем позволяет создавать картографические тематические продукты, имеющие практическое значение по 3 основным направлениям использования: 1) тематическое картографирование биотопического разнообразия; 2) построение прогнозных моделей на основе местоположений (например, выявления потенциальных мест произрастаний редких и охраняемых видов растений); 3) геопространственный анализ и управленческие решения в природоохранных целях (выделение перспективных ООПТ, функциональное зонирование объектов природно-заповедного фонда, проектирование систем мониторинга биоразнообразия).

Примеры таких тематических карт представлены на рис. 11–13. Анализируя их содержание можно отметить, что значительные площади ключевых биотопов размещены вне границ национального парка «Нарочанский» и маркируют потенциальные места для его территориального развития в ближайшей перспективе.

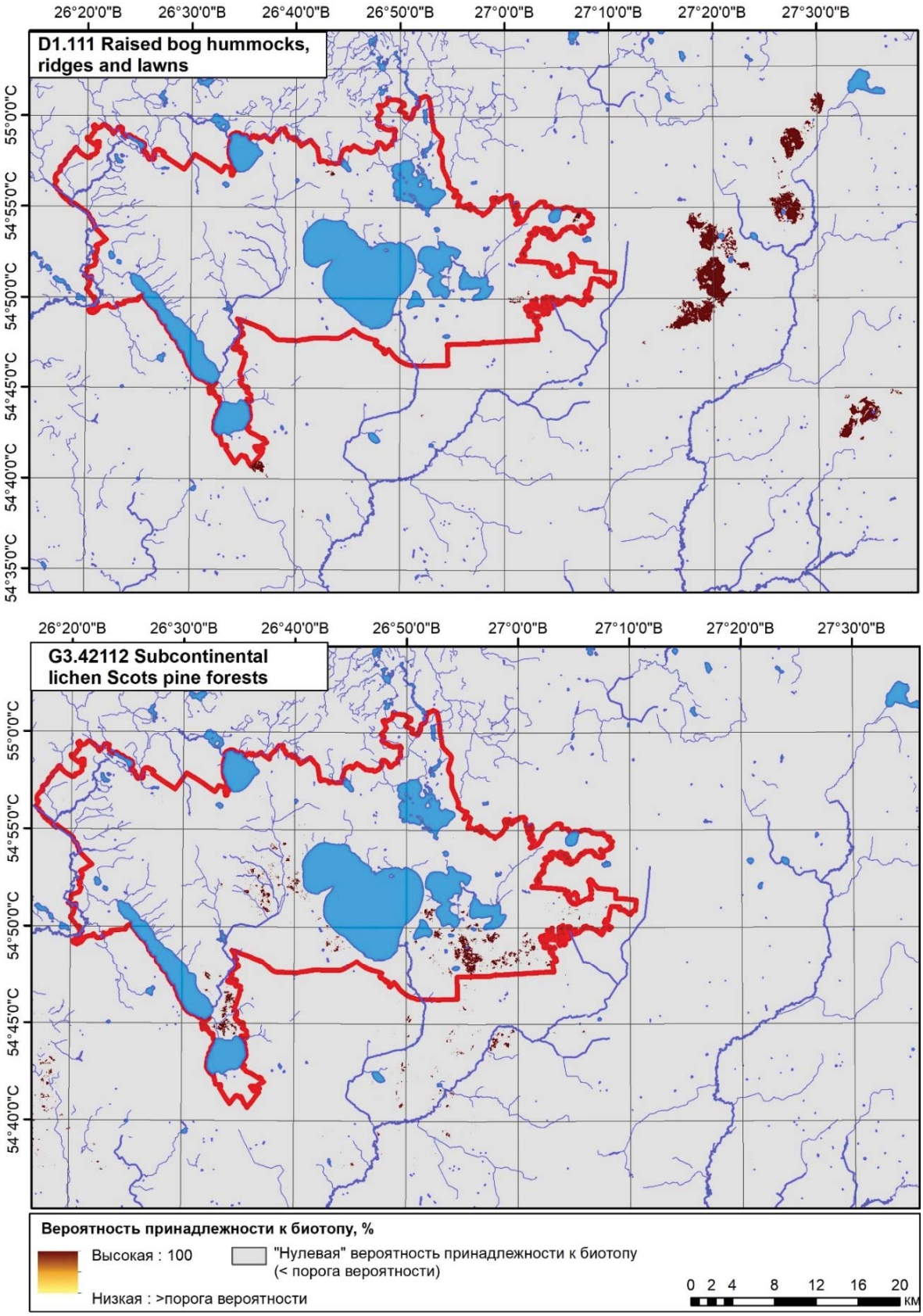


Рис. 10. Вероятностные оценки пространственного распределения модельных биотопов в пределах проектной территории («итоговая модель»)

Fig. 10. Probabilistic estimates of the model biotopes spatial distribution within the study area (“final model”)

Таблица 9. Сравнительная оценка карт биотопов тестовой выборки на территории национального парка «Нарочанский», полученных по данным наземного обследования и по данным геопространственного моделирования

Table 9. Comparative assessment of the test sample biotopes maps in the National Park "Narochansky" territory from ground survey and geospatial modeling data

Код биотопа EUNIS	Площадь		Контрольные точки		Сходимость карт геопространственного моделирования в сравнении с картой биотопов**
	га	%*	общее количество	не совпавшие с классом карты биотопов**	
D1.111	515,0	0,6	125	31	75,2
D2.39	49,5	0,1	96	27	71,9
D2.3B	1519,6	1,8	334	59	82,3
D4.15	35,1	<0,1	10	3	70,0
G1.21	1146,5	1,3	56	13	76,8
G3.42112	1475,8	1,7	234	32	86,3
G3.D11	579,1	0,7	245	38	84,5
G3.D13	506,6	0,6	308	50	83,8
G3.D23	88,5	0,1	22	2	90,9
G3.D3	514,3	0,6	170	26	84,7
G5.64	94,4	0,1	122	24	80,3
X04	28,2	<0,1	60	9	85,0
ИТОГО:	**6552,6**	**7,6**	**1782**	**314**	**82,4**

Примечание. * – % от общей площади национального парка;
** – составлена по данным лесоустройства и выборочного наземного обследования

В пределах парка общая площадь ключевых биотопов составляет 6552,6 га (7,6%) и основные места их концентрации приурочены к южному сектору. Важные для сохранения биоразнообразия местообитания вне границ национального парка размещены преимущественно к востоку и югу (рис. 12а). Эти участки целесообразно рассматривать в качестве перспективных для включения в состав данного ООПТ (рис. 12б).

Результаты моделирования могут быть использованы для прогнозирования распространения редких видов растений. В качестве тестовых объектов рассмотрены 2 группы охраняемых видов.

1. Betula humilis-Gr: *Dactylorhiza ochroleuca* (II категория национальной природоохранной значимости), *Liparis loeselii* (II), *Baeothryon alpinum* (III), *Betula humilis* (III), *Listera ovata* (IV), *Salix lapponum* (IV). Местообитания этой тестовой группы видов приурочены к низинным осоковым болотам и сфагновым болотам богатого минерального питания (коды биотопов EUNIS – D2.39, D2.3B, D4.15, G3.D23, G3.D3).

2. Oxycoccus microcarpus-Gr: объединяет редкие олиготрофные виды, характерные для высоких кочек и гряд: *Oxycoccus microcarpus* (IV), *Rubus chamaemorus* (II). Биотопы *Oxycoccus microcarpus*-Gr приурочены к верховым сфагновым болотам (коды биотопов EUNIS – D1.111, G3.D11, G3.D13, G5.64).

При создании прогнозной карты потенциальных мест произрастания охраняемых видов растений вероятностная модель распространения ключевых биотопов преобразована в тематический растровый слой характеризующий исследуемую территорию по оценке пригодности местопроизрастания растений (Betula humilis-Gr и Oxycoccus microcarpus-Gr). Затем была проведена стратификация проектной территории на основе регулярной сети (размером ячейки 0,5×0,5 км) по их вероятности распространения (рис. 13). Полевая проверка показало достаточно высокую сходимость результатов геопространственного моделирования и эмпирических данных (рис. 14).

Заключение

Геопространственное моделирование является новым подходом, предназначенным для понимания закономерностей формирования биоты без использования эмпирических моделей.

В наших исследованиях результатом моделирования являются вероятностные оценки пространственного распространения ключевых биотопов на основе комбинации данных наземных обследований, серии спутниковых изображений и почвенных характеристик местности, включая определение оптимального состава исходных индикаторов (признаков) и степени надежности получаемых результатов.

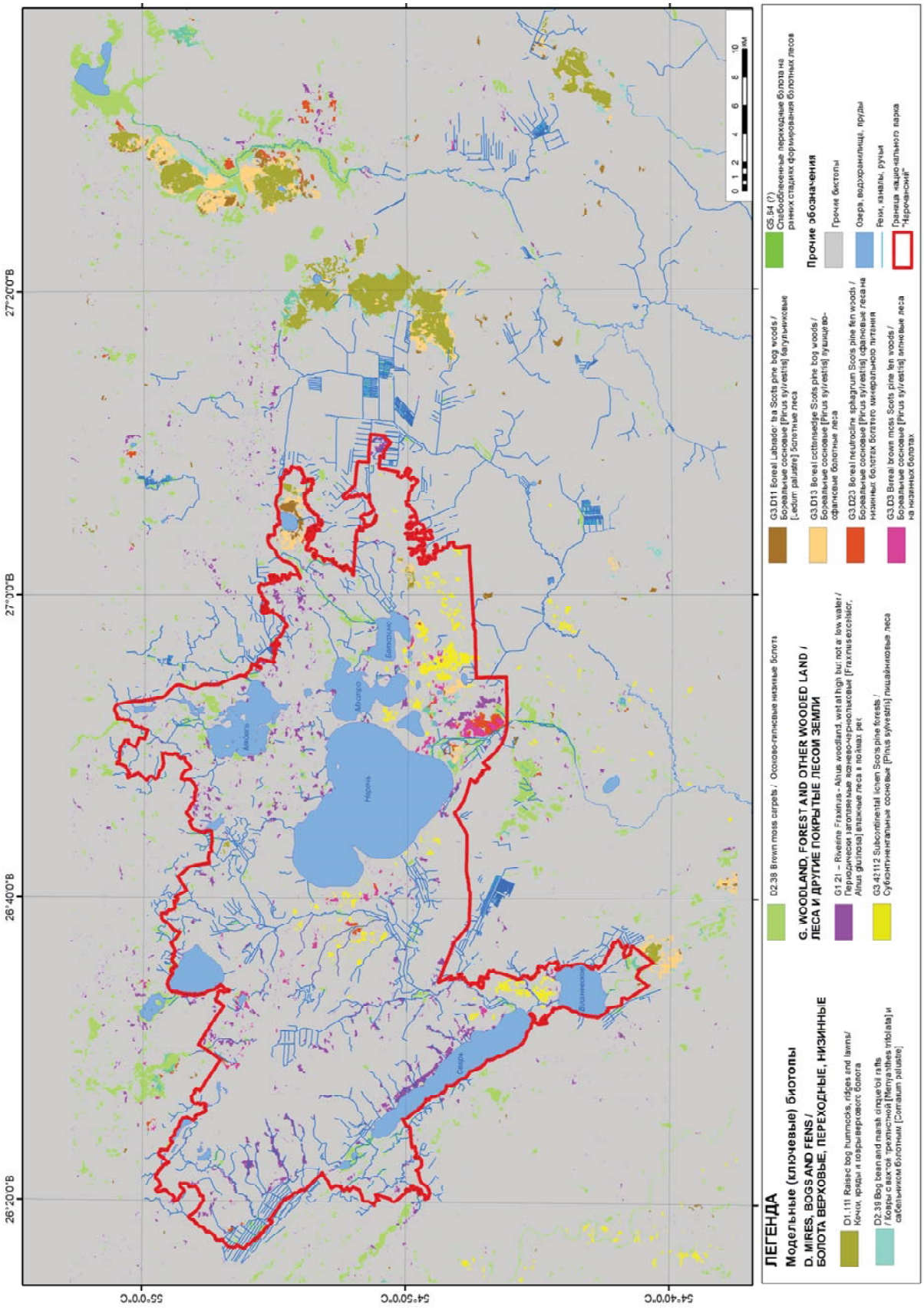


Рис. 11. Карта распространения ключевых биотопов тестовой выборки, составленная на основе геопространственного моделирования

Fig. 11. Distribution map of test sample key biotopes based on geospatial modeling

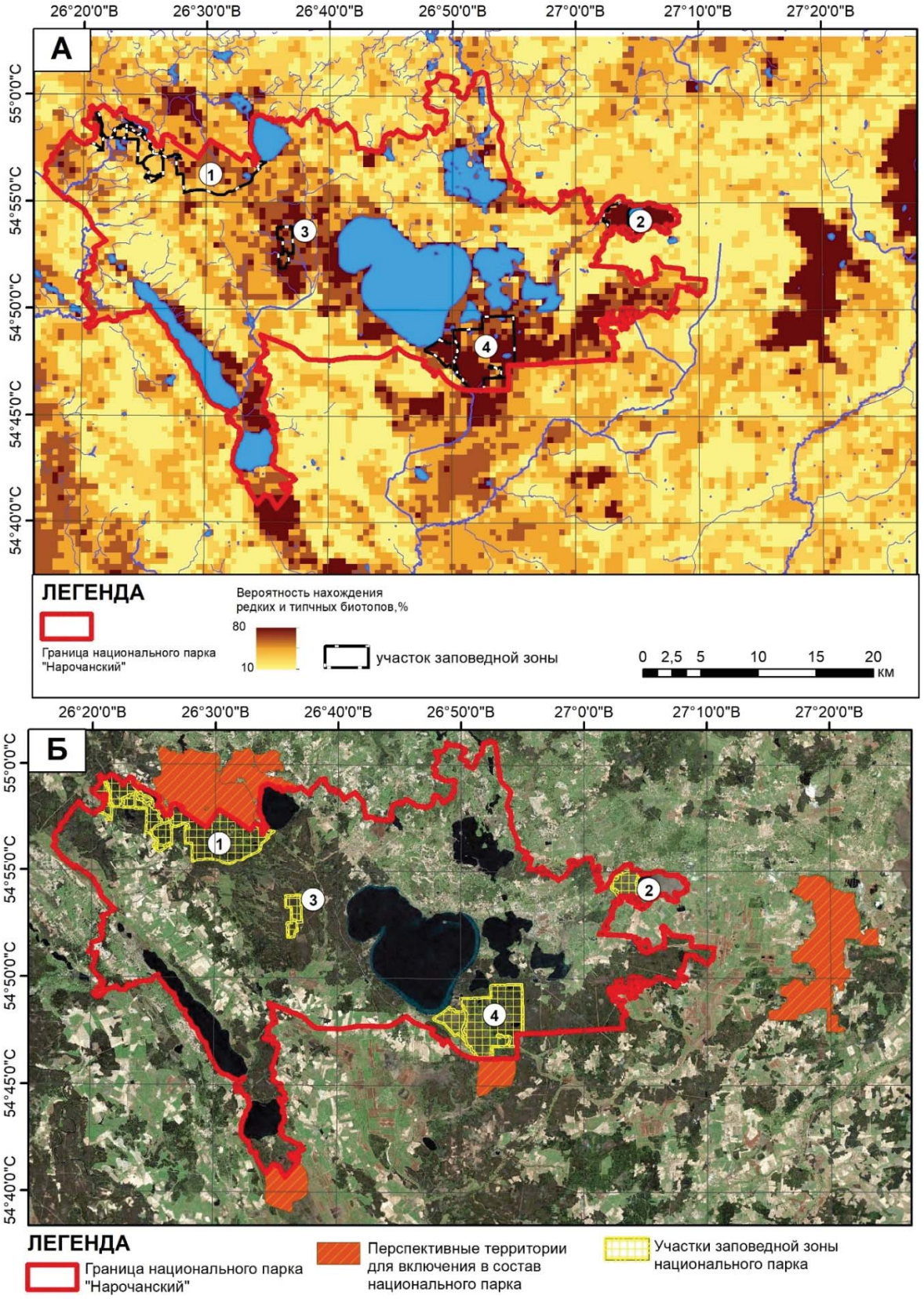


Рис. 12. Вероятностная оценка нахождения редких биотопов тестовой группы (А) и перспективные планировочные решения развития природоохранной деятельности (Б) в пределах проектной территории

Fig. 12. Probabilistic assessment of finding the test group rare biotopes of (A) and promising planning solutions for the environmental activities development (Б) within the study area

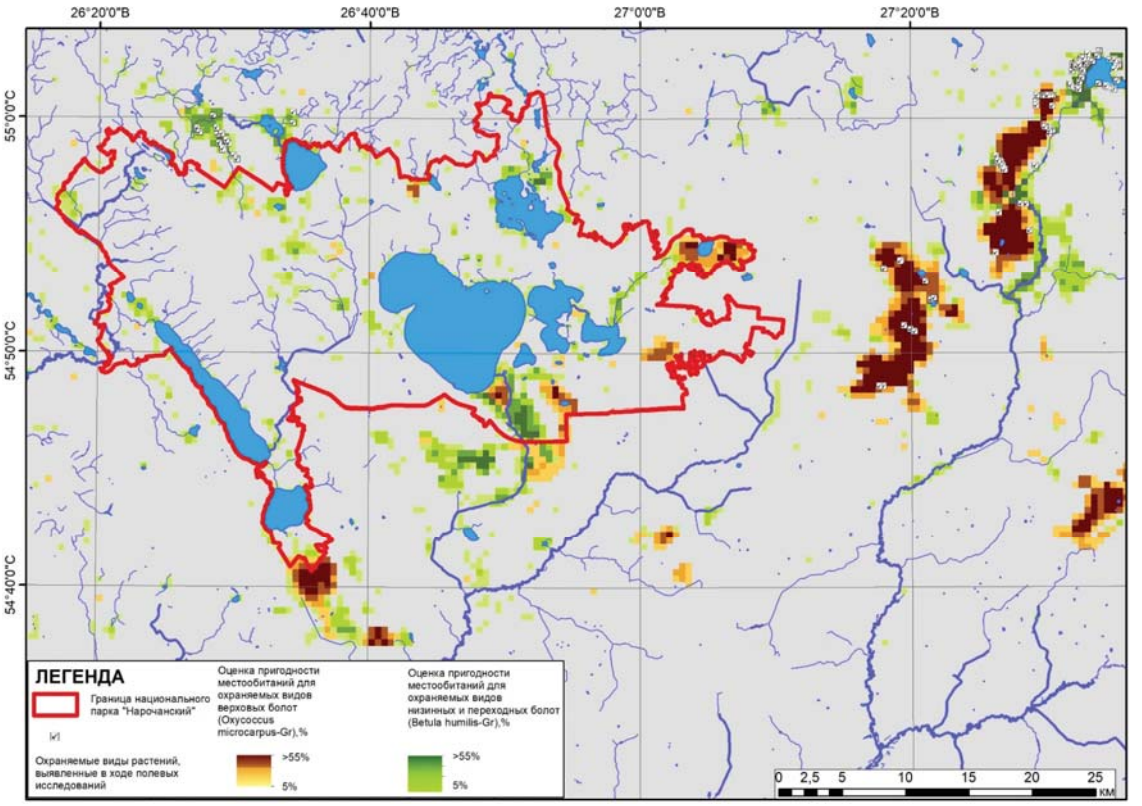


Рис. 13. Карты-ниши потенциальных мест произрастания охраняемых видов растений, составленные с использованием геопространственной вероятностной модели

Fig. 13. Niche maps of protected plant species potential habitats using a geospatial probabilistic model

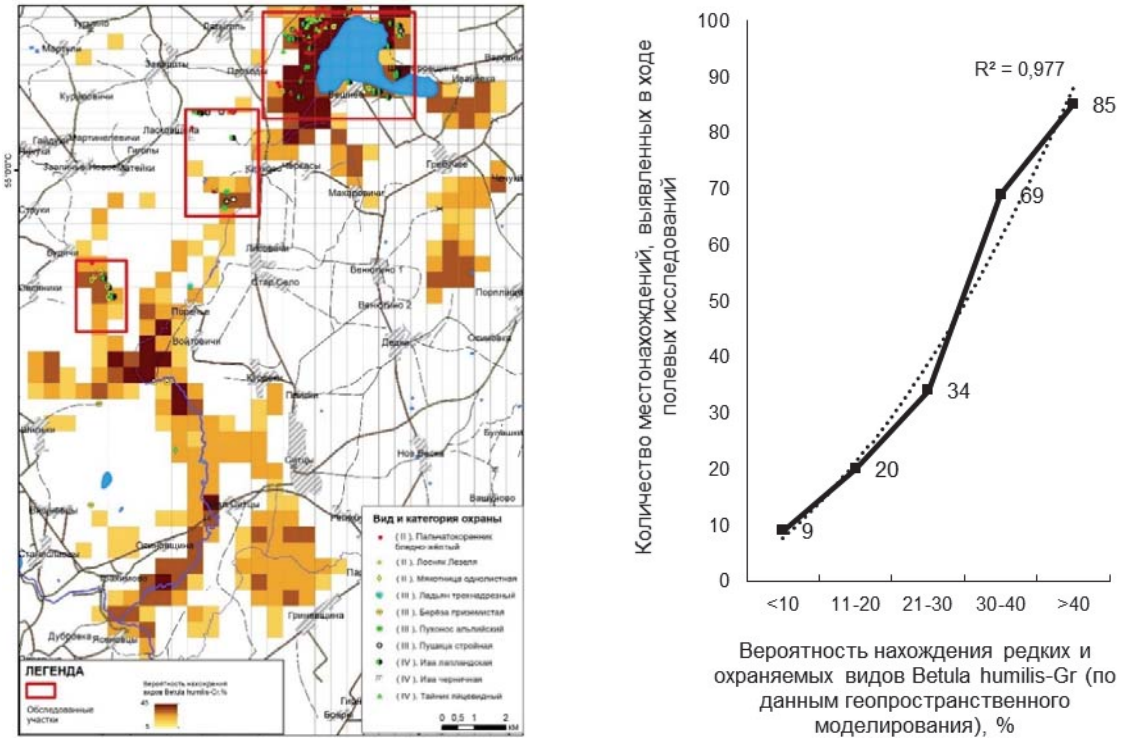


Рис. 14. Результаты полевой проверки данных геопространственного моделирования по выявлению мест произрастания редких и охраняемых видов растений

Fig. 14. Field verification results of geospatial modeling data to identify rare and protected plant species habitats

Точность полученных вероятностных оценок распространения ключевых биотопов (оптимизированная классификационная модель) составила в среднем 84%, что характеризует полученную нами модель как достаточно надежную. Общая площадь, занимаемая ключевыми биотопами, согласно нашим данным, составила 23,8 тыс. га, или 4,2% от площади исследуемой территории. Сравнение полученных вероятностных оценок с данными наземного обследования показало, что степень соответствия, в зависимости от биотопа, варьирует от 70 до 90,9% при среднем значении сходства 82,3%.

Результаты геопространственного моделирования с применением геоинформационных систем позволяют создавать прогнозные тематические карты для развития территориальной системы охраны окружающей среды, мониторинга биоразнообразия.

Благодарности

Авторы статьи благодарят сотрудников национального парка «Нарочанский» – заместителя генерального директора по научной работе В. С. Люштыка и начальника научного отдела А. А. Новикова за оказанную помощь и предоставление необходимого материала для выполнения научных исследований в рамках тематики представленной статьи.

Литература

1. Ершов, Д. В. Вероятностная оценка распределения ключевых биотопов в лесах национального парка «Смоленское Поозерье» на основе спутниковых и топографических данных / Д. В. Ершов [и др.] // Лесоведение. – № 1. – 2020. – С. 17–34.

2. Mücher, C. A. Historical land cover changes at Natura 2000 sites and their associated landscapes across Europe / C. A. Mücher [et al.] // Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing. – 2009. – P. 226–231.

3. Лавриненко, И. А. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний / И. А. Лавриненко // Геоботаническое картографирование. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. – С. 51–77.

4. Редкие биотопы Беларуси / А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск: Альтиора, 2013. – 236 с.

5. Galdenzi, D. The phytosociological and syndynamical mapping for the identification of High Nature Value Farmland / D. Galdenzi [et al.] // Plant Sociology. –Vol. 49 (2). – 2012. – P. 59–69.

6. Keith D. A. The IUCN Red List of Ecosystems: Motivations, Challenges and Applications / D. A. Keith [et al.] // Conservation Letters. – № 8. – 2015. – P. 214–226.

7. Лысенко, Т. М. Проблема охраны растительных сообществ / Т. М. Лысенко // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии. – Т. 13, № 3. – 2017. – С. 58–64.

8. Bunce, R. G. H. The significance of habitats as indicators of biodiversity and their links to species / R. G. H. Bunce [et al.] // Ecol. Indicat. – 2013. – V. 33. – P. 19–25.

9. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora / Official Journal L. – 1992. – № 206. – P. 7–50.

10. О присоединении Республики Беларусь к Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе: Указ Президента Республики Беларусь от 7 февраля 2013 г. № 70 [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: https://normativka.by/lib/document/500175315. – Дата доступа: 20.09.2022.

11. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000) / Д. Г. Груммо [и др.]; под ред. А. В. Пугачевского. – Минск: Колорград, 2017. – 82 с.

12. Davies, C. E. The EUNIS Habitat Classification / C. E. Davies, D. Moss // Final Report to the European Topic Centre on Nature Conservation, European Environmental Agency. – October, 1999. – 256 p.

13. EUNIS biodiversity database – find species, habitats and sites across Europe // European Environment Agency. – [Electronic resource]. – Mode of access: http://eunis.eea.europa.eu/. – Date of access: 10.09.2022.

14. Evans, D. The habitats of the European Union Habitats Directive / D. Evans // Biology and the Environment. Proceedings of the Royal Irish Academy. – 2006. – 106 B (3). – P. 167–173.

15. Corbane, C. Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges / C. Corbane, [et al.] // International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation. – 2015. – V. 37. – P. 7–16.

16. Nagendra, H. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats / Nagendra, H. [et al.] // Ecological Indicators. – 2013. – V. 33. – P. 45–59.

17. Schaminde, J. H. J. Vegetation analysis and distribution maps for EUNIS habitats/ J. H. J. Schaminde // Report to the European Environmental Agency (EEA/NSV/14/006). – Alterra WUR, Wageningen, the Netherlands, 2014. – 175 p.

18. Berger, A. L. A maximum entropy approach to natural language processing / A. L. Berger, S. A. D. Pietra, V J. D. Pietra // Computational Linguistics. – 1996. – № 22. – P. 39–71.

19. Phillips, S. J. Maximum entropy modelling of species geographic distributions / S. J. Phillips, R. P. Anderson, R. E. Schapire // Ecological Modelling. – 2006. – № 190. – P. 231–259.

20. Mdcher, C. A. Modelling the spatial distribution of EUNIS forest habitats based on vegetation relevcs and Copernicus HRL. C. A. Mdcher [et al.] // ETC/BD report to the EEA. – 2015. – 48 p.

21. Ершов, Д. В. Вероятностная оценка распределения ключевых биотопов в лесах национального парка «Смоленское поозерье» на основе спутниковых и топографических данных / Д. В. Ершов [и др.] // Лесоведение, 2020. – № 1. – С. 17–34.

22. Картирование бореальных лесов на основе спутниковых данных (на примере особо охраняемых природных территорий Ленинградской области) / С. Г. Крицук // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 4. – С. 255–264.

23. Alvarez-Martinez, J. M. Modelling the area of occupancy of habitat types with remote sensing / J. M. Alvarez-Martinez [et al.] // Methods in Ecology & Evolution, 2018. – V. 9(3). – P. 580–593.

24. Diaz, V. R. A. Automatic habitat classification methods based on satellite images: A practical assessment in the NW Iberia coastal mountains V. R. A. Diaz [et al.] // Environmental Monitoring & Assessment, 2008. – № 144. – P. 229–250.

25. Kushwah, K. Geo-Spatial Modelling of Habitat Suitability of wildlife species of KunoWildlife Sanctuary / K. Kushwah, R. J. Rao, B. Phurailatpam // IOSR J. Environmental Science, Toxicology & Food Technology. – 2012. – V. 1, Is. 4. – P. 12–19.

26. Tagil, S. Effect of Topographic Habitat Characteristics on the Spatial Distribution of Landuse-Landcover in the Kapidag Peninsula, Turkey / S. Tagil // J. Applied Sciences, 2015. – V. 15(6). – P. 850-861.

27. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / Отв. ред. Л. Б. Заугольнова, Т. Ю. Браславская – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 240 с.

28. Полевая геоботаника / Под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. – Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР., 1959–1964. – Т. 1–5.

29. Груммо, Д. Г. Растительность республиканского гидрологического заказника «Сервечь» / Д. Г. Груммо [и др.] // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. – Серыя 5. Эканоміка, Сацыялогія, Біялогія. – Том 11, № 1. – 2021. – С. 110–125.

30. Груммо, Д. Г. Флора и растительность водно-болотного заказника «Габы» / Д. Г. Груммо [и др.] // Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли: сборник научных статей. – Минск, 2019. – С. 16–33.

31. ESA Sentinel-2. – [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2. – Date of access: 12.09.2022.

32. Nedkov, R. Orthogonal transformation of segmented images from the satellite Sentinel-2 / R. Nedkov // Space Research. – 2017. – V. 70, № 5. – P. 687.

33. Лесоустроительный проект государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Нарочанский» на 2022–2031 годы. Пояснительная записка / А. В. Таркан [и др.] // Пояснительная записка. – Минск: ЛРУП «Белгослес», 2021. – 292 с.

34. Achanta, R. Superpixels and Polygons using Simple Non-Iterative Clustering / R. Achanta, S. Susstrunk // CVPR. – 2017. – P. 4651–4660.

35. Van der Maaten, L. J. P. Visualizing High-Dimensional Data Using t-SNE / L. J. P. Van der Maaten, G. E. Hinton // Journal of Machine Learning Research. – 2008. – № 9. – P. 2579–2605.

36. Breiman, L. Random forests / L. Breiman // Machine Learning. – 2001. – V. 45, № 1. – P. 5–32.

37. Kruppa J. Probability estimation with machine learning methods for dichotomous and multicategory outcome: theory / J. Kruppa [et al.] // Biometrical J. – 2014. – V. 56, № 4. – P. 534–563.

38. Brier, G. W. Verification of forecasts expressed in terms of probability / G. W. Brier // Monthly Weather Review. – 1950. –V. 78, № 1. – P. 1–3.

39. Bradley, A. P. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms / A. P. Bradley // Pattern Recognition. –1997. – V. 30, № 7. – P. 1145–1159.

Поступила в редакцию 26.09.2022 г.

УДК 574.4; 630*6

Я. К. ИГНАТЬЕВ, М. В. ЕРМОХИН

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРНОЙ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. Выполнена оценка влияния регионального климата на динамику радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в заболоченных и болотных лесах северной части Беларуси. Показана высокая степень синхронности радиального прироста деревьев сосны, произрастающих на удаленных друг от друга болотах. Установлено, что резкие увеличения радиального прироста деревьев в удаленных друг от друга насаждениях происходили в одни и те же временные периоды: 1855–1860, 1913–1915 и 1936–1939, 1952–1955 и 1960–1969 гг. Наиболее тесная связь радиального прироста с гидротермическими коэффициентами (ГТК) наблюдается в мае-августе второго и третьего предшествующих лет, а также тесно коррелирует с суммой осадков за период сентябрь-май предшествующих 1–2 лет. Зависимость радиального прироста от климатических факторов текущего года не установлена. Тесная связь с ГТК позволяет использовать радиальный прирост деревьев сосны, произрастающих на болотах, для реконструкции гидротермического режима летних месяцев на протяжении нескольких столетий.

Ключевые слова: заболоченные и болотные сосновые леса, ширина годичных колец, климат, гидротермический коэффициент.

YA. K. IGNATIEV, M. V. YERMOKHIN

IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON THE TREE RING DYNAMICS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN BOG FORESTS OF NORTHERN BELARUS

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

Annotation. Within the project, we assessed the impact of the regional climate on the tree-ring dynamics of Scots pine in bog and boggy forests in the northern part of Belarus. The high synchronicity of the tree-ring width of pine growing in different bogs is shown. Abrupt growth in tree rings width occurred in the same periods: 1855–1860, 1913–1915 и 1936–1939, 1952–1955 и 1960–1969 years. The closest relationship is observed between the radial increment and the hydrothermal coefficient (HTC) in May-August of the second and third previous years, as well as the amount of precipitation for the period September-May of the previous 1–2 years, and not with the climatic factors of the current year. The close relationship with the HTC makes it possible to use the tree rings width of pine trees growing in bog to reconstruct the hydrothermal regime of the summer months over several centuries.

Keywords: bog and boggy pine forests, tree ring width, climate, hydrothermal coefficient.

Введение

Изменение гидрологического режима болот напрямую зависит от влияния климатических факторов, которые обуславливают динамику болотной растительности и динамику накопления углерода [1–3]. Высокий уровень грунтовых вод лимитирует рост деревьев на торфяниках в результате плохой аэрации почвы и низкой доступности питательных веществ для их дальнейшего развития [4–6]. Однако это же делает деревья сосны, произрастающие на верховых болотах, одним из наиболее ценных источников информации о динамике болотных экосистем и климата. В этих условиях возраст деревьев достигает более 200 лет, а их отмершие части консервируются в торфе, что позволяет реконструировать характер изменения экологических условий на протяжении нескольких тысяч лет.

Для выявления связи между приростом и климатическими факторами, из серий годичных колец стараются вычленить низкочастотный компонент путём процедуры стандартизации. Однако в ранних исследованиях установлено, что корреляционная связь между приростом деревьев и климатическими параметрами на вер-

ховых болотах гораздо ниже, чем у деревьев, произрастающих на минеральных почвах [7, 8]. И это несмотря на то, что чувствительность деревьев сосны гораздо выше, чем на минеральных почвах в оптимальных условиях произрастания. Сложные связи между климатом, гидрологическим режимом и приростом деревьев на болотах делают трудной интерпретацию климатических сигналов, которые содержатся в годичных кольцах деревьев. Поэтому для оценки влияния климатических факторов на радиальный прирост деревьев на болотах предпринимаются попытки использовать различные методы с целью дальнейшей их реконструкции [9]. В этой связи целесообразно использовать мастер-хронологии, построенные по материалам с нескольких болот, что позволило бы резко повысить климатический сигнал в радиальном приросте за счет элиминации локальных особенностей гидрологического режима.

Цель настоящей работы заключалась в построении мастер-хронологии сосны для верховых болот северной Беларуси и оценке влияния на радиальный прирост региональных параметров климата: среднемесячных температур воздуха, месячной суммы осадков, гидротермического коэффициента (ГТК).

Объекты и методы исследований

Объектами исследования послужили сосновые древостои багульникового и осоково-сфагнового типов леса [10, 11], произрастающие в северной части Беларуси (рис. 1, табл. 1). Все объекты расположены в Западно-Двинском дендрохронологическом районе [12].

Образцы древесины (керны) отбирали приростным буром по два из ствола на высоте 0,5–0,8 м от корневой шейки у не менее 20 деревьев сосны на каждой пробной площади. В камеральных условиях подготовленные (подрезка и контрастирование мелом) образцы древесины сканировались на планшетном сканере с разрешением 1200 dpi. Измерение ширины годичных колец выполнено по отсканированному изображению в программном обеспечении ArcGIS с точностью 0,01 мм. Для каждого дерева из двух измеренных кернов получали усредненный ряд.

Перекрестное датирование, выявление ложных и выпавших колец проведено с использованием кросскорреляционного анализа [13]. Для оценки связи между древесно-кольцевыми хронологиями использованы коэффициент синхронности [14] и t-критерий [15]. Стандартизация изменчивости радиального прироста проводилась для каждого дерева в программе с дальнейшим усреднением индексов по пробной площади и построением стандартизированной хронологии. Для сглаживания возрастных кривых использованы экспоненциальная кривая или сплайн-функция с заданным окном сплайна и уровнем подавления дисперсии 50%.

Рис. 1. Схема расположения объектов исследования
(Ia – Западно-Двинский дендрохронологический район)

Fig. 1. Scheme of the plot's location (Ia – Zapadno-Dvinskiy dendrochronological district)

Таблица 1. Краткая характеристика объектов исследования

Table 1. Brief characteristics of the research objects

Номер ПП	ГЛХУ/ГПУ	Географические координаты	Тип леса	Состав	Наличие осушительных сетей
161	Глубокский лесхоз	N 55°00′33″ E 28°09′29″	С баг (сф)	10С	-
BL03	Национальный парк «Браславские озёра»	N 55°26′18″ E 27°04′08″	С ос-сф	9С1Б	-
BL05	Национальный парк «Браславские озёра»	N 55°26′04″ E 27°01′07″	С баг	10С	-
BL06	Национальный парк «Браславские озёра»	N 55°22′57″ E 26°59′50″	С баг	10С+Б	-
ID156	Глубокский лесхоз	N 55°17′15″ E 27°42′40″	С баг (сф)	10С	+
ID158	Дисненский лесхоз	N 55°39′29″ E 27°47′23″	С баг	10С	-
LPL01	Лесоохотничье хозяйство «Барсуки»	N 54°52′14″ E 28°25′12″	С ос-сф	10С	-

Для оценки степени воздействия климатических факторов на изменение величины прироста использован коэффициент чувствительности, введенный в дендрохронологию А. Е. Дугласом [1, 4, 7, 16].

Поскольку высокая влажность почвы является основным фактором, лимитирующим радиальный прирост сосны на болотах, то его изменение связано с долговременными колебаниями уровня грунтовых вод (УГВ), причиной которого в свою очередь в большинстве случаев является изменение климата. Для определения периодичности в этих колебаниях был использован показатель изменчивости прироста (% GC) в сериях годичных колец (метод Новаки и Абрамса) [17]. Этот показатель рассчитывался для каждого дерева и каждой серии годичных колец по формуле:

$$\% \, GC = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

где M_1 – среднее значение прироста за последние 10 лет, M_2 – среднее значение прироста за следующие 10 лет.

Для оценки влияния на радиальный прирост деревьев климатических данных и построения функций отклика использованы месячные суммы осадков и среднемесячные температуры воздуха, усредненные по четырем метеорологическим станциям (Верхнедвинск, Шарковщина, Лепель, Полоцк) за период 1948–2017 гг. Дополнительно была рассчитана сумма осадков за гидрологический год, периоды вегетации и покоя, а также гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова [18] за периоды май-июль и май-август.

Перекрестное датирование отдельных серий годичных колец и древесно-кольцевых хронологий (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 [19].

Результаты исследования и их обсуждение

В северной части страны, в отличие от южных регионов Беларуси, редко возникают засухи. Это связано как с более высоким количеством осадков (среднегодовое количество – 657 мм), так и с более низкими температурами воздуха (среднегодовая температура – 5,8°С), в том числе в летний период. Средняя температура июля составляет +17,6°С, января – -6,2°С (рис. 2). В целом климат на территории исследования соответствует умеренно континентальному и является благоприятным для большинства древесных пород, произрастающих на территории Беларуси. Однако избыточное количество осадков, положительно влияющее на рост деревьев на суходолах, одновременно приводит к угнетению прироста деревьев, произрастающих на верховых болотах, и развитию болотообразовательного процесса. Соответственно в динамике радиального прироста деревьев сосны на верховых болотах отмечаются многочисленные периоды его угнетения.

Древесно-кольцевые хронологии (ДКХ) сосны (семь), построенные для каждого исследуемого насаждения, включают от 18 до 24 деревьев. Самая протяженная ДКХ – 279 лет, самая короткая – 169 лет (табл. 2, рис. 3).

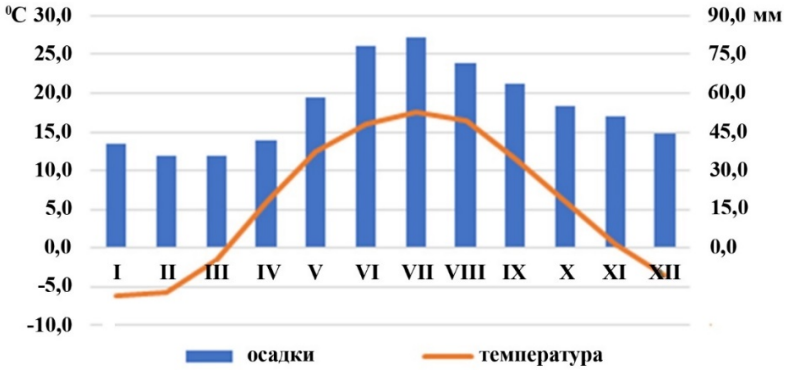


Рис. 2. Климатограмма для региона исследования

Fig. 2. Climatogram for the study region

Таблица 2. Характеристика древесно-кольцевых хронологий

Table 2. Characteristics of the tree-ring chronologies

Номер ДКХ	Количество деревьев, шт	Диапазон, лет	Тип хронологии	Коэффициент чувствительности	Среднеквадратическое отклонение	Автокорреляция 1-го порядка
161	21	1729–2008	std	0,224	0,375	0,827
			res	0,250	0,245	–
BL03	23	1840–2010	std	0,315	0,503	0,938
			res	0,305	0,308	–
BL05	24	1794–2010	std	0,262	0,458	0,874
			res	0,280	0,301	–
BL06	18	1787–2010	std	0,172	0,272	0,827
			res	0,207	0,201	–
ID156	19	1839–2008	std	0,155	0,185	0,493
			res	0,178	0,160	–
ID158	21	1825–2008	std	0,265	0,367	0,699
			res	0,285	0,286	–
LPL01	20	1767–2018	std	0,216	0,374	0,797
			res	0,275	0,258	–

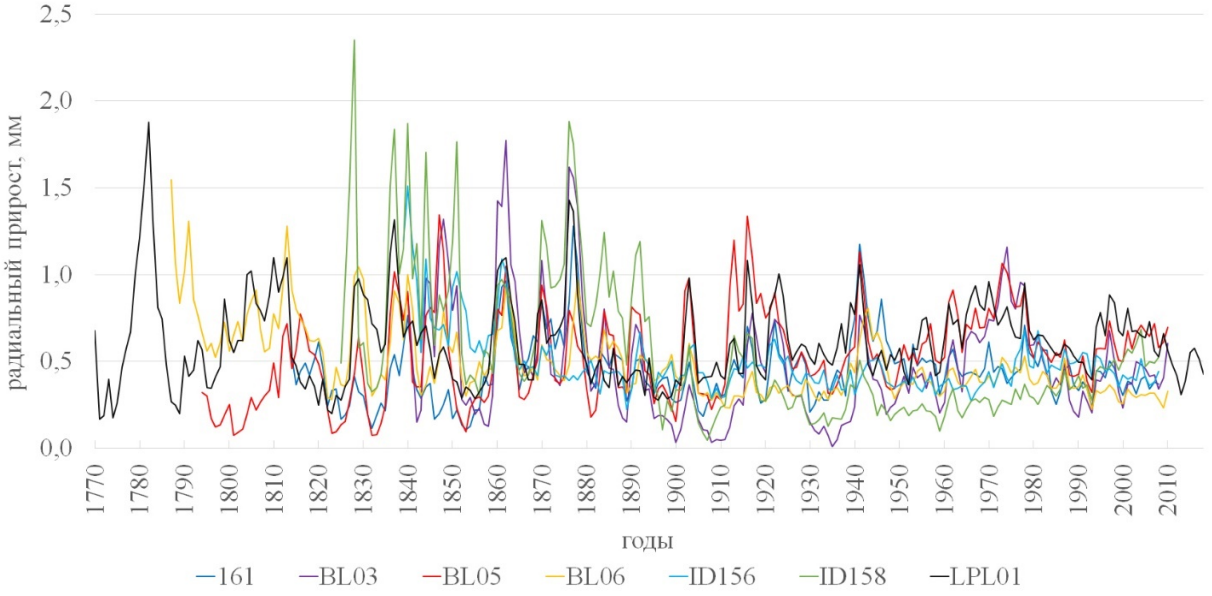


Рис. 3. Абсолютные древесно-кольцевые хронологии

Fig. 3. Absolute tree-ring chronologies

Все стандартизированные ДКХ (за исключением ID156) отличаются высокими коэффициентами чувствительности (от 0,17 до 0,32) и автокорреляцией первого порядка (от 0,70 до 0,94). В остаточных ДКХ минимальный коэффициент чувствительности увеличивается до 0,21. Такие высокие коэффициенты чувствительности показывают, что деревья очень чутко реагируют на изменения факторов среды.

Перекрестный анализ корреляции и синхронности между ДКХ показывает высокую синхронность в динамике радиального прироста во всех насаждениях (табл. 3): t-критерий между отдельными ДКХ достигает 18,0, а коэффициенты синхронности – 81. Из общей картины выделяется только ДКХ ID156, которая имеет низкую, хотя и достоверную корреляцию с другими ДКХ. Коэффициент синхронности с остальными хронологиями колеблется от 55 до 67, а t-критерий – от 3,9 до 5,8. Связано это с тем, что насаждение расположено на участке, окруженном старыми и новыми осушительными каналами, а рядом расположены поля торфодобычи. Т.е. деревья произрастают на участке с нарушенным гидрологическим режимом, который существенно повлиял на динамику радиального прироста. Кроме этого, ДКХ отличается наименьшим коэффициентом чувствительности – 0,155 (см. табл. 2) и низкой автокорреляцией по сравнению с остальными хронологиями. Поэтому для построения мастер-хронологии эта ДКХ не использовалась.

Динамика коэффициентов изменчивости радиального прироста (%GC) для разных хронологий показывает, что его резкие изменения происходили в одни и те же периоды, несмотря на значительное удаление пробных площадей друг от друга (рис. 4).

Таблица 3. Корреляции и синхронность между древесно-кольцевыми хронологиями

Table 3. Correlation and synchronicity of the tree-ring chronologies

`	161	BL03	BL05	BL06	ID156	ID158	LPL01
161		69	70	71	**59**	66	73
BL03	7,9		81	73	**61**	66	67
BL05	8,3	18,0		72	**60**	71	70
BL06	10,6	9,2	9,1		**67**	67	64
ID156	**4,7**	**4,1**	**3,9**	**5,8**		**55**	**65**
ID158	11,1	8,6	7,5	8,1	**4,2**		65
LPL01	9,3	7,7	8,7	6,6	**4,2**	7,3	

коэффициент синхронности
t-критерий

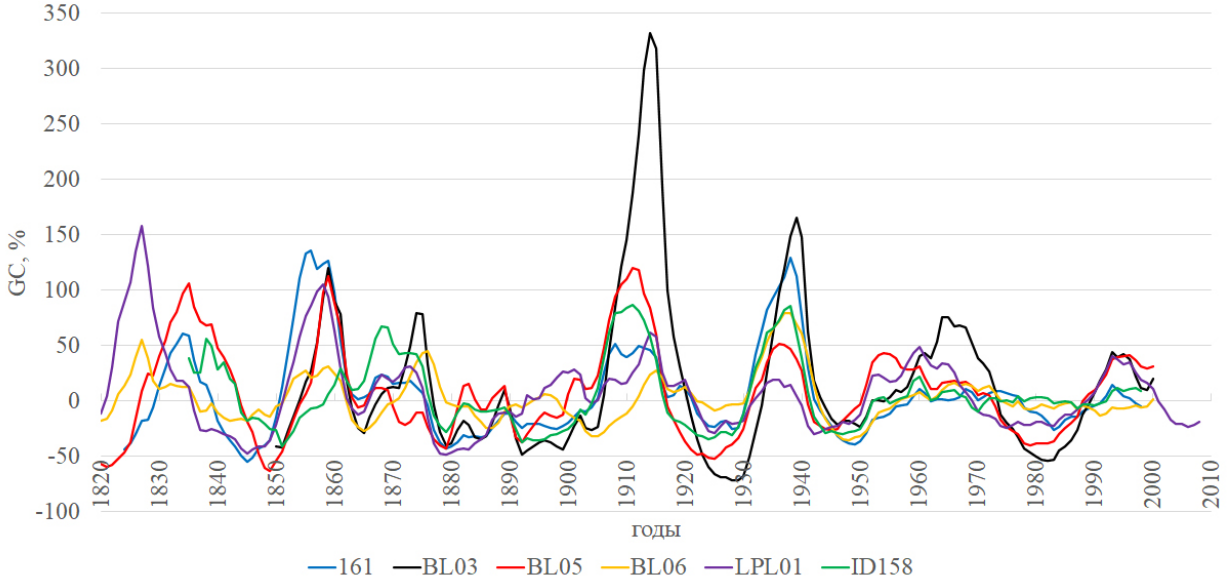


Рис. 4. Коэффициент изменчивости радиального прироста (%GC)

Fig. 4. Relative growth change (%GC)

Наиболее резкие синхронные положительные изменения происходили в периоды 1855–1860, 1913–1915 и 1936–1939, 1952–1955 и 1960–1969 гг, когда складывались благоприятные условия для роста сосны на болотах. Таким образом, изменчивость прироста на болотах в северной части Беларуси обусловлена мощным внешним фактором, одинаково воздействующим на все исследуемые экосистемы. В работе [14] была показана связь таких изменений, синхронных от Южной Швеции до юга Беларуси, с индексом интенсивности засухи Палмера (PDSI). Однако эта синхронность нарушалась во второй половине XX в., что может быть связано с массовым осушением болот.

Поскольку исследуемые ДКХ отличаются высокой корреляцией и синхронностью друг с другом, то из шести ДКХ (161, BL03, BL05, BL06, LPL01, ID158), незатронутых или малозатронутых осушительной мелиорацией, была построена региональная мастер-хронология (рис. 5). Это позволило проанализировать особенности регионального, а не локального климатического сигнала в хронологиях.

Для выявления влияния климатических факторов на прирост были проведены корреляционный и регрессионный анализы. Установлена значимая отрицательная связь между радиальным приростом и среднемесячными температурами сентября предшествующего года, октября предшествующего второго года и особенно января текущего и двух предшествующих лет (табл. 4).

Тесные связи установлены между радиальным приростом и осадками различных месяцев текущего и предшествующих лет. Причем большинство связей отрицательные, т.е. увеличение количества осадков приводит к снижению прироста и наоборот. Наиболее тесная отрицательная связь наблюдается между приростом и количеством осадков июня-августа за второй и третий предшествующие годы, мартом предшествующего года и январем текущего и предшествующего года. Положительная связь прироста с осадками выявлена только для мая текущего года.

Линейная функция отклика радиального прироста на климат показывает, что температурами и осадками текущего года объясняется 38,7% погодичной изменчивости прироста, предыдущего года – 47,1%, двухлетней давности – 41,2%, третьего года – 34,3%, четвёртого – всего 22,0%. Т.е. наиболее сильное влияние на погодичную изменчивость прироста оказывает гидротермический режим текущего и предшествующих двух-трех лет.

Поэтому дополнительно была выполнена оценка влияния на радиальный прирост гидротермического коэффициента Селянинова, рассчитанного за май–август, июнь–август, а также суммы осадков за гидрологический год и период сентябрь–март для текущего года и предыдущих нескольких лет (табл. 5).

Наиболее тесная связь наблюдается между радиальным приростом и гидротермическим режимом летних месяцев второго и третьего предыдущих лет, а также суммы осадков за период сентябрь-май предшествующих 1–2 лет. Эти особенности влияния климата на радиальный прирост сосны, растущей на болотах, связаны с несколькими факторами.

Во-первых, особенностью строения торфяных почв, обладающих высокой способностью аккумулировать влагу, в результате чего для полного насыщения болота водой требуется несколько лет, так же как для его климатического осушения недостаточно одного засушливого года. Медленное изменение гидрологического режима болота под влиянием климатических факторов обуславливает и задержки в реакции деревьев на колебания климата.

Во-вторых, жизненный цикл хвои у сосны обыкновенной составляет два-три года. В течение нескольких неблагоприятных по климатическим условиям лет для роста и развития деревьев работа фотосинтетического аппарата ухудшается (часть хвои опадает). Для его восстановления также требуется несколько лет.

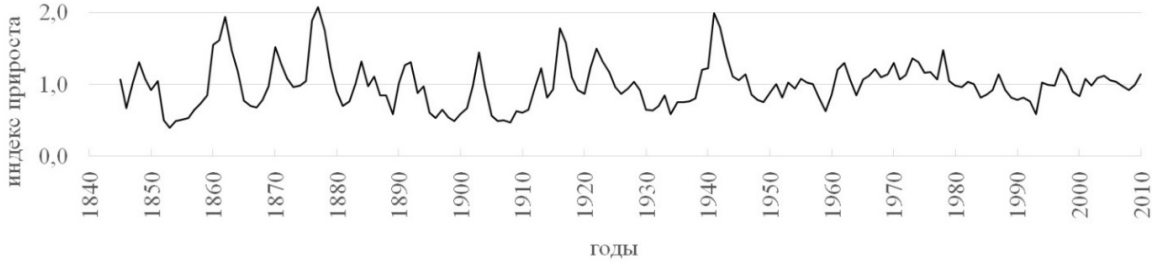


Рис. 5. Региональная мастер-хронология

Fig. 5. The regional master-chronology

Таблица 4. Коэффициенты корреляции индексов радиального прироста со среднемесячными значениями температуры воздуха и осадков текущего года и предыдущих лет

Table 4. Correlation coefficients of tree-ring indices with average monthly temperature and precipitation of the current and previous years

Месяц	Смещение на количество лет				
	0	1	2	3	4
Температура					
Сентябрь (пр.)	-0,25*	-0,05	0,14	0,00	-0,13
Октябрь (пр.)	0,09	-0,25*	-0,05	-0,01	-0,08
Ноябрь (пр.)	0,23	-0,03	-0,05	0,14	0,05
Декабрь (пр.)	-0,08	-0,01	-0,05	0,04	0,04
Январь	-0,31*	-0,31*	-0,26*	-0,04	-0,03
Февраль	-0,10	-0,08	-0,12	-0,06	0,09
Март	-0,02	-0,04	-0,02	-0,03	-0,08
Апрель	-0,19	-0,07	-0,10	0,13	0,10
Май	-0,14	-0,02	-0,05	0,13	-0,03
Июнь	-0,05	0,06	0,13	-0,03	-0,18
Июль	-0,02	-0,07	0,15	0,21	0,01
Август	-0,05	-0,15	0,20	0,20	-0,03
Осадки					
Сентябрь (пр.)	-0,06	-0,23	-0,19	-0,21	-0,08
Октябрь (пр.)	0,03	0,20	0,04	0,08	0,11
Ноябрь (пр.)	0,23	0,08	0,20	0,18	0,22
Декабрь (пр.)	0,13	0,03	-0,20	-0,14	-0,10
Январь	-0,27*	-0,34*	-0,11	0,01	-0,09
Февраль	0,05	-0,08	-0,10	-0,01	0,00
Март	-0,05	-0,28*	-0,01	-0,04	0,10
Апрель	0,09	0,10	0,05	0,07	-0,11
Май	0,35*	0,08	-0,10	0,01	0,05
Июнь	0,03	-0,10	-0,34*	-0,22	-0,23
Июль	0,09	0,20	-0,19	-0,25*	-0,02
Август	-0,03	-0,18	-0,31*	-0,24	-0,07
Примечание. *- коэффициенты корреляции, значимые при $p < 0.05$					

Таблица 5. Коэффициенты корреляции индексов радиального прироста с ГТК и суммами осадков за разные периоды

Table 5. Correlation coefficients of tree-ring indices with HTC and precipitation for different periods

Показатель	Смещение на количество лет						
	0	1	2	3	4	1-2	2-3
ГТК май-август	0,20	0,02	-0,45*	-0,36*	-0,07	–	-0,59*
ГТК июнь-август	0,05	-0,01	-0,45*	-0,37*	-0,1	–	-0,59*
Сумма осадков за гидрологический год	0,19	-0,10	-0,44*	-0,33*	-0,16	–	-0,56*
Сумма осадков за сентябрь-март	0,02	-0,21	-0,13	-0,07	0,04	-0,31*	–
Примечание. * – коэффициенты корреляции, значимые при $p < 0.05$							

Заключение

Установленные закономерности влияния климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной в заболоченных и болотных лесах позволяют ответить на вопрос – почему обычные линейные модели «климат-прирост» плохо работают для деревьев, произрастающих в экосистемах данного типа. Основная причина заключается в том, что болото выступает аккумулятором влаги, сглаживающим резкие годичные колебания климата. В результате на изменение ширины годичных колец деревьев в текущем году наибольшее влияние оказывают климатические факторы не текущего года, а 1–3-х предшествующих лет. Соответствен-

но достаточно тяжело выполнить на основании показателей радиального прироста реконструкцию отдельно осадков или температуры воздуха. В то же время установленная нами на болотных и заболоченных почвах тесная (существенно более высокая, чем для деревьев сосны, произрастающих на минеральных почвах) связь радиального прироста с ГТК позволяет реконструировать гидротермический режим летних месяцев на протяжении нескольких столетий.

Работа выполнена в рамках задания 1.06/3 «Реконструкция и прогноз региональных изменений в приросте и составе лесов под влиянием урбанизации и мелиорации» ГПНИ «Природопользование и экология».

Литература

1. Edvardsson, J. Exploring the impact of regional climate and local hydrology on Pinus sylvestris L. growth variability – A comparison between pine populations growing on peat soils and mineral soils in Lithuania / J. Edvardsson [et al.] // Plant Soil, No 392. – 2015. – P. 345–356.

2. Laine, A. M. Impacts of drainage, restoration and warming on boreal wetland greenhouse gas fluxes / A. M. Laine [et al.] // Sci. Total Environ., No 647. – 2019. – P. 169–181.

3. Waddington, J. M. Hydrological feedbacks in northern peatlands / J. M. Waddington [et al.] // Ecohydrology, No 8. – 2015. – P. 113–127.

4. Edvardsson, J. Subfossil peatland trees as proxies for Holocene palaeohydrology and palaeoclimate / J. Edvardsson [et al.] //Earth Sci. Rev., No 163. – 2016. – P. 118–140.

5. Linderholm, H. W. An assessment of twentieth century tree-cover changes on a southern Swedish peatland combining dendrochronology and aerial photograph analysis / H. W. Linderholm, A. M. Leine // Wetlands, No 24. – 2004. – P. 357–363.

6. Macdonald, S. E. Factors influencing size inequality in peatland black spruce and tamarack: Evidence from post-drainage release growth / S. E. Macdonald, F. Yin // J. Ecol., No 87. – 1999. – P. 404–412.

7. Edvardsson, J. Multiannual hydrological responses in Scots pine radial growth within raised bogs in southern Sweden / J. Edvardsson, A. Hansson // Silva Fenn., Vol. 49, No 4.– 2015. doi.org/10.14214/sf.1354.

8. Linderholm, H. W. Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring width / Silva Fenn., No 35. – 2001. – P. 415–424.

9. Potapov, A. Synchronous Growth Releases in Peatland Pine Chronologies as an Indicator for Regional Climate Dynamics – A Multi-Site Study Including Estonia, Belarus, and Sweden / A. Potapov [et al.] // Forests, No 10. – 2019. – P. 1097–1115.

10. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.

11. Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.

12. Ермохин, М. В. Дендрохронологическое районирование сосны обыкновенной в Беларуси / М. В. Ермохин, В. В. Савельев // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 441–453.

13. Holmes, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement / R. L. Holmes // Tree-Ring Bull. – 1983. – № 44. – P. 69–75.

14. Huber, B. Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung / B. Huber // Holz als Roh und Werkstoff, 1943. – P. 263–268.

15. Pilcher, J. A 7,272-year tree-ring chronology for western Europe / J. Pilcher [et al.] // Nature. – 1984. – № 312. – p. 150–152.

16. Fritts, H. C. Tree-ring analysis: tool for water resource / H.C. Fritts // Trans. Amer. Geolog. Union., Vol.50. – 1969. – P. 22–29.

17. Nowacki, G. J. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks / G. J. Nowacki, M. D. Abrams // Ecol. Monogr., No 67. – 1997. – P. 225–249.

18. Селянинов, Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г.Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165–177.

19. Holmes, R. L. Dendrochronology program library. Users manual. – Tucson, Arizona, 1984. – 51 p.

Поступила в редакцию 15.11.2022 г.

УДК 581.55:627.17

С. Э. ЛАТЫШЕВ, Л. М. МЕРЖВИНСКИЙ, Ю. И. ВЫСОЦКИЙ, В. В. ЛАТЫШЕВА

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОРЯДКА *OENANTHETALIA AQUATICAE* В ОЗЕРАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Витебский государственный университет имени П.М.Машерова,
Витебск, Беларусь, e-mail: leonardm@tut.by

Аннотация. В статье приведены результаты изучения сообществ растительности порядка ***Oenanthetalia aquaticae***. В составе порядка выявлено 5 ассоциаций и 5 вариантов, входящих в состав одного союза. Ценофлора порядка представлена 19 видами, большинство из которых принадлежат классу ***Phragmito-Magnocaricetea***. Наиболее богатым видовым составом характеризуется ассоциация ***Eleocharitetum palustris***, которая также является наиболее распространенной. Из 5 сообществ порядка в мезотрофных водоемах обнаружены 4, в эвтрофных 3, а в дистрофном только 1. Проведен анализ ценозов по экологическим шкалам Элленберга: освещенности, температуре, континентальности, увлажненности, pH, обеспеченности азотом. С учетом полученных результатов и литературных данных была уточнена синтаксономическая структура порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** для Республики Беларусь, для которой характерно наличие 1 союза и 8 ассоциаций.

Ключевые слова: водная растительность, озера, Белорусское Поозерье, порядок ***Oenanthetalia aquaticae***, класс ***Phragmito-Magnocaricetea***.

S. E. LATYSHAU, L. M. MERZHVINSKI, Yu. I. VYSOTSKI, U. V. LATYSHAVA

VEGETATION OF THE *OENANTHETALIA AQUATICAE* ORDER IN THE LAKES OF THE BELORUSSIAN LAKELAND

Vitebsk State University named after P. M. Masherov,
Vitebsk, Belarus, e-mail: leonardm@tut.by

Annotation. The article highlights results of the research of water communities ***Oenanthetalia aquaticae*** order. The syntaxonomic structure of the order contains 1 union, 5 associations and 5 variants. The coenoflora presented by 19 species, most of which belong to ***Phragmito-Magnocaricetea*** class. The richest species composition is typical for the association ***Eleocharitetum palustris***, which is also the most common. Among 5 communities of the order 4 were found in mesotrophic water bodies, 3 for eutrophic, and only 1 for distrophic lakes. An analysis of cenoses was carried out according to ecological Ellenberg scales: light, temperature, continentality, moisture, reaction, nutrients. Taking into account the obtained results and literature data, the syntaxonomic structure of ***Oenanthetalia aquaticae*** order for the Republic of Belarus was detailed. This order is represented by 1 union and 8 associations.

Keywords: aquatic vegetation, lakes, Belorussian Lakeland, order ***Phragmito-Magnocaricetea***, class ***Phragmito-Magnocaricetea.***

Введение

Водная и прибрежно-водная растительность являются важнейшими компонентами природных экосистем. Выступая в качестве продуцентов органического вещества, мест обитания различных организмов, участвуя в круговороте веществ, ассоциации макрофитов во многом определяют внешний вид и условия обитания других организмов [1]. Сообщества растительности представляют собой не формальную совокупность особей одного или нескольких видов, а исторически сложившиеся под влиянием внешних факторов и межвидовых взаимодействий в разной степени устойчивые образования, изменения качественных и количественных показателей которых имеет высокую биоиндикационную значимость [2].

Целью нашей работы являлась характеристика сообществ прибрежно-водной растительности порядка ***Oenanthetalia aquaticae***. Последние комплексные данные по данной тематике были произведены до пересмотра синтаксономической структуры класса ***Phragmito-Magnocaricetea***, к которому относятся ассоциации порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** [3–5].

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются озера Белорусского Поозерья (табл. 1). Морфометрические показатели приводятся по данным Блакитной книги [6]. Определение трофического статуса водоема осуществлялось на основании комплексной классификации озер Беларуси и литературных данных [7–8].

В основе работы лежит анализ 36 геоботанических описаний сообществ порядка ***Oenanthetalia aquaticae***, которые проводились на пробных площадках размером от 2 до 100 м^2 за период с 2010 по 2021 гг. Расположение и размер площадок подбирался в соответствии с рекомендациями [9]. Обилие видов в описании оценивалось по шкале Браун-Бланке: r – встречаемость единичная с незначительным проективным покрытием; + – вид встречается редко и характеризуется низким проективным покрытием; 1 – вид встречается часто, проективное покрытие вида до 5%; 2 – проективное покрытие от 5% до 25%; 3 – проективное покрытие 26–50%; 4 – проективное покрытие 51–75%; 5 – проективное покрытие вида 76% и выше. Классы постоянства видов оценивались по пятибалльной шкале: I – вид встречается не более чем в 20% описаний; II – вид встречается в 21–40% описаний; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100%. В тексте приводятся сокращения: п – песчаный, и – илистый, и-п – илисто-песчаный, с – сапропель. Номенклатура высших видов растений приводится в соответствии с базой данных The Plant List [10], для идентификации видов использовались литературные источники [11–14].

Анализ сообществ был выполнен по общепринятым методикам эколого-флористической классификации Браун-Бланке [15–16]. Выделение ассоциаций осуществлялось по диагностическим видам, для принятия синтаксономических решений и корректного отражения ценотической структуры использовались литературные источники [17–21]. Первичная подготовка и обработка описаний проводилась с использованием программ Excel и Turboveg [22]. Далее полученные файлы экспортировались в программу Juice [23] для анализа геоботанических описаний с использованием алгоритма Twinspan. Для каждой ассоциации, число описаний которой было не менее пяти, в программе Juice проводилось выделение диагностических, константных и доминантных видов. Ассоциации с малым числом описаний не подвергались подобному анализу, диагностические виды для них определялись по доминантам ассоциации. Вид считается диагностическим, если его коэффициент верности (phidelity, phi-коэффициент) для ассоциации составляет не менее 50, при превышении значения 80 – высоко диагностический (выделялся жирным шрифтом). Константным принимается вид, который встречается в ассоциации с частотой не менее 40%, высоко константный – не менее 80%. В качестве доминантных выступают виды, чье проективное покрытие превышает 25%, а частота встречаемости не менее 15%, для высоко доминантных частота встречаемости не менее 30%.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Table 1. Characteristics of the objects of research

Озеро	Площадь, км^2	Наибольшая глубина, м	Трофическое состояние	Административный район
Соро	5,31	36,3	Мезотрофное	Бешенковичский
Даубле	1,64	25,8	Мезотрофное	Браславский
Яновичское	1,46	7	Эвтрофное	Витебский
Белое	2,4	8,9	Мезотрофное	Городокский
Берново	2,8	10,9	Эвтрофное	Городокский
Вымно	7,24	7,8	Эвтрофное	Городокский
Езерище	15,39	11,5	Эвтрофное	Городокский
Лосвидо	11,42	20,2	Мезотрофное	Городокский
Тиосто	5,35	11,7	Эвтрофное	Городокский
Черново	3,18	19,3	Мезотрофное	Городокский
Буевское	0,72	13	Эвтрофное	Лиозненский
Девинское	2	9,6	Эвтрофное	Оршанский
Ведето	4,68	-	Мезотрофное	Полоцкий
Кривое	4,5	31,5	Мезотрофное	Ушачский
Черствятское	9,36	4,3	Эвтрофное	Ушачский
Будовесть	3,41	10,3	Мезотрофное	Шумилинский
Добеевское	2,31	3,6	Дистрофное	Шумилинский

Также для ассоциаций по наличию субдоминантов проводилось выделение вариантов, которое осуществлялось с использованием алгоритма Twinspan программы Juice и подвергалось проверке программой CAP [24], относящейся к методам ограниченной ординации. В программе CAP анализировалась матрица обилия видов различных сообществ одной ассоциации, которые стандартизировались по образцу log10(x + 1). Для анализа различия использовали индекс Брея-Кертиса [25]. Число перестановок в пермутационном тесте 9999. Процент правильной классификации при выделении вариантов не менее 90%, уровень значимости (P)<0,05. При несовпадении результатов программ Juice и CAP для выделения вариантов, принимались результаты анализа последней.

Для проведения анализа сообществ по экологическим шкалам Элленберга использовались данные, импортированные в программу Juice для оценки значений с учетом обилия видов [24, 26].

Результаты и их обсуждение

Продромус растительности порядка *Oenanthetalia aquaticae* озер Белорусского Поозерья
Prodrome of the *Oenanthetalia aquaticae* vegetation order of the Belorussian Lakeland lakes

Порядок ***Oenanthetalia aquaticae*** Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993
Союз ***Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae*** Passarge 1964
Асс. ***Eleocharitetum palustris*** Savich 1926
E. p. var. typica
E. p. var. *Nuphar lutea*
Асс. ***Sagittarietum sagittifoliae*** Frilleux et Jouve 1973
Асс. ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei*** Hejný in Dykyjová et Květ 1978
Асс. ***Butometum umbellati*** Philippi 1973
B. u. var. typica
B. u. var. *Nuphar lutea*
B. u. var. *Potamogeton perfoliatus*
Асс. ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** Chepinoga 2014

В обследованных озёрах Белорусского Поозерья порядок ***Oenanthetalia aquaticae*** представлен 1 союзом, 5 ассоциациями и 5 вариантами.

Порядок ***Oenanthetalia aquaticae*** Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993 (табл. 2).

Син.: ***Oenanthetalia aquaticae*** Hejný in Kopecký et Hejný 1965 (2b).

Порядок объединяет сообщества низко- и средневысокотравных гелофитов и гигрогелофитов, произрастающих на мелководье, испытывающих колебания уровня воды.

Союз ***Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae*** Passarge 1964.

Син.: ***Oenanthion aquaticae*** Hejný 1948 (1), ***Phalarido-Glycerion maximae*** Passarge 1964 p. p. (2b), ***Oenanthion aquaticae*** *sensu auct., non* Hejný ex Neuhäusl 1959 (pseudonym), ***Cirsio brachycephali-Bolboschoenion*** Passarge ex Mucina in Bal.-Tul. et al. 1993 (syntax.syn.), ***Mentho arvensis-Eleocharition palustris*** de Foucault in de Foucault et Catteau 2012 (syntax. syn.).

Союз ***Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae*** включает сообщества гелофитов и гигрогелофитов, произрастающих на илистых грунтах в зоне мелководья, способные переносить колебания уровня воды.

Ассоциация ***Eleocharitetum palustris*** Savich 1926 (табл. 3).

Син.: ***Eleocharitetum palustris*** Šennikov 1919 (Art. 2b, nom. nud.), ***Eleocharitetum palustris*** Ubrizsy 1948, ***Butomo-Eleocharitetum palustris*** Golub et al. 1991.

Диагностические виды: ***Eleocharis palustris***.

Константные виды: ***Eleocharis palustris***.

Доминантные виды: ***Eleocharis palustris***.

Сообщества ситняга болотного, обнаружены в 13 обследованных озерах, проанализировано 22 описания.

Состав. Количество видов на пробных площадках варьирует от 1 до 6, среднее число видов в описании 2,2. Ценофлора ассоциации насчитывает 15 видов, которые относятся к двум классам растительности – ***Potamogetonetea***, ***Phragmito-Magnocaricetea***. С наибольшим постоянством встречаются *Nuphar lutea*, *Potamogeton perfoliatus*, 11 видов встречаются всего в 1–2 описаниях.

Структура. Площадь описаний от 2 до 100 м^2. Проективное покрытие ситняга болотного варьирует от 25% до 70%, общее проективное покрытие сообществ от 30% до 80%. Половина фитоценозов имеет одноярусную структуру – либо одновидовые сообщества, либо сообщества, сформированные при участии представителей воздушно-водной растительности. Вторая половина

представлена двухъярусными сообществами (в основном с участием *Nuphar lutea*) или трехъярусными (при участии погруженных гидрофитов и плейстофитов).

Экология. Произрастают на грунтах различного типа на глубине от 0,2 м до 0,8 м в мезотрофных и эвтрофных озерах. Чаще всего фитоценозы имеют вид пятен, размером от 20 м^2 до 600 м^2, реже в виде вытянутых полос с шириной до 5 м.

В ассоциации было выделено два варианта. Процент правильной классификации 100%, p=0,0001.

Вар. ***typica*** (см. табл. 3, оп. 1–17). В составе варианта насчитывается 8 видов, среднее число видов в описании 1,5. Большая часть сообществ одновидовые, имеют одноярусную структуру. Произрастают в основном на песчаных грунтах на глубине от 20 до 80 см. Проективное покрытие доминанта варьирует от 25% до 60%, общее проективное покрытие сообществ 30%–80%.

Вар. ***Nuphar lutea*** (см. табл. 3, оп. 18–22). Ценофлора варианта включает 12 видов, среднее число видов в описании 4,4. Сообщества могут иметь двухъярусную или трехъярусную структуру. Произрастают на глубине от 30 до 70 см на песчаных и илисто-песчаных грунтах. Проективное покрытие ситняга болотного 30%–70%, кубышки желтой 5%–30%, общее проективное покрытие сообществ от 50% до 80%.

Ассоциация ***Sagittarietum sagittifoliae*** Frilleux et Jouve 1973 (табл. 4, оп. 1–3).

Син.: ***Butomo-Sagittarietum sagittifoliae*** Losev in Losev et Golub 1988.

Диагностические виды: ***Sagittaria sagittifolia***.

Константные виды: – .

Доминантные виды: ***Sagittaria sagittifolia***.

Сообщества стрелолиста обыкновенного, обнаружены в 3 обследованных озерах, проанализировано 3 описания.

Таблица 2. Синтаксономическая таблица ассоциаций порядка ***Oenanthetalia aquaticae***

Table 2. Syntaxonomic table of the ***Oenanthetalia aquaticae*** associations order

Число видов	15	2	1	7	7
Число описаний	22	3	1	8	2
Среднее число видов в описании	2,2	1,3	1	2,4	4
Среднее проективное покрытие	50	53	50	64	100
Ассоциация	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Д. в. асс. ***Eleocharitetum palustris***					
Eleocharis palustris	100^{2-4}	·	·	·	·
Д. в. асс. ***Butomo-Sagittarietum sagittifoliae***					
Sagittaria sagittifolia	5^{+}	100^{3-4}	·	25^{+-2}	·
Д. в. асс. ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***					
Alisma gramineum	·	·	50^{3}	·	·
Д. в. асс. ***Butometum umbellati***					
Butomus umbellatus	5^{1}	·	·	100^{3-5}	·
Д. в. асс. ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***					
Eleocharis mamillata	·	·	·	·	100^{3-4}
Д. в. класса ***Potamogetonetea***					
Myriophyllum sibiricum	5^{+}	·	·	13^{2}	50^{1}
Nuphar lutea	23^{1-2}	·	·	38^{2-3}	50^{3}
Persicaria amphibia	5^{2}	·	·	·	·
Potamogeton lucens	9^{+-1}	·	·	·	·
Potamogeton natans	5^{2}	·	·	·	·
Potamogeton perfoliatus	27^{+-2}	33^{2}	·	38^{2}	·
Stuckenia pectinata	5^{+}	·	·	·	·
Д. в. класса ***Phragmito-Magnocaricetea***					
Acorus calamus	5^{+}	·	·	·	·
Equisetetum fluviatilis	14^{+-2}	·	·	13^{1}	50^{+}
Lythrum salicaria	5^{+}	·	·	·	·
Phragmites australis	9^{+-2}	·	·	·	50^{2}
Schoenoplectus lacustris	5^{+}	·	·	13^{+}	·
Д. в. класса ***Platyhypnidio-Fontinalietea atipyreticae***					
Fontinalis antipyretica	·	·	·	·	50^{3}
Leptodictyum riparium	·	·	·	·	50^{3}

Примечание. Номера синтаксонов: 1 – ***Eleocharitetum palustris***, 2 – ***Sagittarietum sagittifoliae***, 3 – ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***, 4 – ***Butometum umbellati***, 5 – ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***. Цифры в таблице отражают частоту встречаемости видов (%), числа в надстрочных знаках отражают обилие видов по Браун-Бланке.

Таблица 3. Ассоциация ***Eleocharitetum palustris***

Table 3. Association ***Eleocharitetum palustris***

Площадь описания, м^2	100	70	3	100	20	100	25	50	20	20	20	35	15	2	50	100	35	Постоянство видов	15	25	100	30	10	Постоянство видов	Постоянство видов в ассоциации
ОПП, %	30	30	50	30	60	40	40	50	40	40	50	40	50	80	30	50	60		80	50	70	60	80		
Глубина, см	70	50	20	50	50	70	50	60	80	50	70	40	70	50	30	30	80		30	70	50	70	70		
Грунт	и-п	п	и	п	п	и	п	п	и	п	п	п	п	и	п	п	и-п		п	и-п	п	п	и-п		
Число видов	1	1	1	1	1	4	1	2	1	1	4	2	1	2	1	1	1		5	2	6	5	4		
Номер описания табличный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	19	20	21	22		
Номер описания в базе данных	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555		556	557	558	559	560		
Д. в. асс. ***Eleocharitetum palustris***																									
Eleocharis palustris	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	V	4	3	3	3	4	V	V
Д. в. вар. ***Nuphar lutea***																									
Nuphar lutea	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	2	2	2	2	V	II
Д. в. класса ***Phragmito-Magnocaricetea***																									
Equisetum fluviatile	·	·	·	·	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	I	1	·	+	·	·	II	I
Phragmites australis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	·	·	·	·	·	·	I	·	·	·	·	+	I	I
Д. в. класса ***Potamogetonetea***																									
Potamogeton lucens	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	I	·	·	+	·	·	I	I
Potamogeton perfoliatus	·	·	·	·	·	1	·	+	·	·	·	1	·	2	·	·	·	II	·	·	+	1	·	II	II

Примечание. Отмечены в 1 описании: *Butomus umbellatus* 6 (1), *Persicaria amphibia* 8 (2), *Stuckenia pectinata* 11 (+), *Lythrum salicaria* 18 (+), *Schoenoplectus lacustris* 18 (+), *Myriophyllum sibiricum* 20 (+), *Sagittaria sagittifolia* 21 (+), *Potamogeton natans* 21 (2), *Acorus calamus* 22 (+).

Локализация пробных площадок:

1 – Даубле, 55.58290° с.ш., 26.84669° в.д., 20.08.2016; **2** – Даубле, 55.58490° с.ш., 26.85498° в.д., 20.08.2016; **3** – Яновичское, 55.28885° с.ш., 30.67743° в.д., 17.07.2019; **4** – Белое, 55.82226° с.ш., 29.89511° в.д., 27.08.2020; **5** – Берново, 55.64555° с.ш., 29.78331° в.д., 17.08.2019; **6** – Вымно, 55.42388° с.ш., 30.31412° в.д., 13.08.2020; **7** – Вымно, 55.42376° с.ш., 30.31341° в.д., 13.08.2020; **8** – Езерище, 55.84119° с.ш., 30.00202° в.д., 27.08.2019; **9** –Езерище, 55.84852° с.ш., 29.99406° в.д., 26.08.2020; **10** – Езерище, 55.85912° с.ш., 29.96836° в.д., 26.08.2020; **11** – Лосвидо, 55.37680° с.ш., 30.00162° в.д., 08.08.2020; **12** –Лосвидо, 55.37121° с.ш., 30.04485° в.д., 08.08.2020; **13** – Тиосто, 55.59507° с.ш., 30.49953° в.д., 29.08.2019; **14** – Буевское, 55.01483° с.ш., 30.74195° в.д., 28.07.2020; **15** – Ведето, 55.78229° с.ш., 29.33617° в.д., 17.08.2020; **16** – Черствятское, 55.17883° с.ш., 28.86217° в.д., 14.08.2015; **17** – Будовесть, 55.22548° с.ш., 29.66711° в.д., 29.08.2021; **18** – Соро, 55.02644° с.ш., 29.76405° в.д., 31.07.2021; **19** – Тиосто, 55.59153° с.ш., 30.50507° в.д., 12.08.2020; **20** – Черствятское, 55.18220° с.ш., 28.85682° в.д., 22.08.2020; **21** – Будовесть, 55.22051° с.ш., 29.65366° в.д., 23.08.2019; **22** – Будовесть, 55.22082° с.ш., 29.65379° в.д., 29.08.2021.

Состав. Ассоциация представлена тремя фитоценозами, два из которых одновидовые, а в третьем кроме ценозообразователя присутствует *Potamogeton perfoliatus*.

Структура. Площадь описаний около 10 м^2. Проективное покрытие доминанта варьирует от 40% до 60%, общее проективное покрытие сообществ 50–60%. Из трех описанных сообществ два одноярусные и одно двухъярусное, образованное при участии погруженных укореняющихся гидрофитов.

Экология. Фитоценозы произрастают на глубине 0,2–0,3 м на песчаном грунте в мезотрофных озерах, имеют вид небольших пятен площадью до 20 м^2. Происхождение, вероятно, связано с нарушением человеком сформировавшегося растительного покрова воздушно-водной растительности.

Ассоциация ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei*** Hejný in Dykyjová et Květ 1978 (см. табл. 4, оп. 4).

Син.: ***Vergesellschaftung von Alisma gramineum*** Kallen 1994, ***Eleocharito acicularis-Alismatetum graminei*** (Kallen 1994) Passarge 1999.

Диагностические виды: ***Alisma gramineum***.

Константные виды: – .

Таблица 4. Ассоциации ***Sagittarietum sagittifoliae***, ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***, ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***, ***Butometum umbellate***

Table 4. Associations ***Sagittarietum sagittifoliae***, ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***, ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***, ***Butometum umbellati***

Площадь описания, м^2	9	12	10	Постоянство видов в ассоциации	30	Постоянство видов в ассоциации	25	15	Постоянство видов в ассоциации	15	25	15	Постоянство видов	50	15	50	Постоянство видов	35	15	Постоянство видов	Постоянство видов в ассоциации
ОПП, %	40	60	60		50		10	10		40	50	10		50	80	70		70	50		
Глубина, см	2	3	3		4		5	9		4	5	2		5	6	7		5	4		
Грунт	п	п	п		и		и	и-		п	и-	с		п	п	п		п	п		
Число видов	1	2	1		3		3	5		2	1	2		2	4	3		2	3		
Номер описания табличный	1	2	3		4		5	6		7	8	9		10	11	12		13	14		
Номер описания в базе данных	5	5	5		6		5	5		5	5	5		5	5	5		5	5		
Д. в. асс. ***Sagittarietum sagittifoliae***																					
Sagittaria sagittifolia	3	3	4	V	·	·	·	·	·	+	·	2	IV	·	·	·	·	·	·	·	II
Д. в. асс. ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***																					
Alisma gramineum	·	·	·	·	3	V	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Д. в. асс. ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***																					
Eleocharis mamillata	·	·	·	·	·	·	4	3	V	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
Д. в. асс. ***Butometum umbellati***																					
Butomus umbellatus	·	·	·	·	·	·	·	·	·	3	3	5	V	3	3	3	V	4	3	V	V
Д. в. вар. ***Nuphar lutea***																					
Nuphar lutea	·	·	·	·	·	·	3	·	III	·	·	·	·	2	2	3	IV	·	·	·	II
Д. в. вар. ***Potamogeton perfoliatus***																					
Potamogeton perfoliatus	·	2	·	II	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	·	II	2	2	II	II
Д. в. класса ***Phragmito-Magnocaricetea***																					
Equisetum fluviatile	·	·	·	·	·	·	+	·	III	·	·	·	·	·	1	·	II	·	·	·	I
Д. в. класса ***Potamogetonetea***																					
Myriophyllum sibiricum	·	·	·	·	·	·	·	1	III	·	·	·	·	·	·	·		·	2	I	I

Примечание. Отмечены в 1 описании: *Phragmites australis* 6 (2), *Fontinalis antipyretica* 6 (3), *Leptodictyum riparium* 6 (3), *Schoenoplectus lacustris* 12 (+).
Локализация пробных площадок: **1** – Соро, 55.00831° с.ш., 29.79867° в.д., 12.08.2019; **2** – Черново, 55.57366° с.ш., 29.90028° в.д., 13.08.2011; **3** – Кривое, 55.15966° с.ш., 29.02244° в.д., 23.08.2020; **4** – Яновичское, 55.29493° с.ш., 30.68045° в.д., 17.07.2019; **5** – Соро, 55.00599° с.ш., 29.81077° в.д., 12.08.2019; **6** – Девинское, 54.79466° с.ш., 30.35204° в.д., 08.07.2015; **7** – Добеевское, 55.24353° с.ш., 29.53864° в.д., 12.09.2010; **8** – Соро, 55.04074° с.ш., 29.75449° в.д., 30.07.2020; **9** – Соро, 55.02568° с.ш., 29.76485° в.д., 31.07.2021; **10** – Тиосто, 55.59078° с.ш., 30.49321° в.д., 12.08.2020; **11** – Езерище, 55.86592° с.ш., 29.96964° в.д., 18.08.2021; **12** – Будовесть, 55.20605° с.ш., 29.64762° в.д., 21.08.2020; **13** – Соро, 55.02018° с.ш., 29.76383° в.д., 31.07.2021; **14** – Лосвидо, 55.36689° с.ш., 30.01990° в.д., 08.08.2020.

Доминантные виды: ***Alisma gramineum***.

Ассоциация представлена единственным фитоценозом, произрастающим в озеро Яновичское на илисто-песчаном грунте на глубине до 0,4 м. Сообщество одноярусное одновидовое. Площадь описания 30 м^2. Проективное покрытие ценозообразователя 30%–40%. Произрастает от уреза воды на участке, лишенном представителей полосы воздушно-водной растительности.

Ассоциация ***Butometum umbellati*** Philippi 1973 (см. табл. 4, оп. 7–14).

Син.: ***Butomus umbellatus-Gesellschaft*** Konczak 1968 (Art. 3c).

Диагностические виды: ***Butomus umbellatus***.

Константные виды: ***Butomus umbellatus***.

Доминантные виды: ***Butomus umbellatus***.

Сообщества с доминированием сусака зонтичного, обнаружены в 6 обследованных озерах, проанализировано 8 описаний.

Состав. Число видов на пробных площадках колеблется от 1 до 4, среднее число видов в описании 2,4. Ценофлора насчитывает 7 видов, относящихся к классам ***Potamogetonetea*** и ***Phragmito-Magnocaricetea***. Высокая частота встречаемости характерна для *Nuphar lutea* и *Potamogeton perfoliatus*, но не превышает 40%.

Структура. Площадь описаний 15–50 м^2. Проективное покрытие доминанта от 30% до 90%, общее проективное покрытие сообществ 30%–100%. В равной степени представлены одноярусные фитоценозы (сформированные при участии доминанта и других видов гелофитов), двухъярусные (с ярусом доминанта и либо ярусом плейстофитов, либо ярусом погруженных гидрофитов) и трехъярусные сообщества (при участии погруженных гидрофитов и плейстофитов).

Экология. Произрастают в основном на песчаных грунтах на глубине от 0,2 м до 0,7 м в озерах различного типа. Фитоценозы чаще всего имеют вид малых пятен размером 20 м^2–30 м^2, размер сообществ от 15 м^2 до 450 м^2, произрастают за полосой воздушно-водной растительности или на участках, где она отсутствует.

В ассоциации было выделено три варианта. Процент правильной классификации 100%, p=0,003.

Вар. ***typica*** (см. табл. 4, оп. 7–9). В составе варианта насчитывается только 2 вида класса ***Phragmito-Magnocaricetea***, среднее число видов в описании 1,7. Сообщества имеют одноярусную структуру. Произрастают в основном на песчаных грунтах на глубине от 20 до 50 см в разнотипных озерах. Проективное покрытие доминанта варьирует от 40% до 90%, общее проективное покрытие сообществ 40%–100%.

Вар. ***Nuphar lutea*** (см. табл. 4, оп. 10–12). Ценофлора варианта включает 5 видов, среднее число видов в описании 3. Сообщества могут иметь двухъярусную или трехъярусную структуру. Произрастают на глубине от 50 до 70 см на песчаных грунтах. Проективное покрытие стрелолиста обыкновенного 30%–40%, кубышки желтой 10%–40%, общее проективное покрытие сообществ от 50% до 80%.

Вар. ***Potamogeton perfoliatus*** (см. табл. 4, оп. 13–14). Вариант включает в своем составе 3 вида, среднее число видов в описании 2,3. Структура сообществ двухъярусная. Произрастают на песчаном грунте на глубине от 40 до 50 см. Проективное покрытие доминанта 30%–60%, рдеста пронзеннолистного 10%, общее проективное покрытие сообществ от 50% до 70%.

Ассоциация ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** Chepinoga 2014 (см. табл. 4, оп. 5–6).

Диагностические виды: ***Eleocharis mamillata***.

Константные виды: – .

Доминантные виды: ***Eleocharis mamillata***.

Ассоциация представлена двумя сообществами (озера Лосвидо и Соро). Ценофлора насчитывает 7 видов, кроме ценозообразователя каждый из них встречается по одному разу (*Phragmites australis*, *Equisetetum fluviatilis*, *Nuphar lutea*, *Myriophyllum sibiricum*, *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*), в описаниях 5 и 3 вида.

Структура. Площадь описаний 15–25 м^2. Проективное покрытие доминанта от 40% до 60%, общее проективное покрытие сообществ по 100%. Сообщества двухъярусные: в озере Соро второй ярус сформирован при участии *Nuphar lutea*, а в озере Лосвидо погруженными гидрофитами – *Myriophyllum sibiricum*, *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*.

Экология. Сообщества произрастают в мезотрофных озерах на илисто-песчаном грунте на глубине 0,5 м–0,9 м. Фитоценозы имеют размер до 75 м^2, имеют вид пятна (Соро) или узкой вытянутой полосы шириной около 3 м (Лосвидо).

Сообщества порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** по отношению к освещенности относятся к светолюбивым (рис. 1). Предпочитают условия умеренно теплого и теплого климата. По удаленности распространения от океанического побережья ценозы порядка в основном занимают промежуточное положение между субокеаническими и слабо субконтинентальными. Субконтинетальную и континентальную локализацию имеет ассоциация ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***. По отношению к увлажнению сообщества порядка произрастают в условиях временного затапливания или в мелководных зонах водоемов. Сообщества ассоциаций ***Eleocharitetum palustris***, ***Sagittarietum sagittifoliae***, ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei*** предпочитают местообитания с нейтральной реакцией среды, а ценозы ***Butometum umbellati***, ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** отмечены в биотопах со слабокислой реакцией. По

обеспеченности условий обитания азотом ассоциация ***Batrachio circinati–Alismatetum graminei*** относится к олиготрофным, ***Eleocharitetum palustris***, ***Sagittarietum sagittifoliae***, ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** к мезотрофным, ***Butometum umbellati*** к эвтрофным.

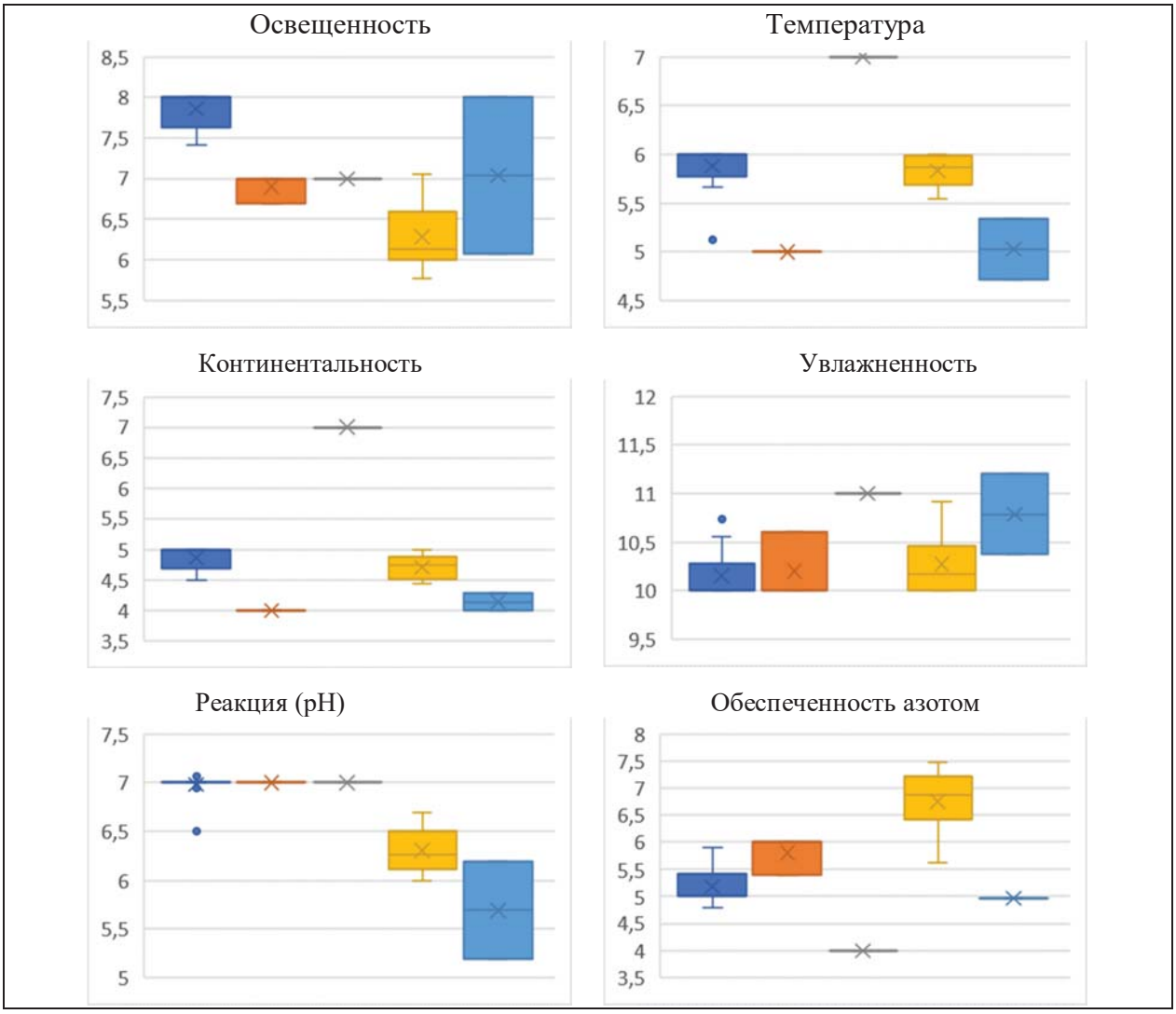


Рис. 1. Экологические характеристики сообществ порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** по шкалам Элленберга

Pic. 1. Ecological characteristics ***Oenanthetalia aquaticae*** communities according to the Ellenberg scales

Примечание (сообщества слева направо): 1 – ***Eleocharitetum palustris***, 2 – ***Sagittarietum sagittifoliae***, 3 – ***Batrachio circinati–Alismatetum graminei***, 4 – ***Butometum umbellati***, 5 – ***Ceratophyllo demersi–Eleocharitetum mamillatae***

Заключение

Порядок ***Oenanthetalia aquaticae*** в обследованных озерах Белорусского Поозерья включает 1 союз и насчитывает 5 ассоциаций и 5 вариантов. Ценофлора порядка представлена 19 видами, 2 из которых относятся к классу ***Platyhypnidio-Fontinalietea atipyreticae***, 7 к классу ***Potamogetonetea*** и 10 являются представителями класса ***Phragmito-Magnocaricetea***.

Сообщества порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** обнаружены в 17 озерах. Из пяти ассоциаций в водоемах мезотрофного типа были обнаружены все, кроме ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***. В озерах эвтрофного типа не были выявлены сообщества ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** и ***Sagittarietum sagittifoliae***. В дистрофных озерах отмечена только ассоциация ***Butometum umbellati***. Из ассоциаций порядка

наиболее распространенной является ***Eleocharitetum palustris***, которая произрастает в 16 водоемах. Остальные сообщества редкие, были обнаружены менее чем в 25% обследованных озер: ***Butometum umbellati*** в четырех, ***Sagittarietum sagittifoliae*** в трех, ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae*** в двух, ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei*** в одном водоеме.

Видовой состав ассоциаций порядка варьирует от 1 до 15 видов. Одновидовой, представленной единственным описанием является сообщество ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei***, наибольшее число видов отмечено для ценозов ***Eleocharitetum palustris***. Значения коэффициентов видового сходства Чекановского-Съеренсена имеет значения от 0, для ассоциации ***Batrachio circinati-Alismatetum graminei*** с другими сообществами порядка, до 0,64 для пары ***Eleocharitetum palustris*** – ***Butometum umbellati***.

По сравнению с имеющимися литературными данными в составе порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** впервые для Беларуси приводятся описания таких сообществ, как ***Alismatetum graminei*** и ***Ceratophyllo demersi-Eleocharitetum mamillatae***. С учетом полученных результатов авторов статьи и данных литературных источников [4, 5, 27], всего на территории Беларуси в составе порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** будет насчитываться 8 ассоциаций. По сравнению с Республикой Беларусь, для Украины характерно наличие 13 [28], для Литвы 4 [29], для Европы 20 ассоциаций порядка ***Oenanthetalia aquaticae*** [3].

Литература

1. Власов, Б. П. Озера Беларуси: Справочник / Б. П. Власов, О. Ф. Якушко. Г.С. Гигевич, А. Н. Рачевский, Е. В. Логинова. – Минск: БГУ, 2004. – 284 с.

2. Вальтер, Г. Общая геоботаника: Пер. с нем./ Г. Вальтер, А. Г. Еленевский. – М.: Мир, 1982, – 264 с.

3. Classification of the European marsh vegetation (*Pharagmito-Magnocaricetea*) to the association level / F. Landucci et al. // Applied Vegetation Science. – 2020. – № 23. – P. 297–316. DOI: 10.1111/avsc.12484

4. Прибрежно-водная растительность приграничных территорий Брянской (Россия), Гомельской (Беларусь) и Черниговской (Украина) областей / Л. Н. Анищенко и др.– Чернигов: Десна Полиграф, 2014. – 176 с.

5. Сцепановіч, Я. М. Фітаразнастайнасць расліннасці Беларусі /Я. М. Сцепановіч // Ботаника: Исследования. – Мн. – 2006. – Вып. XXXIV. – С. 264–281.

6. Дзісько, Н. А. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя / Н. А. Дзісько і інш. – Мн.: БелЭн, 1994. – 415 с.

7. Якушко, О. Ф. Озероведение / О. Ф. Якушко. – изд. 2-е, перераб. – Мн.: Выш. шк., 1981. – 223 с.

8. Лопух, П. С. Общая лимнология [Электронный ресурс]: пособие для студентов геогр. фак. / П. С. Лопух, О. Ф. Якушко. – Минск: БГУ, 2011. Режим доступа: http://elib.bsu.by. – Дата доступа: 29.01.2021.

9. Голуб, В. Б. Использование геоботанических описаний в качестве коллекции образцов для классификации растительности / В. Б. Голуб // Растительность России. – 2011. – № 17–18: 70–83.

10. The Plant List [Electronic resource]. – Mode of access http://www.theplantlist.org. – Date of access : 29.01.21.

11. Определитель высших растений Беларуси / Под. ред. В. И. Парфенова. – Мн.: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

12. Лисицына, Л. И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений / Л. И. Лисицына, В. Г. Папченков, В. И. Артеменко. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 219 с.

13. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск: Беларус. навука – Т. 2. *Liliopsida* (*Acoraceae*, *Alismataceae*, *Araceae*, *Butomaceae*, *Commelinaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Juncaginaceae*, *Lemnaceae*, *Najadaceae*, *Poaceae*, *Potamogetonaceae*, *Scheuchzeriaceae*, *Sparganiaceae*, *Typhaceae*, *Zannichelliaceae*) / Д. И. Третьяков [и др.]. – 2013. – 447 с.

14. Флора Беларуси. Сосудистые растения. В 6 т. / под общ. ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Беларус. навука – Т. 3. *Liliopsida* (*Agavaceae*, *Alliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Asparagaceae*, *Asphodelaceae*, *Cannaceae*, *Colchiaceae*, *Convalliriaceae*, *Cyperaceae*, *Dioscoreaceae*, *Iridaceae*, *Ixioliriaceae*, *Hemerocallidaceae*, *Hostaceae*, *Hyacinthaceae*, *Juncaceae*, *Liliaceae*, *Melanthiaceae*, *Ophiopogonaceae*, *Orchidaceae*, *Pontederiaceae*, *Tofieldiaceae*, *Trilliaceae*) / Д. В. Дубовик [и др.] – 2017. – 573 с.

15. Braun-Blanquet, J. Übersicht der Pflanzengesselschaften Rätiens (III) / J. Braun-Blanquet // Vegetatio. – 1949. – № 1 (fasc. 4–5). – S. 283–316.

16. Бобров, А. А. Описание растительных сообществ в водоемах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке / А. А. Бобров, Е. В. Чемерис // Гидроботаника: Методология и методы: Материалы Школы по гидроботанике. Рыбинск, 2003. – С. 105–117.

17. Вебер, Х. Э. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры. 3-е издание / Х. Э. Вебер, Я. Моравец, Ж.-П. Терийя // Растительность России. – 2005. – №7. – С. 3–38.

18. Тетерюк, Б. Ю. Водная и прибрежно-водная растительность озера Донты (Республика Коми)/ Б. Ю. Тетерюк // Растительность России. СПб. – 2008. – № 12. – С. 76–96.

19. Киприянова, Л. М. Водная и прибрежно-водная растительность рек Чулым и Каргат (Западная Сибирь) / Л. М. Киприянова // Растительность России. СПб. – 2013. – № 22. – С. 63–77.

20. Чепинога, В. В. Флора и растительность водоемов Байкальской Сибири /В. В. Чепинога; отв. ред. О.А. Аненхонов. – Иркутск: Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 468 с.

21. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina [et al.] // Vegetation Science. – 2016. – № 19 (Suppl. 1). – P. 3–264. DOI: 10.1111/avsc.12257.

22. Hennekens, S. M. Turboveg, a comprehensive data base management system for vegetation data / S. M. Hennekens, J. H. J. Schaminée // Journal of Vegetation Science. – 2001. – Vol. 12. – P. 589–591.

23. Tichy, L. Juice program for management, analysis and classification of ecological data / L. Tichy, J. Holt // Brno: Masaryk University, 2006. – 98 p.

24. Anderson, M. J. CAP: a FORTRAN computer program for canonical analysis of principal coordinates / M. J. Anderson. – Department of statistics, University of Auckland. – 2004. 14 p.

25. Шитиков, В. К. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели / В. К. Шитиков, Т. Д. Зинченко, Г. С. Розенберг – Тольятти: Кассандра. – 2011. – 255 с.

26. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg // Scripta geobotanica. – 1979. – Vol. 9. – № 1. – 122 p.

27. Савицкая, К. Л. Гиперценотическая организация растительности водоемов центральной части подзоны бореальных ландшафтов Беларуси / К. Л. Савицкая // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты : Сб. ст. II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12-14 ноября 2013 г. / Белорус. гос. ун-т.; редкол.: В. В. Лысак [и др.]. – Минск, 2013. – С. 55-58.

28. Продромус рослинності України / Д. В. Дубина [и др.]; под ред. Д. В. Дубина. – Київ: Навукова думка, 2019. – 784 с.

29. Balevičienė, J. 2006. Qualitative and quantitative parameters of phytocenoses in Lithuanian lakes of different trophic state / J. Balevičienė // – ECOLOGIJA. – 2006. – № 2. – P. 34–43.

Поступила в редакцию 28.11.2022 г.

УДК 504.062.2: 581.6: 574.36: 330.15 (476)

А. В. НЕВЕРОВ[1], И. П. СЫСОЙ[2], О. М. МАСЛОВСКИЙ[2],
А. А. СИДОРОВИЧ[3], А. В. РАВИНО[1], Н. А. МАСИЛЕВИЧ[1]

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАК ЭЛЕМЕНТА НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА

[1]Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: neverov2007@tut.by, ravino@belstu.by

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

[3]Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь, e-mail: anna-ecofox@mail.ru

Аннотация. Проведены скрининг и анализ существующих подходов и методов учета и оценки запасов растительных ресурсов. Разработана комплексная методика оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в натуральном и стоимостном выражении как элемента национального богатства. Согласно разработанной методике, некультивируемые биологические ресурсы растительного происхождения рассматриваются как непроизведенный материальный (нефинансовый) экономический актив и структурный элемент экономического оборота в составе национального богатства в соответствии с требованиями Системы национальных счетов к построению баланса активов и пассивов и счетов накопления. Оценке подлежат запасы таких некультивируемых растительных ресурсов как дикорастущие экономически ценные растения, имеющие пищевое, лекарственное, техническое значение и являющиеся ресурсами для пищевой, фармацевтической промышленности и иных секторов экономики. Применение разработанной методики позволит обоснованно принимать управленческие решения в сфере устойчивого использования растительного мира, разработки эффективной системы охраны его объектов и сохранения биологического разнообразия; будет способствовать повышению экспортного потенциала и эффективному вовлечению растительных ресурсов в экономический оборот республики.

Ключевые слова: некультивируемые биологические ресурсы, экономическая оценка, урожайность, эксплуатационный запас, рекомендуемый объём ежегодного использования, интегральная стоимостная оценка.

A. V. NEVEROV[1], I. P. SYSOI[2], O. M. MASLOVSKY[2],
A. A. SIDOROVICH[3], A. V. RAVINO[1], N. A. MASILEVICH[1]

TO METOD OF COMPLEX ECONOMIC ESTIMATION OF THE PLANT RESOURCES AS AN ELEMENT OF NATIONAL WEALTH

[1]Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus,
e-mail: neverov2007@tut.by, ravino@belstu.by

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

[3]Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources,
Minsk, Belarus, e-mail: anna-ecofox@mail.ru

Annotation. We have carried out a screening and analysis of existing approaches and methods for accounting and estimating stocks of plant resources. We have developed the methodology for complex estimation of the stocks of non-cultivated biological resources of plant origin in physical and value terms as an element of national wealth. According to the developed methodology, non-cultivated biological resources of plant origin are considered as a non-produced tangible (non-financial) economic asset and a structural element of economic turnover as part of national wealth in accordance with the requirements of the System of National Accounts for building a balance of assets and liabilities and accumulation accounts. Stocks of such non-cultivated plant resources as wild economically useful plants of food, medicinal, technical importance and being resources for the food, pharmaceutical industry and other sectors of the economy are subject to assessment. The application of the developed methodology will make it possible to reasonably make management decisions in the field of sustainable use of the plant world, the development of an ef-

fective system for the protection of its objects and the conservation of biological diversity; will contribute to increasing the export potential and the effective involvement of plant resources in the economic turnover of the republic.

Keywords: non-cultivated biological resources, economic estimation, productivity, exploited resources, recommended volume of annual harvesting, integral cost estimation.

Введение

Природная флора Беларуси богата своими ресурсами. По экспертной оценке, биологический запас хозяйственно полезных растений и грибов в Республике Беларусь составляет 1,1 млн. т [1]. В тоже время доля заготовки лекарственного сырья в стране составляет менее 1% от общего объёма заготовок хозяйственно полезных растений и грибов. В Республике Беларусь сложилась парадоксальная ситуация. При избытке дикорастущего растительного сырья, страна вынуждена импортировать значительные объёмы обычных лекарственных растений: березовые почки, брусничный лист, кору дуба и крушины, побеги багульника, зверобоя и крапивы, хвою сосны и т.д.

На мировом рынке лекарственные средства на основе растительного сырья составляют около 40% всего ассортимента медицинских препаратов. По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения, в ближайшее время доля фитопрепаратов в общих объёмах потребления лекарственных средств достигнет 60%. Мировой рынок фитопрепаратов оценивается в 60 млрд. долларов США [2, 3].

Для организации устойчивого использования растительных ресурсов необходимо знать величину, распределение и динамику запасов сырья видов дикорастущих хозяйственно полезных растений, период восстановления их популяций после эксплуатации, нормы изъятия растительного сырья, при которых исключаются истощение и утрата способности некультивируемых биологических ресурсов к самовоспроизводству, а также провести их экономическую оценку. Помимо всего этого следует обеспечить сохранность естественных растительных сообществ.

Отсутствие до настоящего времени полноценной экономической оценки растительных ресурсов страны существенно тормозит адекватную оценку ситуации в области рационального природопользования, а также качественную разработку природоохранных мероприятий. Эти сведения являются основой для построения новой эффективной системы охраны и хозяйственного использования объектов растительного мира, повышения экспортного потенциала и эффективного вовлечения растительных ресурсов в экономический оборот республики.

Материалы (объекты) и методы исследования

Существуют различные подходы и методы экономической оценки растительных ресурсов. Наибольшее распространение получил метод прямой рыночной оценки на основе валового продукта, определяется исходя из возможного годового использования ресурса и средней его рыночной цены. Для экономической оценки сырья дикорастущих хозяйственно полезных растений, которые не имеют рыночной стоимости, используется метод восстановительной стоимости, альтернативной стоимости. Метод альтернативной стоимости основан на методологии расчёта стоимости ущерба в результате утраты (повреждения) ресурсов [4–7].

Экономическая оценка отдельных видов природных ресурсов определяется путем исчисления капитализированной величины их стоимости на основе теории природного капитала, концепции экологической ренты и механизме её выражения – альтернативной стоимости с учётом эффективности воспроизводства природных ресурсов в экономической и экологической сферах. Экономическая оценка для возобновляемых природных ресурсов – есть стоимостная оценка экологического и экономического эффекта их воспроизводства (постоянной эксплуатации) в стоимостном выражении [8].

Выделяют два основных вида экономической оценки природных ресурсов [6]:

– текущая экономическая оценка – представляет собой ежегодный эффект воспроизводства природных ресурсов, то есть их ежегодную ценность;

– долгосрочная (капитальная, капитализированная) экономическая оценка природных ресурсов – представляет собой сумму ежегодной ценности природного ресурса за период нахождения природного ресурса в хозяйственном (общественном) обороте. Этот показатель представляет собой сумму текущих оценок.

Долгосрочная экономическая оценка предполагает учет фактора времени. Суммирование эффекта за длительное время выражает метод «капитализации», который трактуется экономистами как суммирование годовых оценок за бесконечный ряд лет с учетом обесценивания эф-

фекта во времени. В основе этого подхода лежит общепринятое положение теории эффективности капитальных вложений о неравноценности разновременных затрат и результатов и необходимости их приведения в сопоставимый вид с помощью дисконтирования [6].

Экономическая оценка возобновляемых природных ресурсов (Овпр) определяется по формуле 1 [8]:

$$Овпр = \sum Овпр_i \times К_i \quad (1)$$

где $Овпр_i$ – капитальная экономическая оценка i-го возобновляемого природного ресурса (расчёт проводится по формулам 3–4), руб.;
$К_i$ – коэффициент экономической доступности i-го ресурса.

Для лесных ресурсов коэффициент экономической доступности определяется по формуле 2 [8]:

$$К_i = 1 - Пнпн / Плп \quad (2)$$

где Пнпн – площадь низкопродуктивных лесов основных лесообразующих пород, га;
Плп – площадь покрытых лесом земель под насаждениями основных лесообразующих пород, га.

Коэффициент экономической доступности $К_i$ для земель под болотами и биоразнообразия принимается на уровне 1.

Капитальная экономическая оценка земель под болотами ($Овпр_б$) определяется по формуле 3 [8]:

$$Овпр_б = \sum_i \frac{Ц \times K_R}{1+p+K_R} \times К_{вых} \times Кco_2 \times К_ф \times К_э \times З_{ап} \times S_{бj} \quad (3)$$

где Ц – рыночная цена основного продукта природопользования на момент оценки;
K_R = 0,3 – коэффициент эффективности воспроизводства природного ресурса;
p = 0,3 – коэффициент эффективности (рентабельности) производства продукта природопользования;
$К_{вых}$ = 0,6 – коэффициент выхода конечного продукта природопользования с единицы природного ресурса, учитывающий технологические потери при сушке, транспортировке;
$Кco_2$ – коэффициент соответствует удельному показателю ежегодного поглощения диоксида углерода болотом в зависимости от типа торфа в расчёте на 1 га болота – по ТКП 17.02-10-2013 [9, Приложение Ж]. Для торфяных залежей переходного типа торфа используется коэффициент как для низинного торфа;
$К_ф$ – коэффициент, дифференцирующий ценность сорбционной (водоочистительной, фильтрующей) способности в расчёте на 1 га болота – по ТКП 17.02-10-2013 [9, Приложение К];
$К_э$ = 1 – коэффициент экологической значимости земель под болотами; для земель под болотами, включающих биотопы, относящиеся к категории редкие [9, Приложение В], значение данного коэффициента принимается равным 2;
$З_{ап}$ – удельный запас торфа в залежи (по данным Государственного кадастра торфяного фонда Республики Беларусь), т/га;
$S_{бj}$ – площадь земель под болотами j-го вида (соответствует землям под болотами с верховым, низинным и переходным типом залежи торфа, в том числе редких биотопов болот), га.

Капитальная экономическая оценка лесных ресурсов ($Овпр_{лх}$) определяется по формуле 4 [8]:

$$Овпр_{лх} = \sum_j \frac{Ц \times K_R}{1+p+K_R} \times К_{вых} \times К_{хцп} \times К_{пп} \times К_э \times P \times S_{лхj}/q_{лх} \quad (4)$$

где Ц – рыночная цена основного продукта природопользования, руб./м^3;
K_R = 0,3 – коэффициент эффективности воспроизводства природного ресурса;
p = 0,3 – коэффициент эффективности (рентабельности) производства продукта природопользования;
$К_{вых}$ = 0,7 – коэффициент выхода конечной основной продукции природопользования с единицы природного ресурса;
$К_{хцп}$ – коэффициент хозяйственной ценности главной древесной породы на оцениваемом участке – по ТКП 17.02-10-2013 [9, Приложение Б]. В случае равных долей пород в составе насаждений расчёт проводится по наиболее ценной, у которой $К_{хцп}$ выше;
$К_{пп}$ = 1,25 – коэффициент, отражающий стоимость продукции побочного лесопользования;
$К_э$ = 1 – коэффициент экологической значимости лесных земель; для лесных земель, включающих биотопы, относящиеся к категории редкие [9, Приложение В], значение данного коэффициента принимается равным 2;
P – ежегодная продуктивность ресурса основного продукта природопользования в расчёте на 1 га площади, м^3 /га в год;
$S_{лхj}$ – площадь лесных земель j-го вида (соответствует площади лесных и прочих лесопокрытых земель в разрезе насаждений основных лесообразующих пород, а также непокрытых лесом, но предназначенных для его восстановления, в том числе площадь лесных земель, относящихся к редким лесным биотопам), га;
$q_{лх}$ – капитализатор, обратно пропорциональный времени воспроизводства ресурса; принимается на уровне 0,01 – для природоохранных лесов, рекреационно-оздоровительных лесов, защитных лесов (1/100 лет); на уровне 0,02 – для эксплуатационных лесов (1/50 лет).

Расчёт удельной текущей (ежегодной) оценки ($R_л$) для луговых экологических систем осуществляется по формуле 5 [9]:

$$R_л = \frac{Ц \times K_R}{1+p+K_R} \times K_{вых} \times K_{пц} \times K_э \times P \quad (5)$$

где Ц – рыночная цена основного продукта природопользования, руб./ц.;
K_R = 0,3 – коэффициент эффективности воспроизводства ресурса основного продукта природопользования;
p = 0,3 – коэффициент эффективности (рентабельности) производства продукции природопользования;
$K_{вых}$ = 0,95 – коэффициент выхода конечной продукции природопользования с единицы природного сырья, учитывающий технологические потери при сушке, транспортировке;
$K_{пц}$ – коэффициент дифференциации питательной ценности кормов луговых экологических систем различных типов по отношению к зерну [9, Приложение Д];
$K_э$ – коэффициент экологической значимости луговых экологических систем (для редких луговых биотопов – 2 [9, Приложение В], для остальных луговых биотопов устанавливается 1);
P – ежегодная продуктивность ресурса в расчёте на 1 га площади, ц/га в год. Продуктивность луговых экологических систем определяется по средней урожайности лугов в зависимости от типа луга в ц/га [9, Приложение Д].

Суммарная экономическая оценка природных ресурсов определяется путем суммирования результатов расчёта по каждому типу экологических систем.

Косвенная оценка растительных ресурсов основана на использовании данных об издержках, связанных с предотвращением последствий ухудшения качества природного потенциала. Для стоимости оценки используются значения компенсационных выплат – сумма средств, адекватная стоимостной ценности ресурса или тому ущербу, который получен в результате его утраты (повреждения). Компенсационные платежи за выбытие естественных богатств из хозяйственного оборота представляют собой прямые убытки и производственные потери, которые обычно имеют место при изъятии природных ресурсов или природных объектов у юридических и физических лиц для государственных или общественных нужд [6].

Методом функции ущерба производится денежная оценка изменения потенциала растительных ресурсов на какую-либо сферу человеческой деятельности, чаще всего экономическую. На практике расчёт ущерба ведут по двум направлениям: оценка ущерба среде обитания (используются специальные методики, инструкции отдельно для расчёта ущербов от загрязнения атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвы) и собственно биологическим ресурсам. Методическая база количественной оценки потерь в экосистемах представляет широкий набор документов различного уровня (таксы, методики и др.), в которых ущерб определяется как сумма ущерба от различных видов вредного воздействия на отдельные природные объекты (атмосферу, водные объекты, почву, биологические ресурсы) [4].

Результаты и их обсуждение

С целью эффективного и рационального использования растительных ресурсов, а также вовлечения их в экономические обороты страны была разработана комплексная методика оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в натуральном и стоимостном выражении как элемента национального богатства.

Некультивируемые биологические ресурсы растительного происхождения рассматриваются как непроизведенный материальный (нефинансовый) экономический актив и структурный элемент экономического оборота в составе национального богатства в соответствии с требованиями Системы национальных счетов (совокупность взаимосвязанных показателей и классификаций, применяемых для отражения информации о всех фазах экономического процесса и функционирования экономики страны в определённый период) к построению баланса активов и пассивов и счетов накопления.

Оценка запасов включает в себя информацию о запасах некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в натуральном и стоимостном выражении на конец года, предшествующего отчётному, а также информацию об их изменении за предыдущий отчётный период.

Стоимость запасов на начало отчётного года принимается равной стоимости запасов на конец предыдущего года, получаемой в соответствии с разработанной методикой.

Юридическим собственником некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения является государство, а экономическим собственником – институциональная единица, имеющая право на получение экономических выгод, связанных с заготовкой и (или) закупкой данных ресурсов.

Информация о стоимости запасов и её изменении за год отражается в балансе активов и пассивов и счетах накопления в соответствии с Системой национальных счетов.

К учитываемым и оцениваемым активам относятся объекты растительного мира (виды дикорастущих растений), представляющие реальный либо потенциальный интерес с позиций эффективного вовлечения в экономический оборот; заготовка которых осуществляется в соответствии с установленными нормами объёмов изъятия.

Оценке запасов подлежат следующие некультивируемые биологические ресурсы растительного происхождения – дикорастущие экономически ценные растения, имеющие пищевое, лекарственное, техническое и иное значение и являющиеся ресурсами для пищевой, фармацевтической промышленности и иных секторов экономики.

Оценка запасов осуществляется по видам дикорастущих растений и группам сырья:

– листья;
– побеги («трава»);
– кора;
– почки;
– цветки или соцветия;
– плоды (ягоды, многоорешек, сложная костянка, орехи и др.);
– клубни, клубнелуковицы, корни, корневища, луковицы.

Оценка запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения проводится с помощью натуральных и стоимостных показателей.

Натуральный метод оценки запасов выражает физическую характеристику некультивируемого биологического ресурса в количестве (экземплярах, килограммах или тоннах на гектар). Ежегодный размер пользования биоресурсом определяется характером его воспроизводства, балансом прироста и потери ресурса, сохранением его экологической функции в природе.

Объектом оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в натуральном выражении выступает биологический вид, занимающий определённую площадь экосистемы, плотность оцениваемой популяции. Биологический запас сырья вида дикорастущих растений рассчитывается по площади его заросли и урожайности либо на основании материалов Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь [1].

Заросли определяются как часть естественных экосистем, занимаемых видом, пригодных для заготовок. Площадь определяется по картографическим материалам, данным Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь [1], в ходе натурных обследований на местности.

Расчёт урожайности дикорастущих растений и (или) их частей может осуществляться непосредственным определением их величины сырьевой фитомассы на учётных площадках в исследуемых экосистемах. При использовании плотности оцениваемой популяции вида дикорастущих растений (количество экземпляров (побегов) на единицу площади) урожайность определяется путём произведения плотности на массу одного экземпляра (побега). Если определяется проективное покрытие вида дикорастущих растений, то урожайность рассчитывается как произведение его среднего проективного покрытия на «цену» 1% (величина сырьевой фитомассы с 1 дм^2) [10].

Для перевода биологических запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в эксплуатационные (промысловые) используются конверсионные коэффициенты экономической доступности.

Оценка запасов в натуральном выражении ведётся по эксплуатационному запасу, который представляет собой экономически доступную часть общего биологического запаса вида.

Стоимостная (капитальная) оценка некультивируемых биологических ресурсов основана на оценке величины запаса для разных видов. Интегральная стоимостная оценка некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения производится путем сложения поэлементных стоимостных оценок. Изменения интегральной стоимостной оценки представляют собой разницу между интегральной оценкой отчётного года и интегральной оценкой предыдущего года. Изменения отражаются по счёту переоценки и счёту других изменений запасов актива.

В качестве стоимостного метода оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения выступает метод альтернативной стоимости, увязанный с рыночной ценой основного продукта природопользования, который основан на методологии расчёта стоимости ущерба в результате утраты (повреждения) некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения. Метод альтернативной стоимости применяется в случае отсутствия возможности прямого использования метода дифференциальной ренты как ведущего оценочного инструмента измерения вклада природных ресурсов в национальное богатство страны.

Для стоимостной оценки используются значения такс для определения размера возмещения вреда, причиненного объектам растительного мира в результате их незаконного изъятия

или уничтожения, согласно постановлению №219 [11], т.е. сумма средств, адекватная стоимостной ценности данного ресурса или того ущерба, который получен в результате его утраты (повреждения).

Эксплуатационный запас дикорастущих растений i-го вида в натуральном выражении рассчитывается по формуле 6:

$$З_i = \sum_{ij} Y_{ij} \times S_{ij} \times К_{эд} \quad (6)$$

где $З_i$ – эксплуатационный запас i-го вида дикорастущих растений, кг или тонны;
i – вид дикорастущих растений, относящийся к некультивируемым биологическим ресурсам;
Y_{ij} – урожайность i-го вида дикорастущих растений, относящихся к некультивируемым биологическим ресурсам, в экосистеме j-го типа на конец базового периода, кг/га;
S_{ij} – площадь оцениваемой экосистемы j-го типа, где произрастает i-й вид дикорастущих растений, га;
$К_{эд}$ – конверсионные коэффициенты экономической доступности. В среднем для видов дикорастущих хозяйственно полезных растений $К_{эд}$ принимается равным 0,5 [10].

Суммарная оценка каждого i-го вида ресурса определяется путем суммирования результатов расчёта по каждому j-му типу экосистем.

Стоимостная (капитальная) оценка экономического актива некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в разрезе хозяйственно значимых ресурсов рассчитывается по формуле 7:

$$C_i = З_i \times \frac{П_i}{100} \times К_c \times Б \times \frac{q_{эк}}{q_э} \quad (7)$$

где C_i – стоимостная (капитальная) оценка i-го вида некультивируемого биологического ресурса растительного происхождения, руб.;
$З_i$ – эксплуатационный запас i-го вида дикорастущих растений, кг или тонны;
$П_i$ – рекомендуемый объём ежегодного использования запаса i-го вида (не должен превышать процент его прироста) в процентах;
$К_c$ – коэффициент, учитывающий ресурсную стоимость i-го вида, эквивалентную стоимости возмещения вреда при утрате ресурса в базовых величинах, б.в./кг [11];
Б – размер базовой величины, установленный законодательством на дату оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения, руб.;
$q_{эк}$ – капитализатор (норма дисконта) экологической сферы, значение которого обратно пропорционально сроку воспроизводства потребляемого природного вещества, составляющего основу естественной экологической системы определённого типа [9];
$q_э$ – капитализатор (норма дисконта) экономической сферы, принимается на уровне 0,05 [9].

Интегральная стоимостная оценка запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения определяется путём суммирования капитальных оценок отдельных видов природных ресурсов как структурных элементов национального богатства по формуле 8:

$$C_{НБР} = \sum C_i \quad (8)$$

где $C_{НБР}$ – интегральная стоимостная оценка всех видов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения, руб.;
C_i – стоимостная (капитальная) оценка i-го вида некультивируемого биологического ресурса растительного происхождения, руб.

Экономическая оценка изменения стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в отчётном году ($\delta C_{НБР}$) вычисляется по формуле 9:

$$\delta C_{НБР} = C_{НБР\ о} - C_{НБР\ пред} \quad (9)$$

где $\delta C_{НБР}$ – экономическая оценка изменения стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в отчётном году, руб.;
$C_{НБР\ о}$ – интегральная стоимостная оценка запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения на конец отчётного года, руб.;
$C_{НБР\ пред}$ – интегральная стоимостная оценка запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения на конец предыдущего года, руб.

Заключительный баланс равен начальному балансу с учётом произошедших в отчётном году изменений по счетам накопления (счёт переоценки и счёт других изменений в объёме активов).

Экономическую оценку изменения стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в отчётном году ($\delta C_{НБР}$) можно представить в следующем виде (10):

$$\delta C_{НБР} = \delta Б + \delta Н \quad (10)$$

где $\delta C_{НБР}$ – экономическая оценка изменения стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в отчётном году, руб.;
$\delta Б$ – изменение стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного

происхождения за счёт изменения базовой величины, отражаемое по счёту переоценки, руб.;
δН – изменение стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения за счёт других изменений активов, отражаемое по счёту других изменений в активах, руб.

Изменения на счёте переоценки (δБ) в результате изменения базовой величины определяется по формуле 11:

$$\delta Б = \frac{(Б_о - Б_{пред}) \times С_{НБРо}}{Б_о} \quad (11)$$

где δБ – изменение стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения за счёт изменения базовой величины, отражаемое по счёту переоценки, руб.;
$Б_о$ – размер базовой величины на конец отчётного года, руб.;
$Б_{пред}$ – размер базовой величины на конец предыдущего года, руб.;
$С_{НБРо}$ – интегральная стоимостная оценка запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения на конец отчётного года, руб.

Счёт других изменений (δН) в объёме активов предназначен для определения изменений стоимости активов, которые не связаны с экономическими операциями и с изменениями цен.

Применительно к запасам некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения оцениваются следующие изменения за счёт:

– изъятия (заготовки) некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения, т.е. уменьшения их запасов в результате их физического изъятия из среды их произрастания;

– естественных и экстраординарных потерь запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения (усыхания растений, в том числе в результате воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера);

– естественного прироста некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения;

– переклассификации некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения, т.е. включения вида в Красную книгу Республики Беларусь или исключения из неё;

– других изменений запасов (активов) некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения.

Изменение на счёте других изменений (δН) вычисляется как разница между экономической оценкой изменения стоимости запасов некультивируемых биологических ресурсов в отчётном году ($\delta С_{НБР}$) и изменения по счёту переоценки (δБ) исходя из формулы 10.

Оценка запасов в натуральном и стоимостном выражении по разработанной методике проводится с целью получения информации о запасах некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в составе национального богатства на конец отчётного периода и их изменении за отчётный период в соответствии с требованиями Системы национальных счетов. Также рассмотренная методика применяется для оценки запасов некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения с целью принятия управленческих решений в сфере устойчивого использования растительного мира, сохранения биологического разнообразия; обеспечения охраны и рационального использования объектов растительного мира при составлении документов стратегического планирования, в том числе отраслевых планов и стратегий экономического развития; для установления структуры природно-ресурсного потенциала отдельных территориальных единиц; обоснования инвестиций в новые проекты; обоснования альтернативных вариантов использования природных ресурсов.

Заключение

Установленный согласно разработанной методике размер стоимости некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения может быть учтён при:

– оценке некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения в натуральном и стоимостном выражении как элемента национального богатства;

– ведении и научном сопровождении Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь;

– оценке природно-ресурсного потенциала отдельных районов и территорий;

– оценке экосистемных услуг отдельных районов и территорий;

– подготовке представлений об объявлении, преобразовании и прекращении функционирования особо охраняемых природных территорий, а также планов управления этими территориями;

– подготовке проектов нормативных правовых актов, устанавливающих ограничения и запреты на ведение деятельности по заготовке и

закупке некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения;

– разработке биолого-экономических обоснований на заготовку и (или) закупку дикорастущих растений и (или) их частей;

– разработке раздела «Охрана окружающей среды» в проектной документации;

– управлении особо охраняемыми природными территориями в соответствии с особым режимом их охраны и использования;

– иных работах, предусматривающих охрану и использование объектов растительного мира.

Полученные результаты могут быть использованы при оценке и учёте национального богатства Республики Беларусь; для вовлечения в экономический оборот некультивируемых биологических ресурсов растительного происхождения; развития экспортного потенциала; при оценке воздействия на окружающую среду и при разработке мер по сохранению природных объектов.

Литература

1. 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.

2. Решетников, В. Н. Производство фитопрепаратов – важная задача науки и производства / В. Н. Решетников // Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер.: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – Минск, 2010. – Т. 5, ч. 2. – С. 7–9.

3. Дорошкевич, И. Н. Перспективы заготовок лекарственного растительного сырья в Республике Беларусь / И. Н. Дорошкевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2005. – № 5. – С. 201–203.

4. Касимов, Д. В. Теория и практика расчета и минимизации ущерба лесным ресурсам: редким видам растений, древесным и пищевым ресурсам, лекарственному сырью. Монография. Издание третье дополненное, переработанное и исправленное / Д. В. Касимов, В. Е. Пинаев – М.: Мир науки, 2021. – Сетевое издание. Режим доступа: https://izd-mn.com/PDF/14MNNPM21.pdf

5. Ripen, J. E. Economic Valuation of Medicinal Plants in Jagoi Area, Bau, Malaysia / J. E. Ripen, G. T. Noweg // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2016. – Vol. 224. – P. 124–131.

6. Неверов, А. В. Экономика природопользования : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А. В. Неверов. – Минск : БГТУ, 2009. – 554 с.

7. Неверов, А. В. Эколого-экономическая оценка природных ресурсов / А. В. Неверов, И. В. Войтов, С. Б. Кочановский // Белорусский экономический журнал. – 2000. – №2. – С. 47–55.

8. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения экономической оценки природно-ресурсного потенциала административно-территориальной единицы (района) = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Парадак правядзення эканамічнай ацэнкі прыродна-рэсурснага патэнцыялу адміністратыўна-тэрытарыяльнай адзінкі (раена) : ТКП 17.02-15-2016 (33140). – Введ. 01.08.2017. – Минск : БелНИЦ Экология, 2017. – 14 с.

9. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения работ по стоимостной оценке экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Парадак правядзення работ па вартаснай ацэнке экасістэмных паслуг і вызначэння вартаснай каштоўнасці біялагічнай разнастайнасці : ТКП 17.02-10-2013 (02120). – Введ. 01.06.2013. – Минск : БелНИЦ Экология, 2013. – 23 с.

10. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторыі. Парадак правядзення планавага абследавання тэрыторыі Рэспублікі Беларусь для кадастравага ўліку аб'ектаў расліннага свету : ТКП 17.12-09-2015 (33140). – Введ. 01.09.2015. – Минск : БелНИЦ Экология, 2015. – 32 с.

11. О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и порядке его исчисления : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 апр. 2022 г., № 219 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – 5/50127.

Поступила в редакцию 12.10.2022 г.

УДК 630*161; 581.52

А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ, Т. Л. БАРСУКОВА, А. О. РУСИНОВ,
Я. К. ИГНАТЬЕВ, Ю. Д. ХОЗЯШЕВА

ФОРМАЦИОННО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПАНСИИ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO* L.) В ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. По материалам лесоустройства, включающим 1043 выдела с участием клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в составе древостоев, и результатам популяционных исследований на землях лесного фонда установлено, что этот чужеродный вид успешно натурализуется в условиях большинства суходольных типов мест произрастания, хотя большая часть его популяций сопряжена с орляковой (45,3%), мшистой (13,4%) и кисличной (14,8%) сериями типов леса. При этом он способен формировать как насаждения со своим доминированием, так и с успехом входит в состав древостоев других лесообразующих пород. Популяции клена имеют инвазионную или нормальную структуру, что свидетельствует о его успешной адаптации и высоком потенциале дальнейшей экспансии. К ранее нелесным территориям приурочено 58,6% общей численности участков с участием клена ясенелистного, 11,9% участков находится на границе лесных и нелесных земель, 16,1% – в поймах или на берегах водоемов и водотоков.

Ключевые слова: инвазивные растения, клен ясенелистный, лесные формации, типы леса, возраст древостоев.

A. V. PUGACHEVSKY, T. L. BARSUKOVA, A. O. RUSINOV,
Y. K. IGNATIEV, Y. D. KHOZYASHEVA

FORMATIONAL AND TYPOLOGICAL AND LANDSCAPE FEATURES OF THE ASH-LEAVED MAPLE (*ACER NEGUNDO* L.) EXPANSION TO THE FOREST ECOSYSTEMS OF BELARUS

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

Annotation. Based on the forest management materials, including 1043 sections with the participation of ash-leaved maple in the composition of forest stands, and the results of population studies on the lands of the forest fund, it was established that this alien species successfully naturalizes under the conditions of most upland types of habitats, although most of its populations are associated with bracken (45,3%), mossy (13.4%) and sorrel (14.8%) series of forest types. At the same time, it is able to form both plantations with its own dominance, and successfully enters into the composition of forest stands of other forest-forming species. Maple populations have an invasive or normal structure, which indicates its successful adaptation and high potential for further expansion. 58.6% of the total number of plots with the participation of ash-leaved maple is confined to previously non-forest territories, 11.9% of the plots are located on the border of forest and non-forest lands, 16.1% – in floodplains or on the banks of reservoirs and watercourses.

Keywords: invasive plants, ash-leaved maple, forest formations, forest types, stand age.

Введение

Клен ясенелистный, или американский *(Acer negundo L.)*, интродуцированный на территорию Беларуси в первой половине XIX в. [1], широко распространился по всей территории страны как в результате культивирования в составе защитных и зеленых насаждений, так и в процессе спонтанного расселения. Аналогичные процессы имеют место по всей средней полосе Европейской части Российской Федерации, всех сопредельных стран [2–4].

Благодаря зимостойкости, высокой семенной продуктивности и эффективной стратегии заселения новых территорий, низкой требовательности к условиям произрастания клен ясене-

листный имеет в настоящее время максимальные темпы экспансии в республике среди всех древесных интродуцентов [3]. Крылатки клена распространяются ветром, водными потоками, а также птицами, грызунами и антропохорно – с транспортом, почвообрабатывающими механизмами и т.п. [2, 4].

На массовое спонтанное распространение клена ясенелистного впервые было указано в 1970-х гг. [5]. В настоящее время он хорошо натурализовался и стал обычным, повсеместно произрастающим видом. Принято считать, что клен ясенелистный наиболее распространен вдоль водотоков, а также на землях населенных пунктов и заброшенных земельных угодий. Встречается в составе подлеска различных лесных формаций, предпочитая при этом разреженные древостои, опушки и вырубки. Часто встречается вдоль дорог, на пустошах, пустырях, свалках, подворьях. Повсеместно дает самосев, иногда в массовом количестве [3]. Широко распространился на заброшенных после аварии на Чернобыльской АЭС сельскохозяйственных землях, где он формирует чистые и смешанные с другими аборигенными и интродуцированными видами древостои [6]. Наибольшую угрозу клен ясенелистный представляет для прибрежных и пойменных растительных сообществ, где он способен подавлять развитие популяций большинства других древесных растений.

Только в Государственном кадастре растительного мира по состоянию на конец 2017 г. учтено 4271 популяция на общей площади 351,0 га. При этом показан также характер его распространения по территории Беларуси [3].

Постановлением правительства в 2011 г. клен ясенелистный включен в перечень видов, которые оказывают вредное воздействие и (или) представляют угрозу биологическому разнообразию, жизни и здоровью граждан [7].

Несмотря на, казалось бы, высокую степень изученности распространения, биологических и экологических свойств клена ясенелистного в условиях интродукции, до настоящего времени отсутствует объективная оценка процесса его экспансии в состав лесных экосистем с учетом их формационно-типологических особенностей, ландшафтной локализации, а также динамическая характеристика ценопопуляций вида.

Объекты и методы исследования

Для достижения поставленной цели была проанализирована выборка из 1043 выделов общей площадью 1863,5 га, представляющая все без исключения выделы, входящие в материалы учета государственного лесного фонда, и имеющие клён ясенелистный в составе древостоя и / или подроста.

При этом анализ осуществлялся по принадлежности этих выделов к лесным формациям, сериям типов леса, классам возраста, а также по доле участия клена ясенелистного в составе древостоев. Отдельно был выполнен анализ для совокупности тех участков леса, где клен ясенелистный выступает в качестве главной породы, т.е. его участие в составе древостоя составляет от 5 до 10 единиц.

Кроме того, на территории Полоцкого лесхоза, Боровлянского спецлесхоза и Березинского биосферного заповедника в 2021 и 2022 гг. были заложены 26 временных пробных площадей, на которых изучались состав и структура древостоев по принятым в лесной таксации методам, а также выявлялись возрастные спектры ценопопуляций клена ясенелистного для установления динамического статуса и оценки перспектив их дальнейшего существования. При определении возрастного состояния растений руководствовались методическими рекомендациями, изложенными в [8, 9], а при отнесении ценопопуляций к их типам – [10].

При анализе ценопопуляций были использованы критерии выделения возрастных состояний у деревьев (Чистякова, 1989): *p* – проростки; *j* – ювенильные; *im* – имматурные; *v* – виргильные (взрослые вегетативные); g_1 – молодые генеративные; g_2 – средневозрастные генеративные; g_3 – старые генеративные; *ss* – *субсенильные, s* – сенильные.

Сравнительные сведения о структуре лесного фонда приводятся из материалов государственного лесного кадастра по состоянию на 1.01.2022 г. [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Клён ясенелистный в материалах инвентаризации лесного фонда, представленных РУП «Белгослес» в виде баз данных и шейп-файлов имеется в 1043 выделах общей площадью 1863,5 га (по состоянию на 1.01.2022 г.).

Участки с наличием клена ясенелистного представлены в лесном фонде почти всех лесофондодержателей, за исключением территории учебно-опытных лесхозов Министерства образования (табл. 1). При этом он зафиксирован на

землях 72 ведущих лесное хозяйство юридических лиц из 118, что составляет 61% от их общего количества. Можно не сомневаться, что по мере реализации в полном объеме очередного тура лесоустройства этот вид будет зафиксирован в большинстве лесхозов. Вызывает тревогу и то, что на территории большинства подчиненных Управлению делами Президента Республики Беларусь природоохранных учреждений (5 из 7) клен также зафиксирован, хотя и на незначительной пока площади (22 выдела на 27,5 га).

Большинство выделов с кленом ясенелистным выявлено на землях Гомельского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО) – 484 выдела и 964,5 га, Минского ГПЛХО (144 выделов и 192,8 га), Гродненского ГПЛХО (112 выдела и 132,0 га), а также в управляемых местными исполнительными органами городских и пригородных лесах (114 выделов и 153,3 га).

Наибольшее количество выделов с наличием клёна ясенелистного и их общая площадь отмечены на территории ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз» (145 выделов и 360,4 га), ГЛХУ «Гомельский лесхоз» (121 выдел и 198,2 га), Гродненского городского ЖКХ (68 выделов и 79,9 га), ГЛХУ «Речицкий лесхоз» (63 выдела и 73,6 га), ГЛХУ «Хойникский лесхоз» (52 выделов и 164,3 га), ГСЛХУ «Чечерский спецлесхоз» (39 выделов и 114,7 га). Так же стоит отметить Полесский ГРЭЗ с его небольшим количеством выделов, но большой площади (25 выделов и 214,7 га). Столь значительная представленность клена ясенелистного в лесном фонде именно этих юридических лиц обусловлена приемкой в их состав земель, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования после их загрязнения аварийными выбросами Чернобыльской АЭС.

Из приведенных в табл. 2 сведений становится ясно, что экспансии клена ясенелистного подвержены все наши лесные формации, хотя степень их устойчивости к проникновению этого вида различна. Наиболее подвержены инвазии клена его «партнеры» по инвазионному процессу, для которых характерна пионерная стратегия захвата территорий: тополевники, осинники, белоакациевники, ивняки, в меньшей степени березняки. В составе лесов коренных формаций (сосняков, ельников, черноольшаников, дубрав) клен ясенелистный также проникает, но пропорционально их участию в лесном покрове или существенно слабее. Крайне важно и опасно то, что клен ясенелистный уже сформировал свою собственную лесную формацию, где он доминирует в составе насаждений, на общей площади 258,6 га.

Из 30 серий типов леса, которые фиксируются в Беларуси в процессе лесоустройства, клен ясенелистный уже «освоил» 18 (табл. 3). Эти серии представляют почти 96% общей площади всех покрытых лесом земель страны. Это свидетельствует о том, что почти все земли лесного фонда Беларуси пригодны для роста этого вселенца.

Таблица 1. Распределение количества и площади выделов с участием клена ясенелистного в лесном фонде различной ведомственной принадлежности

Table 1. Distribution of the number and area of allotments with the participation of ash-leaved maple in the forest fund of various departmental affiliation

Органы управления юридическими лицами, ведущими лесное хозяйство Management bodies of legal entities engaged in forestry	Число юридических лиц, ведущих лесное хоз-во: с наличием клена / всего Number of legal entities persons leading forestry: with the presence of maple / total	Выделов, шт. / % Partitions, pcs. /%	Площадь, га / % Square, ha / %
Гомельское ГПЛХО	11 / 21	484 / 46,4	964,5 / 51,8
Минское ГПЛХО	17 / 22	144 / 13,8	192,8 / 10,3
Гродненское ГПЛХО	11 / 11	112 / 10,7	132,0 / 7,1
Брестское ГПЛХО	12 / 15	89 / 8,5	75,0 / 4,0
Витебское ГПЛХО	4 / 18	27 / 2,6	52,1 / 2,8
Могилевское ГПЛХО	7 / 13	25 / 2,4	49,2 / 2,6
Итого по Министерству лесного хозяйства	62 / 99	881 / 84,5	1465,6 / 78,7
Министерство по чрезвычайным ситуациям	1 / 1	25 / 2,4	214,7 / 11,5
Управление делами Президента	5 / 7	22 / 2,1	27,5 / 1,5
Национальная академия наук Беларуси	1 / 3	1 / 0,1	2,4 / 0,1
Местные исполнительные и распорядительные органы	3 / 6	114 / 10,9	153,3 / 8,2
Всего	**72 / 118***	**1043 / 100**	**1863,5 / 100**
Примечание. * – с учетом Министерства образования, на землях которого клен ясенелистный не учтен			

Таблица 2. Распределение количества и площади выделов с участием клена ясенелистного по лесным формациям

Table 2. Distribution of the number and area of stands with the participation of ash-leaved maple in forest formations

Лесная формация Forest formation	Количество выделов, шт. / % Number of divisions, pcs. /%	Площадь, га/ % Area, ha/%	Доля формации в составе лесов, % Form share in forests, %
Белоакациевники	19 / 1,82	23,5 / 1,26	0,01
Березняки	178 / 16,99	466,7 / 25,05	23,40
Вязовники	1 / 0,1	0,4 / 0,02	0,01
Грабняки	1 / 0,1	0,2 / 0,01	0,23
Дубравы	37 / 3,55	64,5 / 3,46	3,4
Ельники	13 / 1,25	22,7 / 1,22	9,25
Ивняки	57 / 6,14	94,2 / 5,06	0,23
Кленовники	62 / 5,95	125,2 / 6,72	0,16
Ясенелистокленовники	202 / 19,39	258,6 / 13,88	< 0,01
Липняки	8 / 0,77	7,1 / 0,38	0,06
Сероольшаники	3 / 0,29	7,4 / 0,4	1.95
Черноольшаники	62 / 5,95	93,8 / 5,04	8.96
Осинники	66 / 6,33	87,3 / 4,69	2.55
Сосняки	316 / 30,33	586,9 / 31,5	48.75
Тополевники	7 / 0,67	8,1 / 0,43	0.01
Ясенники	7 / 0,67	6,6 / 0,35	0.20
Прочие	4 / 0,39	10,1 / 0,55	< 0,01
Кустарники	-	-	0.83
Общий итог	1043 /100,0	1863,3 / 100,0	100.0

Таблица 3. Распределение количества и площади выделов с участием клена ясенелистного по сериям типов леса

Table 3. Distribution of the number and area of stands with the participation of ash-leaved maple by series of forest types

Серия типов леса Series of forest types	Количество выделов, шт./% Number of sections, pieces/%	Площадь, га Area, ha	Доля серии типов леса в составе лесного фонда, % Share of a series of forest types in the composition of the forest fund, %
Суходольные			
Вересковая (ВЕР)	5 / 0,48	9,5 / 0,51	1,75
Мшистая (МШ)	140 /13,42	247,3 /13,27	18,38
Орляковая (ОР)	472 /45,25	840,8 /45,12	16,38
Кисличная (КИС)	154 /14,76	205,0 /11,00	15,58
Черничная (ЧЕР)	74 /7,09	203,2 /10,90	15,13
Долгомошная (ДМ)	6 /0,58	12,2 /0,66	4,73
Снытевая (СН)	26 /2,49	47,6 /2,56	3,49
Крапивная (КР)	27 /2,59	48,3 /2,59	1,81
Папоротниковая (ПАП)	53 /5,08	82,8 /4,44	8,52
Таволговая (ТАВ)	37 /3,55	64,6 /3,47	2,23
Болотные			
Осоковая (ОС)	28 /2,68	34,7 /1,86	5,37
Осоково-травяная (ОС-ТР)	6 /0,58	5,8 /0,31	1,13
Болотно-папоротниковая (БОЛ-П)	1 /0,10	9,7 /0,52	0,46
Пойменные			
Приручейно-травяная (ПР-ТР)	5 /0,48	20,5 /1,10	0,56
Прирусловo-пойменная (ПР-ПМ)	3 /0,29	13,7 /0,74	0,12
Злаково-пойменная (ЗЛ-ПМ)	3 / 0,29	5,8 /0,31	0,09
Пойменная (ПМ)	2 /0,19	11,2 /0,60	0,15
Ивняковая (ИВ)	1 /0,10	0,8 /0,04	0,07
Итого	**1043 / 100,0**	**1863,5 / 100,0**	**95,95**

Не выявлен клен ясенелистный пока в насаждениях 12 серий типов леса: крайних по условиям увлажнения (лишайниковой, сфагновой, осоково-сфагновой, багульниковой, касатиковой) или крайне редко встречающихся (луговиковой, ясенево-пойменной, широкотравно-пойменной, ольхово-пойменной, болотно-разнотравной). То, что клен ясенелистный пока не зафиксирован в лесах брусничной серии типов, является, на наш взгляд, вопросом времени.

Наиболее широко клён ясенелистный представлен в орляковой (472 выдела общей площадью 840,8 га), мшистой (140 выделов на 247,3 га) и кисличной (154 выделов на 205,0 га) сериях типов леса (см. табл. 3).

В совокупности эти 766 участков занимают 69,4% от всех лесных выделов с кленом ясенелистным. В еще трех сериях типов леса (черничной, папоротниковой и таволговой) сосредоточены 164 выдела общей площадью 350,6 га, что составляет еще 18,8% общей площади выделов с кленом ясенелистным в лесном фонде страны. На оставшиеся 12 серий приходится в совокупности 219,8 га в 113 выделах (13,2% по площади и 10,9% – по числу выделов).

При сопоставлении доли участия серий типов леса в формировании лесного покрова Беларуси и распределения участков с кленом ясенелистным по типам леса проявляются эколого-фитоценотические лесотипологические «предпочтения» клена ясенелистного: при весьма широкой экологической амплитуде и способности произрастать в самых разных эдафических условиях этот вид все же предпочитает почвы оптимального увлажнения и среднего богатства (орляковая серия типов леса) и пойменные местообитания. В большинстве остальных серий типов леса он принимает участие в формировании лесных фитоценозов, но в процентном отношении в меньших пропорциях, чем они имеются в лесном покрове. По-видимому, это обусловлено повышенной конкуренцией со стороны более мощных эдификаторов (ели, ольхи, дуба) в наиболее богатых условиях произрастания и не вполне подходящими условиями произрастания в местах с избыточным или крайне недостаточным водообеспечением (см. табл. 2 и 3).

Анализ распределения насаждений с участием клёна ясенелистного по классам возраста (табл. 4) показывает, что он присутствует в основном в насаждениях до 70 лет: на этот возрастной период приходится 1023 выдела общей площадью 1840,1 га (98,09% от всех выделов и 98,75% от всей площади выборки). В незначительном количестве он представлен и в насаждениях возрастом от 71 до 155 лет, но на этот возрастной промежуток приходится 16 выделов общей площадью 23,4 га (1,91% от всех выделов и 1,25% от всей площади выборки). При этом следует иметь в виду, что клен в этих насаждениях гораздо моложе главной породы и присутствует либо в виде естественного возобновления, либо в форме примеси чаще во втором ярусе древостоя.

Анализ распределения выделов с участием клена ясенелистного по доле его участия в составе древостоя (рис. 1) показывает, что его вклад в формирование насаждений в большинстве случаев незначителен: до 2 единиц в составе.

Таблица 4. Распределение количества и площади выделов с участием клена ясенелистного по 10-летним классам возраста

Table 4. Distribution of the number and area of patches with the participation of ash-leaved maple by 10-year age classes

Возраст главной породы, лет Age of the main breed, years	Площадь, га / % Square, ha / %	Количество выделов Number of allotments	
		всего, шт. / % total, pcs. /%	с преобладанием клена ясенелистного, шт. with a predominance of ash-leaved glue, pcs.
0–10	294,7 /15,81	156 / 14,96	16
11–20	480,0 /25,76	288 /27,61	58
21–30	482,2 /25,88	234 /22,44	55
31–40	223,9 /12,02	151 /14,48	31
41–50	203,1 /10,90	106 /10,16	11
51–60	88,3 /4,74	54 /5,18	5
61–70	67,9 /3,64	34 /3,26	4
71–80	14,4 /0,77	13 /1,25	
81–90	3,5 /0,19	2 /0,19	
91–100	1,7 /0,09	2 /0,19	
более 100	3,8 / 0,20	3 / 0,28	
Итого	**1863,5**	**100,00**	**180**

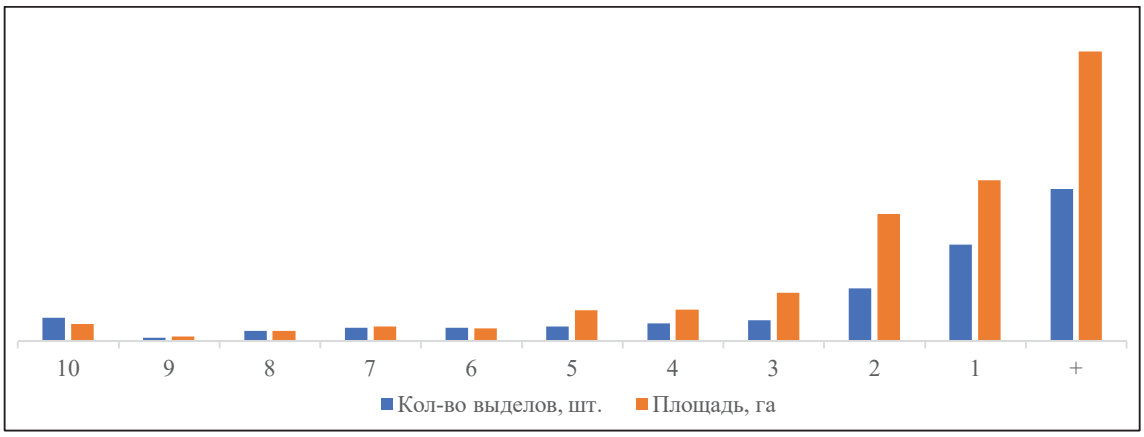


Рис. 1. Распределение количества и площади выделов с участием клена ясенелистного по доле его участия в составе древостоя

Fig. 1. Distribution of the number and area of allotments with the participation of ash-leaved maple according to the share of its participation in the composition of the forest stand

Так, 2 единицы в составе имеют 131 выделов общей площадью 317,4 га (12,56% и 17,03% соответственно); 1 единицу – 240 выделов на 400,5 га (23,01% и 21,49% соответственно) и наибольшая часть в выборке с участием менее 5% в составе насаждения – 379 выделов на 722,3 га (36,34% и 38,76% соответственно). Таким образом на их долю приходится 71,91% от всех выделов и 77,28% от всей площади выборки.

Участки с доминированием клёна ясенелистного в составе древостоев (от 5 до 10 единиц в составе) учтены на общей площади 224,8 га (197 выделов), что составляет 12,1% от всей площади выделов с его участием и 18,9% от их числа. Чистые ясенелистнокленовники (9–10 единиц в составе) представлены в выборке 67 выделами на 54,8 га.

Размер участков с преобладанием клена ясенелистного невелик – в среднем 1,1±0,14 га. При этом он варьирует от 0,1 га до 12,7 га. Наиболее крупные (более 3 га) выделы с доминированием клена выявлены на ранее выведенных из сельскохозяйственного использования загрязненных радионуклидами землях в Ветковском, Чечерском, Гомельском, Хойникском лесхозах Гомельской области, а также на рекультивированных и переданных в состав лесного фонда карьерах, свалках твердых бытовых отходов и т.п. в Гродненском и Скидельском лесхозах в Гродненской области, Любанском и Глусском лесхозах в Минской области.

В предоставленной выборке клён ясенелистный также встречается в составе подроста. При этом, однако, в материалах инвентаризации лесов выборка выделов с участием клена ясенелистного в составе подроста не репрезентативна: всего 11 участков, относящихся к орляковой (9 выделов) и кисличной (2 выдела) сериям типов леса. По этой причине информативный анализ этих материалов невозможен. Следует отметить только, что во всех выделах, где имелся в наличии подрост клёна ясенелистного, порода была представлена также и в составе древостоя.

Для получения представления о положении насаждений с участием клена ясенелистного в элементах ландшафта, путях его проникновения в состав лесов был проведен сопряженный анализ топографических карт и планов лесонасаждений по всей территории Беларуси. Для каждого участка (выдела) с участием клена в составе древостоя было установлено его положение относительно гидрографической сети, границ покрытых и не покрытых лесом земель, болот, пойм. При этом по топографическим картам Генерального штаба СССР выпуска 1980 г. масштаба 1:100000 устанавливалось состояние каждого из земельных участков, соответствующих современным насаждениям с кленом ясенелистным в составе по двум категориям: «покрытые лесом» и «не покрытые лесом». Категория «Ранее не покрытые лесом» участки отражает ситуацию на 1970-е гг., т.е. 45-50-летней давности.

Выяснилось, что подавляющая часть насаждений (71,5%) с участием клена ясенелистного в составе лесного фонда Беларуси приходится на ранее нелесные земли (табл. 5). Они были либо включены в лесной фонд из состава земель иного назначения с уже сформировавшимися молодняками из клена ясенелистного или с его участием, либо были образованы в результате рекультивации нарушенных земель (карьеров, свалок, эродированных участков), либо сформировались в процессе естественного заращивания

переданных в лесной фонд сельскохозяйственных земель и бывших селитебных территорий, подвергшихся спонтанной инвазии клена с сопредельных насаждений (защитных и зеленых).

Доля периферийных участков с кленом ясенелистным, сформировавшихся по границам лесных массивов, также довольно значительна – 12,4% от площади всей выборки (см. табл. 5). Эти участки отражают процесс внешней по отношению к лесу экспансии клена – со стороны сопредельных с лесами популяций вида. Они же становятся своеобразными «плацдармами» для развития процесса инвазии и его продвижения вглубь лесных массивов.

Значительная часть участков с кленом ясенелистным оказалась приурочена к элементам ландшафтов, связанных с гидрографической сетью: берегам водоемов и водотоков и поймам, – 24,2% от их общей площади. Это очень высокий показатель, учитывая, что леса всех серий типов, связанных с поймами и прибрежными местами произрастания, занимают всего 1,1% от площади лесов страны (Государственный лесной кадастр, 2022). Это лишний раз подчеркивает высокую степень угрозы от распространения клена ясенелистного особенно в прибрежных и пойменных экотопах.

В 2021–2022 гг. для изучения инвазионного потенциала клена ясенелистного было заложено 26 пробных площадей (2 – в Березинском биосферном заповеднике, 3 – в Боровлянском спецлесхозе и 9 в Полоцком лесхозе). Сводная характеристика пробных площадей и охарактеризованных на них ценотических популяций клена ясенелистного приведена в табл. 6.

На основе распределения растений клена ясенелистного по возрастному состоянию были построены возрастные спектры их ценотических популяций, позволяющие оценить инвазионность каждой из них. Большая часть этих спектров (20 из 26) приведена на рис. 2–4.

Из 26 ценопопуляций 10 приурочены к опушкам леса с частичным заходом под полог насаждений, 4 развиваются вдоль берегов рек, в насаждениях в массивах леса – 6 (в т.ч. 3 – на бывших свалках), на открытых местах – 2 (на пустыре и залежи) (см. табл. 6).

Максимальный возраст деревьев в исследованных популяциях варьирует от 7 до 50 лет, доля порослевых экземпляров от 0 до 83%. Порослевые деревья представлены преимущественно пневой порослью, в наиболее высоковозрастных древостоях – еще и стеблевыми отпрысками, образующимися при падении ещё живых стволов и укоренении их фрагментов и ветвей.

Из 26 обследованных популяций 17 (65%) являются инвазионными, 3 – переходными от инвазионных к нормальным (12%), 5 (19%) – нормальными и только 1 (4%) относится к регрессивным (см. табл. 6, рис. 2–4).

Подавляющая часть обследованных ценопопуляций является неполночленными. Ценопопуляции, в которых представлены растения всех возрастных групп, относятся к полночленным, а при отсутствии определенных групп – неполночленным. Как правило, ценопопуляции инвазийного или регрессивного типа относятся к неполночленным, поскольку в них отсутствуют либо имматурные и виргинильные особи (в регрессивных ценопопуляциях), либо генеративные и сенильные (в инвазийных ценопопуляциях). Нормальные ценопопуляции являются как полночленными, так и неполночленными (см. рис. 2).

Формирование нормальных популяций, как правило, становится возможным к 40 годам от начала инвазии, когда часть деревьев достигают стадий средневозрастного (g2) и старого (g3) генеративного состояний. На открытых местах с хорошей обеспеченностью светом это может случиться и раньше – к 20 годам. До этого возраста ценопопуляции клена ясенелистного находятся в стадии инвазии.

Таблица 5. Распределение площади выделов с участием клена ясенелистного по элементам ландшафта

Table 5. Distribution of the area of sections with the participation of ash-leaved maple by landscape elements

Элементы ландшафта landscape elements	Берега		Болота Swamps	Поймы Floodplains	Суходолы Dry valleys	Итого Total	
	водоемов reservoirs	водотоков watercourses				га ha	%
Ранее покрытые лесом	11,7	29,8	3,8	4,6	233,5	283,4	16,1
По границе леса	33,9	26,1	-	6,9	151	217,9	12,4
Ранее не покрытые лесом	69,7	70,5	-	153,4	961,8	1255,4	71,5
Итого, га	115,3	126,4	3,8	164,9	1346,3	1756,7	100,0
%	6,6	7,2	0,2	9,4	76,6	-	100,0

Таблица 6. Краткая характеристика насаждений с участием клена ясенелистного на пробных площадях

Table 6. Brief characteristics of plantations with the participation of ash-leaved maple on trial plots

№ ВПП No. WFP	Местоположение Location	Тип леса / ТУМ Type of forest / TUM	Состав Compound	Возраст клена средний / максимальный, лет Maple average / maximum age, years	Средние для клена Medium for maple		% порослевых особей % of pigs-left individuals	Тип ценопопуляции Type of coenopopulation
					Д1,3, см D1.3, cm	Н, м H, m		
Полоцкий лесхоз								
7/21	на опушке и под пологом леса	Е. мш. /В2	7Е2С1Б +КлЯ	5/ 7	2,8	3,9	73,0	инвазионный
24/22	вдоль дороги в опушке леса	С. мш. / А2	10С+КлЯ	8 /10	3,6	4,1	4,0	инвазионный
2/21	на опушке и под пологом леса	С. мш./А2	8С2Б+КлЯ	9 /10	5,9	5,9	60,0	переходный к нормальному
1/21	на опушке леса	С. мш./А2В2	9С1Б+КлЯ	8 / 12	3,2	4,9	24,0	инвазионный
8/21	вдоль дороги	КлЯ разнотр. / В3	10 КлЯ	9 / 15	4,3	4,9	48,0	инвазионный
10/21	на опушке и под пологом леса	С. мш. /А2	6С4Е +КлЯ,Ив	9 /15	3,2	4,2	72,0	инвазионный
11/21	вдоль дороги в опушке леса	Е. кисл. / С2	3Е3Ос2Б2Ив +КлЯ	14 /15	6,9	5,8	45,0	инвазионный
26/22	берег реки	КлЯ пр.пойм / В3	10КлЯ	13 /18	5,4	5,6	0,0	инвазионный
9/21	на опушке и под пологом леса	Я. кисл. / С3	3Яс2КлЯ 4Ос1Б+Ив	9 /20	3,6	4,2	31,0	инвазионный
25/22	вдоль дороги в опушке леса	С. мш. / А2	5С5Б +КлЯ	18 /21	6,2	3,6	83,0	инвазионный
27/22	вдоль дороги, берег реки	Ос. пр.пойм. / В3	3Ос2Б3Ивд. 2КлЯ	19 /23	9,4	6,9	7,0	переходный к нормальному
20/22	берег реки	КлЯ пр.пойм / В3	5КлЯ5Ивк	12 /26	10,2	7,2	40,0	инвазионный
3/21	в насаждении	Кл. орл. /В2	8КлЯ1Б1Ос	9 /30	4,9	4,6	24,0	нормальный
4/21	на опушке леса	Е. кис. / С2	8Е1С1Б+Яс	13 / 30	7,0	5,6	23,0	инвазионный
22/22	вдоль дороги в опушке леса	С мш. /А2	4С4Е2Б +КлЯ	18/33	4,6	5,4	81,0	инвазионный
21/22	берег реки	КлЯ пр.пойм / В3	9Кл.яс.1Ос+ Ивк	16/35	7,6	6,5	23,0	инвазионный
12/21	вдоль дороги в опушке леса	Е. сн.	10Е+КлЯ	10/40	6,5	5,7	65,0	нормальный
28/22	берег реки	КлЯ пр.пойм. / В3	10КлЯ	20/41	8,4	6,6	13,0	инвазионный
23/22	пустырь	КлЯ мш. / А2	10КлЯ	14/42	7,4	5,4	28,0	нормальный
5/21	насаждение на бывшей свалке	КлЯ разн. /В2	10 КлЯ	26/50	14,0	7,6	76,0	нормальный
6/21	насаждение на бывшей свалке	КлЯ разн. / В2	10 КлЯ	31/50	16,6	8,8	57,0	нормальный
Березинский биосферный заповедник								
1/22	бывшее с/х пользование	КлЯ орл./С2	10 КлЯ	13/11	4,1	4,1	2,7	инвазионный
2/22	в насаждении	Д. сн. /Д3	9Д1Кл.яс	44/47	23,8	10,7	0,0	инвазионный
Боровлянский спецлесхоз								
1/22	на опушке и под пологом леса	С. орл./В2	10С+Б, КлЯ	16/33	6,4	5,8	40,0	переходный к нормальному
2/22	насаждении	С. сн. / С3	1 ярус – 7С1Е1Б1Ос 2 ярус – 7КлЯ2Олс1Е	27/42	8,6	8,3	39,0	нормальный
4/22	насаждение на бывшей свалке	КлЯ. сн. / С3	8Кля1Яб1Ал ед. К	23/38	20,1	9,1	-	регрессивный

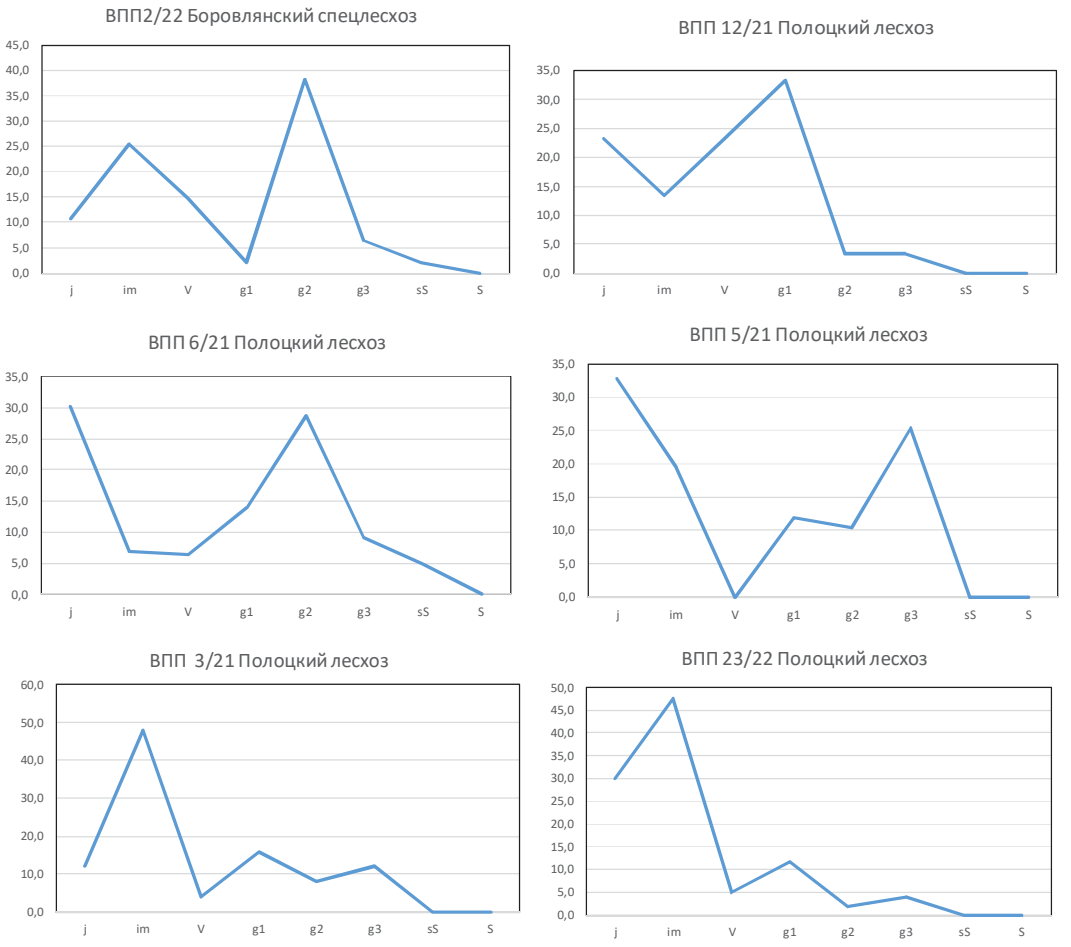


Рис. 2. Возрастной спектр ценопопуляуций клена ясенелистного нормального типа

Fig. 2. Age spectrum of cenopopulations of the ash-leaved maple normal type

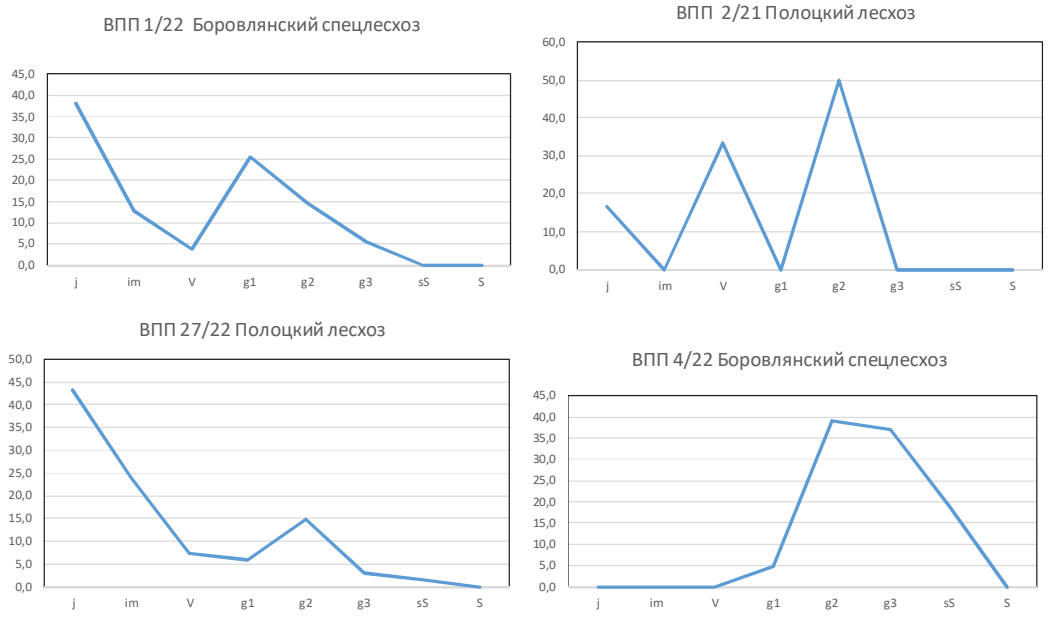


Рис. 3. Возрастной спектр ценопопуляций клена ясенелистного переходных к нормальному и регрессивного (ВПП 4/22) типа

Fig. 3. Age spectrum of maple cenopopulations transitional to normal and regressive (runway 4/22) type

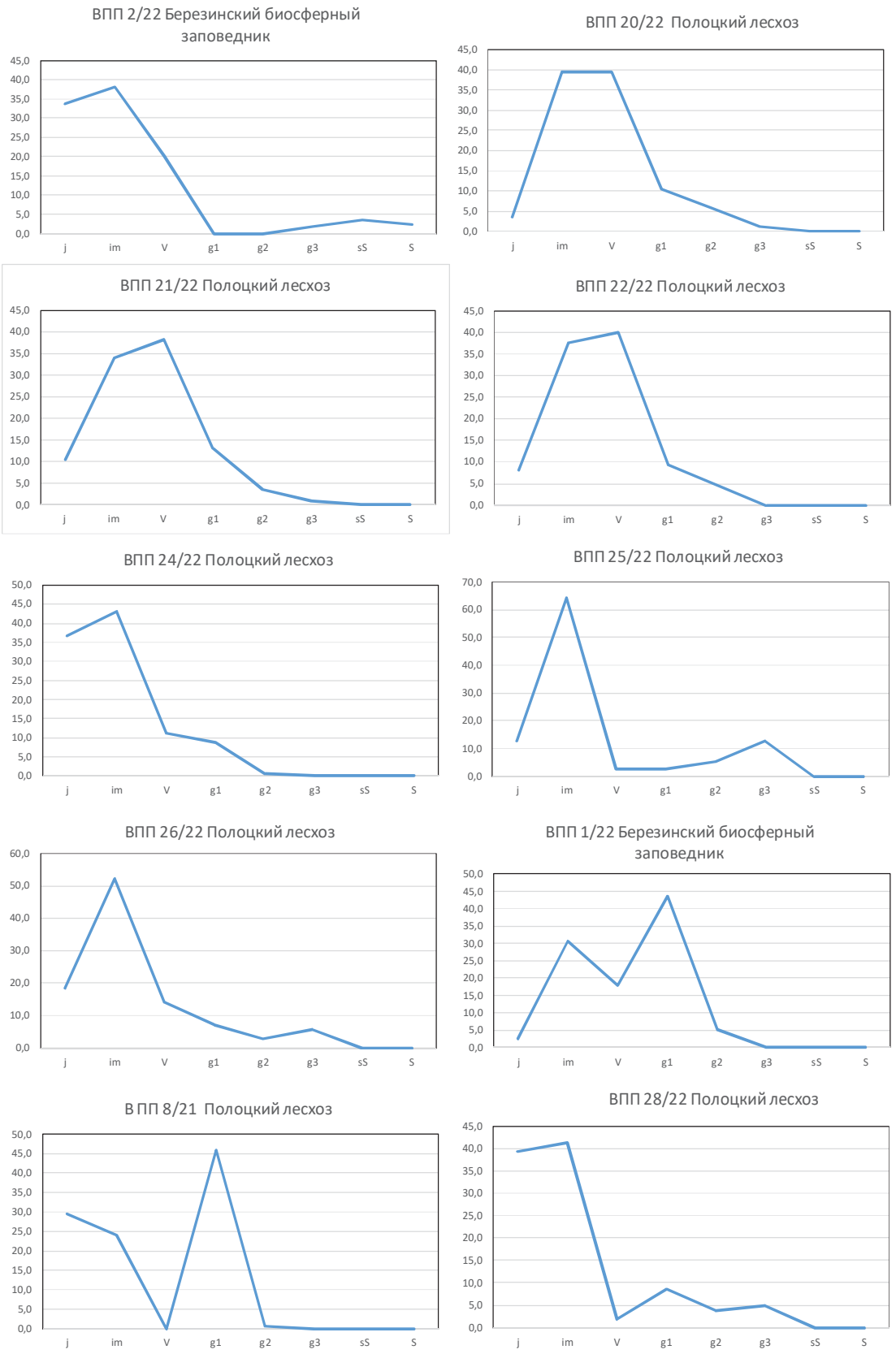


Рис. 4. Возрастной спектр ценопопуляций клена ясенелистного инвазионного типа

Fig. 4. Age spectrum of cenopopulations of ash-leaved maple of invasive type

Однако и у нормальных и даже регрессионных ценопопуляций сохраняется инвазионный потенциал, поскольку в их составе имеется значительная доля женских генеративных особей, способных при наличии условий обеспечивать репродукцию новых растений.

Больше того, нормальные и регрессивные ценопопуляции клена ясенелистного способны формировать дочерние вторично-инвазионные ценопопуляции как по периферии материнских ценопопуляций, так и в их границах. Это может случаться в том числе и после рубки материнских деревьев, когда на их месте формируется новое порослевое поколение клена ясенелистного. При этом количество новых побегов (стволов) достигает 25–30 на месте одного срубленного дерева.

Заключение

Материалы лесоустройства, как и результаты ценопопуляционных исследований показали, что клен ясенелистный успешно натурализуется в условиях большинства суходольных типов мест произрастания. Большая часть его популяций сопряжена с орляковой (45,3%), мшистой (13,4%) и кисличной (14,8%) сериями типов леса. При этом он способен формировать как насаждения со своим доминированием, так и с успехом входит в состав древостоев других лесообразующих пород. Большая часть ценопопуляций клена ясенелистного имеют инвазионную (77%) или нормальную (19%) структуру, что свидетельствует о его успешной адаптации и высоком потенциале дальнейшей экспансии.

К ранее нелесным территориям приурочено 58,6% общей численности и 71,5% общей площади участков с участием клена ясенелистного, 11,9% участков и 12,4% их общей площади находится на границе лесных и нелесных земель, 23,2% – в поймах или на берегах водоемов и водотоков.

Литература

1. Мельнік, С. П. «Стары Парк» пры Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі сельскае Гаспадаркі (з гісторыі Горацкага Дэндралёгічнага Саду) // С. П. Мельнік / Праца навуковага таварыства па вывучэньню Беларусі пры Беларускай Дзяржаўнай Акадэміі Сельскае Гаспадаркі ў Горках, 1926. – Аддзел 3, серыя 1–4, кніга 1, т. 1. – С. 108–127.

2. 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. – 494 с.

3. Джус, М. А. *Acer negundo* L. Клен ясенелистный, или американский / М. А. Джус, А. Л. Романюк, О. М. Масловский // Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского. НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В.Ф.Купревича. – Мн.: Беларуская навука, 2020. – С. 173–186.

4. Mędrzycki, P. (2007): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Acer negundo* / P. Mędrzycki – From: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 15/03/2015.

5. Гусев, Ю. Д. Адвентивные растения, новые для Витебской и Могилевской областей / Ю. Д. Гусев // Ботан. журн. – 1976. – Т. 61, № 3. – С. 406–408.

6. Гарбарук, Д. Г. Особенности лесообразования на бывших сельскохозяйственных землях в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец, С. В. Шумак // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. Выпуск 49 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Колорград, 2020. – С. 50–61.

7. О внесении изменений и дополнений в Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 10 января 2009 г. № 2: постановление Мини стерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26.10.2011 г. № 42 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num07/d07291.html. – Дата доступа: 30.03.2015.

8. Чистякова, А. А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей / А. А.Чистякова [и др.]; под ред. О. В. Смирновой. Ч. 1. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И.Ленина, 1989. – 102 с.

9. Евстигнеев, О. И. Онтогенетические состояния деревьев: обзор / О. И. Евстигнеев, В. Н. Коротков // Российский журнал экосистемной экологии. – 2016. – Т.1 (2). – С. 1–31.

10. Смирнова, О. В. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / О. В. Смирнова [и др.] / – М.: Наука, 1976. – 217 с.

11. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 1.01.2022 г. / Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «БЕЛГОСЛЕС» (РУП «БЕЛГОСЛЕС»). – Минск, 2022. – 90 с.

Поступила в редакцию 15.11.2022 г.

УДК 630*182:581.526.42:581.9(476)

А. В. ПУЧИЛО

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КЛЕНОВЫХ ЛЕСОВ В БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. В статье приведены результаты многолетних геоботанических исследований кленовых лесов Беларуси, имеющих важное экологическое и хозяйственное значение. Проведенный анализ распространения кленовых лесов по территории республики за 40-летний период показал, что в сравнении с 1978 г. площадь кленовников увеличилась в 12,6 раза. Установлено, что почти половина кленовых насаждений (44,9%) расположена в северной геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов. Показано, что клен остролистный (*Acer platanoides* L.) способен формировать фитоценозы со своим господством в составе древостоя только в исключительно богатых почвенно-грунтовых условиях.

Ключевые слова: клен остролистный (*Acer platanoides* L.), кленовые леса, геоботанические подзоны, округа и районы Беларуси, распространение, типы леса, древостои, господствующий полог, занимаемая площадь, почвенно-грунтовые условия, широколиственные леса.

A. V. PUCHILO

DISTRIBUTION OF MAPLE FORESTS 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 article presents the results of long-term geobotanical studies of maple forests in Belarus, which are of high ecological and economic importance. The analysis of the dynamics of the area of maple forests showed that in comparison with 1978, it increased by 12,6 times. The features of the distribution of maple forests on the territory of the republic are revealed. It has been established that almost half of the maple stands (44,9%) are located in the northern geobotanical subzone of oak-dark coniferous forests. It is shown that Norway maple (*Acer platanoides* L.) is able to form phytocenoses with its dominance in the composition of the forest stand only in exceptionally rich soil conditions.

Keywords: Norway maple (*Acer platanoides* L.), maple forests, geobotanical subzones, districts and regions of Belarus, distribution, forest types, stands, prevailing canopy, occupied area, soil conditions, broad-leaved forests.

Введение

Род клен (*Acer* L.) относится к семейству кленовых (*Aceraceae* Lindl.) и объединяет около 150 видов, распространенных в умеренно теплых и субтропических областях Северного полушария, а также в горных районах тропиков Юго-Восточной Азии и Центральной Америки [1]. На территории бывшего СССР естественно произрастает около 30 видов [2–4], около 45 видов (в Беларуси – 7) с различной степенью успеха интродуцировано из других стран [5–7].

В Беларуси естественно произрастает один вид – клен остролистный, или платановидный (*Acer platanoides* L.), относящийся к секции Platanoidea Pax. Он широко распространён в Европе и Азии от Франции на западе до европейской территории России на востоке (рис. 1). Северная граница его распространения ограничена южными районами Скандинавии и Карелией (северный берег Ладожского озера – г. Петрозаводск, находится под защитой – занесен в «Красную книгу» республики), далее проходит по линии городов Вологда – Киров – Пермь. На востоке доходит до Предуралья, затем спускается к г. Оренбургу, после чего сворачивает на запад и через города Самару, Саратов, южнее г. Энгельс идет на города Днепропетровск, Тирасполь, Кишинев. Южная граница ареала клена остролистного проходит по территории северного Ирана. Обособленная часть ареала клена остролистного встречается на Кавказе и Малой Азии. Отсутствует в естественном виде на Британских островах, Корсике, Сардинии и Сицилии.

Клен остролистный как типичная сопутствующая порода смешанных лесов Европы, являясь компонентом дубрав, ясенников и еловошироколиственных насаждений, очень часто на

их месте формирует фитоценозы со своим господством. На территории Беларуси И. Д. Юркевичем и В. С. Адерихо [8] выделены и описаны 5 типов кленовых лесов (черничный, кисличный, снытевый, крапивный и папоротниковый). Выделенные типы леса охватывают ряд ассоциаций, отличающихся по примеси древесных пород, сочетанию и обилию растений напочвенного покрова, подлеска, подроста, присущих данному типу.

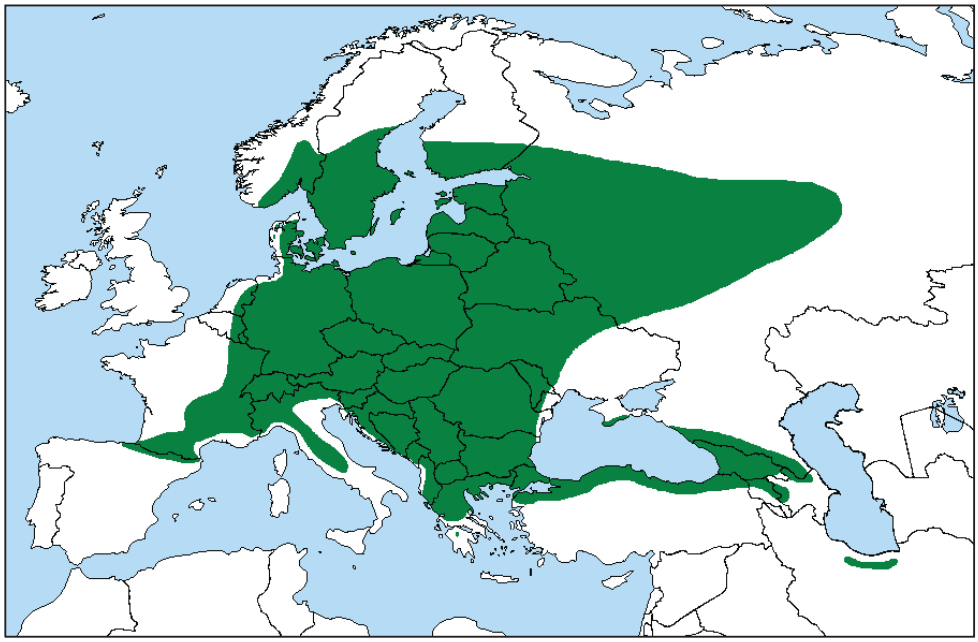


Рис. 1. Карта-схема ареалов клёна остролистного на Евразийском континенте по [9]

Fig. 1. Scheme of *Acer platanoides* L. distribution area on the European and Asiatic continents by [9]

Объекты (материалы) и методы их исследования

Объектами исследований послужили кленовые леса Беларуси. Геоботанические исследования проводились в лесхозах республики со значительным сосредоточением указанных лесов методом маршрутного изучения согласно «Методическим указаниям к изучению типов леса» [10] и «Программе и методике биогеоценологических исследований» [11] с применением лесотипологических методических разработок лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси».

Детальному изучению кленовых фитоценозов предшествовало рекогносцировочное обследование лесных участков. В наиболее типичных местах закладывались типологические пробные площади (ТПП), размер которых определялся, во-первых, достаточной площадью выявленной ассоциации и, во-вторых, необходимым методическим требованием лесной таксации. Всего заложено 19 ТПП. Помимо перечисленных работ, анализировались базы данных ЛРУП «Белгослес» повыдельной таксации лесных насаждений Беларуси 1978 и 2019 гг.

Результаты исследований и их обсуждение

По данным РУП «Белгослес», на 01.01.2019 г. кленовые леса занимали 9961,1 га или 0,12% лесопокрытой площади (табл. 1). В сравнении с 1978 г. площадь кленовников увеличилась в 12,6 раза. На территории республики они распространены неравномерно. В северной и центральной геоботанических подзонах занимаемая ими площадь составляет 79,6% общей площади кленовников в республике.

В северной геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов расположена почти половина кленовых насаждений (44,9%). Они сконцентрированы в основном в северо-восточной части территории республики в Оршанско-Могилевском (20,7%) геоботаническом округе. В Западно-Двинском и Ошмянско-Минском геоботанических округах кленовые леса занимают несколько меньшую площадь, составляю-

щую 13,1% и 11,1% соответственно. Наибольшие площади кленовников отмечены в Суражско-Луческом (10,0%), Беседском (9,9%), Минско-Борисовском (9,7%) и Оршанско-Приднепровском (8,2%) геоботанических районах.

В центральной геоботанической подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов кленовники занимают 34,7% покрытой ими площади. В Неманско-Предполесском и Березинско-Предполесском геоботанических округах их площадь составляет 10,5% и 24,2% соответственно. По геоботаническим районам площадь кленовых насаждений изменяется в пределах 0,8–12,1%. Наибольшие площади этих насаждений отмечены в Чечерско-Приднепровском (12,1%), Центрально-Предполесском (6,45%) и Центрально-Березинском (5,7%) геоботанических районах.

Значительно меньше кленовники распространены в южной геоботанической подзоне широколиственно-сосновых лесов (20,4%). По геоботаническим округам их площадь изменяется от 3,8% до 16,5%. Большая часть кленовников этой подзоны произрастает в Гомельско-Приднепровском геоботаническом районе (12,2%). В других районах занимаемая ими площадь составляет от 0,8–2,5%.

Распространение кленовников на территории республики преимущественно в северной и центральной геоботанических подзонах, видимо, обусловлено биологическими свойствами клена остролистного и, прежде всего, его требовательностью к богатству эдафотопа, преобладанием в почвенном покрове этих регионов суглинистых и супесчаных почв моренных возвышенностей,

Таблица 1. Распространение кленовых лесов в Беларуси

Table 1. Distribution of maple forests in Belarus

Геоботанические категории			Площадь кленовников				
подзона	округ	район	1978 г.		2019 г.		изменение, (±)
			га	%	га	%	га
Дубово-темно-хвойных лесов	Западно-Двинский	Полоцкий	11,0	1,39	154,8	1,55	+143,8
		Суражско-Лучский	152,0	19,24	995,8	10,00	+843,8
		Браславский	-	-	18,9	0,19	+18,9
		Дисненский	7,0	0,89	139,4	1,40	+132,4
	Итого по округу		*170,0*	*21,52*	*1308,9*	*13,14*	*+1138,9*
	Ошмянско-Минский	Нарочано-Вилейский	18,0	2,28	99,9	1,00	+81,9
		Верхне-Березинский	-	-	37,3	0,38	+37,3
		Минско-Борисовский	47,0	5,95	968,2	9,72	+921,2
	Итого по округу		*65,0*	*8,23*	*1105,4*	*11,10*	*+1040,4*
	Оршанско-Могилевский	Оршанско-Приднепровский	22,0	2,78	820,1	8,23	+798,1
		Березинско-Друтский	34,0	4,30	147,9	1,49	+113,9
		Сожский	3,0	0,38	104,0	1,04	+101,1
		Беседский	99,0	12,53	987,8	9,92	+888,8
	Итого по округу		*158,0*	*19,99*	*2059,8*	*20,68*	*+1901,8*
Итого по подзоне			**393,0**	**49,74**	**4474,1**	**44,92**	**+4081,1**
Грабово-дубово-темно-хвойных лесов	Неманско-Предполесский	Неманский	32,0	4,05	266,3	2,67	+234,3
		Налибокский	2,0	0,25	116,1	1,17	+114,1
		Волковыско-Новогрудский	8,0	1,02	340,8	3,42	+332,8
		Беловежский	47,0	5,95	84,2	0,84	+37,2
		Западно-Предполеский	13,0	1,64	236,1	2,37	+223,1
	Итого по округу		*102,0*	*12,91*	*1043,5*	*10,47*	*+941,5*
	Березинско-Предполесский	Центрально-Березинский	100,0	12,66	568,2	5,70	+468,2
		Центрально-Предполеский	47,0	5,95	642,1	6,45	+595,1
		Чечерско-Приднепровский	18,0	2,28	1203,9	12,09	+1185,9
	Итого по округу		*165,0*	*20,89*	*2414,2*	*24,24*	*+2249,2*
Итого по подзоне:			**267,0**	**33,80**	**3457,7**	**34,71**	**+3190,7**
Широколиственно-сосновых лесов	Бугско-Полесский	Бугско-Припятский	6,0	0,76	132,7	1,33	+126,7
		Пинско-Припятский	10,0	1,27	249,9	2,51	+239,9
	Итого по округу		*16,0*	*2,03*	*382,6*	*3,84*	*+366,6*
	Полесско-Приднепровский	Центрально-Полесский	1,0	0,13	236,0	2,37	+235,0
		Припятско-Мозырский	1,0	0,13	77,5	0,78	+74,5
		Южно-Полесский	8,0	1,01	113,7	1,14	+105,7
		Гомельско-Приднепровский	104,0	13,16	1219,5	12,24	+1115,5
	Итого по округу		*114,0*	*14,43*	*1646,7*	*16,53*	*+1532,7*
Итого по подзоне			**130,0**	**16,46**	**2029,3**	**20,37**	**+1899,3**
Всего по Беларуси			**790,0**	**100,00**	**9961,1**	**100,00**	**+9171,1**

озерно-ледниковых, донно-моренных низин и равнин, которые характеризуются достаточно высоким для нечерноземной зоны плодородием. Данное обстоятельство отклоняет теоретические представления о лесообразующей роли клена остролистного как представителя неморальной флоры, которая в большей мере должна проявляться в южной части республики, а к северу – ослабевать.

Существенное влияние на характер распространения кленовых лесов по территории республики, их состав, структуру и продуктивность оказывают конкурентные взаимоотношения клена остролистного с другими древесными породами, а также воздействие антропогенных факторов. Клен остролистный редко образует чистые насаждения, иногда встречается в составе древостоя хвойных фитоценозов. Только в исключительно богатых почвенно-грунтовых условиях может преобладать в составе древостоя господствующего полога и содоминировать со всеми основными лесообразующими породами.

Лесоводами республики проведена значительная работа по восстановлению и охране кленовых лесов. Было принято решение о переводе молодняков с участием в составе древостоя более двух единиц клена остролистного в твердолиственную хозяйственную секцию, предусматривающую планирование и проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на формирование кленовых насаждений. Кроме того, находящиеся в пользовании сельскохозяйственных предприятий покрытые лесом земли с преобладанием в составе древостоев естественного происхождения широколиственных пород, в том числе клена остролистного, были переданы Министерству лесного хозяйства. Это повлияло на изменение фитоценотической структуры лесов республики и увеличение участия в ней кленовых насаждений.

Заключение

Проведенный анализ динамики площади кленовых лесов в Беларуси показал, что за последние 40 лет она увеличилась в 12,6 раза. Выявлены особенности распространения кленовых лесов по территории Беларуси. Так, почти половина кленовых насаждений (44,9%) расположена в северной геоботанической подзоне дубово-темнохвойных лесов, что обусловлено преобладанием в почвенном покрове этого региона суглинистых и супесчаных почв моренных возвышенностей, донно-моренных низин и равнин, характеризующихся достаточно высоким плодородием. Анализ особенностей состава, структуры кленовых лесов, ценотической позиции и продуктивности клена остролистного в широком диапазоне геоботанических подзон республики показывает, что преобладание его в составе древостоя и содоминирование с основными лесообразующими породами происходит исключительно в условиях богатых эдафотопов.

Литература

1. Цвелев, Н. Н. Сем. Aceraceae – кленовые / Н. Н. Цвелев // Флора Восточной Европы. – СПб.: Мир и семья-95, 1996. – Т. 9. – С. 338–344.

2. Деревья и кустарники СССР. (Отв. ред. С. Я. Соколов). – М.–Л.: Изд-во АН СССР. – 1951. – Т 2. – 610 с. 1958. – Т. 4. – 974 с.

3. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – Русское издание. СПб.: Мир и семья-95, 1996. – 992 с.

4. Черепанов, С. К. Свод дополнений и изменений к «Флоре СССР» (т.т. I–XXX) / С. К. Черепанов. – Л.: Наука, 1973. – 68 с.

5. Флора Балтийских республик. – Тарту, 1993. – Т. 1. – 362 с.

6. Флора СССР. – М. – Л.: Издательство АН СССР, 1936. – Т. 5. – С. 360–373. 1949. – Т. 14. – С. 580 – 622. 1949. – Т. 15. – С. 1–23.

7. Интродуцированные деревья и кустарники Белорусской ССР. (Под ред. Н.Д. Нестеровича). – Мн.: Изд-во АН БССР. – Вып. 3. – 335 с.

8. Юркевич, И.Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. – 3-е изд., доп./ И. Д. Юркевич. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 120 с.

9. Svendsen, K. Udbredelseskort over Vedplanter. / K. Svendsen. – København, 1971. – 1 p.

10. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса. – Изд. 2-е, перераб. и доп./ В. Н. Сукачев, С. В. Зон. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.

11. Программа и методика биогеоценологических исследований. – М.: Наука, 1974. – 402 с.

Поступила в редакцию 05.10.2022 г.

УДК 504.61:581.52:625.7

А. В. СУДНИК

ЗАВИСИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЕВ В ОПУШЕЧНОЙ ПОЛОСЕ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОТ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И ПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ

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

Аннотация. Увеличение потока автотранспорта, чрезмерное внесение противогололедных реагентов на автодорогах привело к повреждению придорожных насаждений. По результатам мониторинговых наблюдений за период 2004–2021 гг. установлена корреляционная зависимость состояния насаждений от нагрузки на автодорогу и ее положения. Основными показателями, характеризующими состояние насаждений, выступали степень дефолиации и категория состояния деревьев, индекс жизненного состояния древостоев в опушечной полосе (шириной 20 метров и на глубину 1–2 деревьев). Данная зависимость описывается коэффициентами множественной корреляции близкими к 1. При этом наиболее ярко выражена зависимость состояния именно опушечных деревьев от категории дороги, положения дороги относительно прилегающих территорий (в насыпи, в нуле, в выемке), интенсивности движения транспортных средств, количества вносимых в зимний период противогололедных реагентов, расстояния от полотна дороги до первого ряда деревьев.

Ключевые слова: автомобильная дорога, техногенная нагрузка, интенсивность движения, противогололедные реагенты, придорожные насаждения, состояние древостоев, опушка.

A. V. SUDNIK

DEPENDENCE OF TREE STANDS STATE ON THE EDGE ALONG ROADS ON TECHNOCENIC LOAD AND POSITION IN RELIEF

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

Annotation. An increase in the flow of vehicles, excessive application of anti-icing reagents led to damage to roadside plantings. The correlative dependence of state of plantings from load on road and its position was established according to the results of monitoring observations for the period 2004–2021. The main indicators characterizing the state of plantings were the degree of defoliation and the category of state of trees, the index of the vital state of stands in zone of forest edge (20 meters wide and on deep of 1–2 trees). This dependence is described by multiple correlation coefficients close to 1. The dependence of state from the road category, position of road concerning adjoining territories (in embankment, in zero, in hollow), the traffic intensity of vehicles, the number of anti-icing reagents introduced in winter, the distance from the roadway to the first row of trees was the most pronounced precisely for the edge trees.

Keywords: road, technoginic load, traffic intensity of vehicles, anti-icing reagents, roadside plantings, state of stands, edge.

Введение

Выгодное географическое положение Республики Беларусь в Европе, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров, развитие экспорта транспортных услуг является одни из основных составляющих стабильного развития экономики республики. Система транспортных коммуникаций страны динамично развивается. В эпоху техники и технологий транспортные сети обновляются и расширяются ежегодно и с большой скоростью. Остановить этот процесс уже не представляется возможным, поскольку эффективные транспортные коммуникации сегодня являются важнейшим ресурсом государств и залогом их инновационного социально-экономического развития, имеют огромное значение в их внешней политике [1]. Современные реалии таковы, что если по территории того или иного государства проходят встроенные в глобальную транспортно-коммуникационную систему коридоры и пути сообщения, то оно станет получать некоторые внутри- и внешнеполитические преимущества.

В противном случае данная страна неизбежно будет играть роль аутсайдера в глобализационных процессах, утратит способность отстаивать свои жизненно важные интересы на мировом уровне [2]. Не менее актуален вопрос развития и оптимизации транспортных коммуникаций регионального масштаба. Исключительная экономическая, политическая и социальная роль транспортных коммуникаций стала стимулом создания густой сети магистралей разного типа по всей территории Республики Беларусь.

На современном этапе особенно заметно развитие транспортной инфраструктуры республики и связанных с нею проблем. Например, проблема последствий воздействия автомагистралей на придорожные экосистемы приобретает все большую актуальность в связи с бурным ростом парка автотранспорта, развитием инфраструктуры дорог, изменением технологий их содержания. Эксплуатация автодорог может иметь различные последствия, влияющие на состояние придорожных природно-растительных комплексов. Это многофакторное влияние сочетает в себе собственно «эффект дороги» с воздействием сопутствующих факторов: загрязнения, трансформации местообитаний, расчленения экосистем дорожной сетью, рекреации и прочего [3–7]. Благодаря комплексности воздействия, взаимозависимости некоторых факторов, опосредованности их действия, а также изменчивости самих лесных сообществ во времени и пространстве возникает сложная картина своеобразной «интерференции» факторов и связанная с этим трудность вычленения изменений, вызванных влиянием каждого фактора по отдельности.

Объекты (материалы) и методы исследований

В систему объектов исследования вошли выборочные участки дорог различных категорий, отличающиеся интенсивностью движения автотранспорта: магистральные (категории М и М/Е): М1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации, М2 Минск – Национальный аэропорт Минск; М3 Минск – Витебск, М5/Е271 Минск – Гомель, М6/Е28 Минск – Гродно, М9 Минская кольцевая автомобильная дорога (далее – МКАД); М14 Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг г.Минска (далее – 2-ая МКАД); республиканские (категории Р): Р20 Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики, Р28 Минск – Молодечно – Нарочь, Р45 Полоцк – Глубокое – граница Литовской Республики, Р60 Купа – Занарочь – Брусы; Р80 Слобода – Паперня; местные (категории Н): Н3256 Боровуха – Полоцк – граница Российской Федерации, Н9352 Шацк – Веркалы – Ветеревичи.

По интенсивности движения транспорта магистральные дороги значительно более нагружены по сравнению с дорогами республиканского значения. Согласно уровням нагрузок от интенсивности движения, обследованные нами участки дорог распределились следующим образом: участки М9 МКАД (интенсивность движения – 28274–33683 авт/сут) > Участок М1/Е30 Дзержинск (23032 авт/сут) > Участок М5 Осиповичи (17141 авт/сут) > Участок М3 Логойск (13280 авт/сут) > Участок М1/Е30 Юрцево (11063 авт/сут) > Участок М1/Е30 Ивацевичи (12162 авт/сут) > Участок М3 ББЗ (6283 авт/сут) > Участок Р20 (5170 авт/сут) > Участок Р45 (3132 авт/сут) > Участок Р 28 Нарочь (2100 авт/сут) > Участок Р60 Занорочь (1708 авт/сут).

По количеству вносимой соли магистральные дороги значительно более нагружены по сравнению с дорогами республиканского значения. Согласно уровням нагрузок от количества вносимых в зимний период противогололедных реагентов, обследованные нами участки дорог распределились следующим образом: участок М1/Е30 Дзержинск (количество вносимой соли – 5,17 кг/м^2) > Участки М9 МКАД (4,83 кг/м^2) > Участок М3 Логойск (3,78 кг/м^2) > участок М5 Осиповичи (3,57 кг/м^2) > Участок Р60 Занорочь (2,93 кг/м^2) > Участок М1/Е30 Ивацевичи (2,67 кг/м^2) > Участок М1/Е30 Юрцево (2,54 кг/м^2) > Участок М3 ББЗ (2,40 кг/м^2) > Участок Р45 (2,0 кг/м^2) > Участок Р20 (1,93 кг/м^2) > Участок Р28 Нарочь (1,5 кг/м^2).

Для оценки состояния лесных и защитных древесных насаждений в 2004–2021 гг. проводилось обследование опушечных деревьев (на глубину 1–2 дерева). В совокупности ежегодно оценивалось состояние 37–40 тысяч опушечных деревьев 15–17 древесных пород на участках общей протяженностью около 150–180 км.

Подбор объектов основывался на следующих принципах:

– представительство лесных и защитных древесных насаждений, луговых и болотных фитоценозов вдоль дорог различного уровня содержания;

– отображение эколого-фитоценотических особенностей придорожных территорий;

– положение полотна дороги относительно прилегающих насаждений (в нуле, насыпи, выемке).

В основу положены адаптированные для целей исследований методики мониторинга лесной и лугово-болотной растительности [8].

Применяли методы, принятые в лесоведении, лесной таксации, геоботанике, экологии, математической статистике.

Оценка состояния деревьев и древостоев проводилась на основе общеевропейской методики экологического лесного мониторинга, изложенной в Руководстве по методам ICP Forests [9]. Оценка жизненного состояния деревьев проводилась на основе «Санитарных правил в лесах Республики Беларусь» [10]. Шкала категорий состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – свежий сухостой; 6 – старый сухостой.

Индекс состояния древостоя: параметр, на основе которого рассчитывается самый важный показатель, иллюстрирующий текущее состояние древесного сообщества, – категория жизненного состояния. Расчет индексов состояния древостоев производился по формуле:

$$ИС = (100n1 + 70n2 + 40n3 + 5n4) / N,$$

где ИС – индекс жизненного состояния древостоя; n1 – количество без признаков ослабления деревьев, n2 – ослабленных, n3 – сильно ослабленных, n4 – усыхающих; N – общее количество деревьев (включая сухостой).

Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляется на основе модифицированной шкалы В. А. Алексеева [11], в соответствии с которой древостои с индексом состояния 90–100% относятся к категории «здоровых», 80–89% – «здоровых с признаками ослабления», 70–79% – «ослабленных», 50–69% – «поврежденных», 20–49% – «сильно поврежденных», менее 20% – «разрушенных».

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки корреляционной зависимости состояния насаждений от нагрузки на автодорогу были проанализированы данные мониторинговых наблюдений за 2004–2022 гг. на различных участках автомобильных дорог. Наибольший пресс от содержания автодорог приходится на прилегающие к ним биогеоценозы, а к кризисным, в первую очередь, относятся участки опушек придорожных насаждений [12].

На рис. 1 прослеживается зависимость среднего индекса состояния древостоев на опушках выбранных участков различных дорог от интенсивности движения автотранспортных средств. Общая тенденция направлена на улучшение состояния древостоев при снижении интенсивности движения транспортных средств (коэффициент детерминации – 0,9584; коэффициент корреляции – 0,95). На рис. 2 приведена зависимость среднего индекса состояния древостоев опушек от количества противогололедных реагентов (далее – ПГР) для каждого исследуемого участка. В данном случае также можно проследить зависимость состояния древостоев от количества расходуемых на дорогах солей (коэффициент детерминации – 0,8668; коэффициент корреляции – 0,90).

Был проведен корреляционный анализ связи между показателями состояния древостоев (ИС в опушечной зоне (0–10 м), ИС на опушке (1–2 дерева), дефолиация в опушечной зоне (0–10 м)) и показателями нагрузок на автодорогах (интенсивность движения, авт/сут; расход соли, кг/м^2) (табл. 1).

Как видно из табл. 1 между всеми оцениваемыми показателями состояния древостоев и интенсивностью движения автомобилей существует достоверная значимая корреляционная зависимость. Полученная зависимость указывает на то, что чем выше интенсивность движения автомобилей, тем хуже состояние древостоев на прилегающих к дороге территориях (ниже индекс состояния, выше степень дефолиации). Причем в первую очередь повышение интенсивности движения на автодорогах сказывается на состоянии опушечных деревьев, наиболее близко расположенных к трассе автодороги. Это подтверждается более высокими коэффициентами корреляции (см. табл. 1).

Между индексами состояния древостоев опушек и расходом соли в зимний период на 1 м^2 дороги имеется значимая отрицательная корреляционная зависимость (см. табл. 1). При этом зависимость прослеживается только для опушечных деревьев, поскольку они выступают в качестве защитного буфера по отношению к деревьям внутри леса.

Внедрение соли из противогололедного материала в биоцикл придорожных насаждений происходит при попадании аэрозолей при движении транспорта и непосредственно при уборке снега. На поверхность ветвей деревьев соль попадает в результате разбрызгивания автомобилями талых вод и мокрого снега, насыщенных растворами и кристаллами солей. Турбулентные потоки воздуха, создаваемые движущимся транспортом, способствуют распространению водно-солевых взвесей вверх, и их оседание на хвое, листьях (при их наличии) и побегах деревьев (высота повреждения крон деревьев в среднем достигает 15–17 м над уровнем полотна дороги). Большая часть их смывается и попадает в почву, вызывая ее засоление [5, 13, 14].

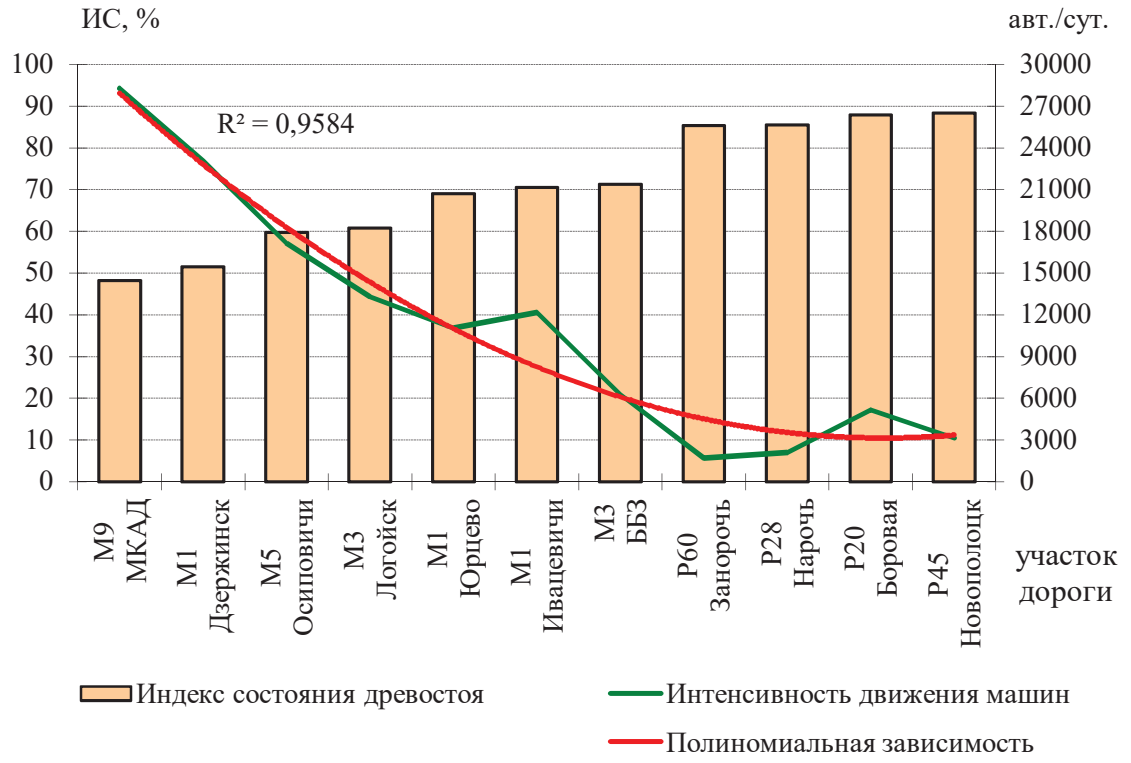


Рис. 1. Состояние древостоев на опушках (%) и интенсивность движения транспортных средств (авт/сутки) на выбранных участках автодорог

Fig. 1. State of tree stands on edges (%) and traffic intensity (vehicles/day) on selected sections of roads

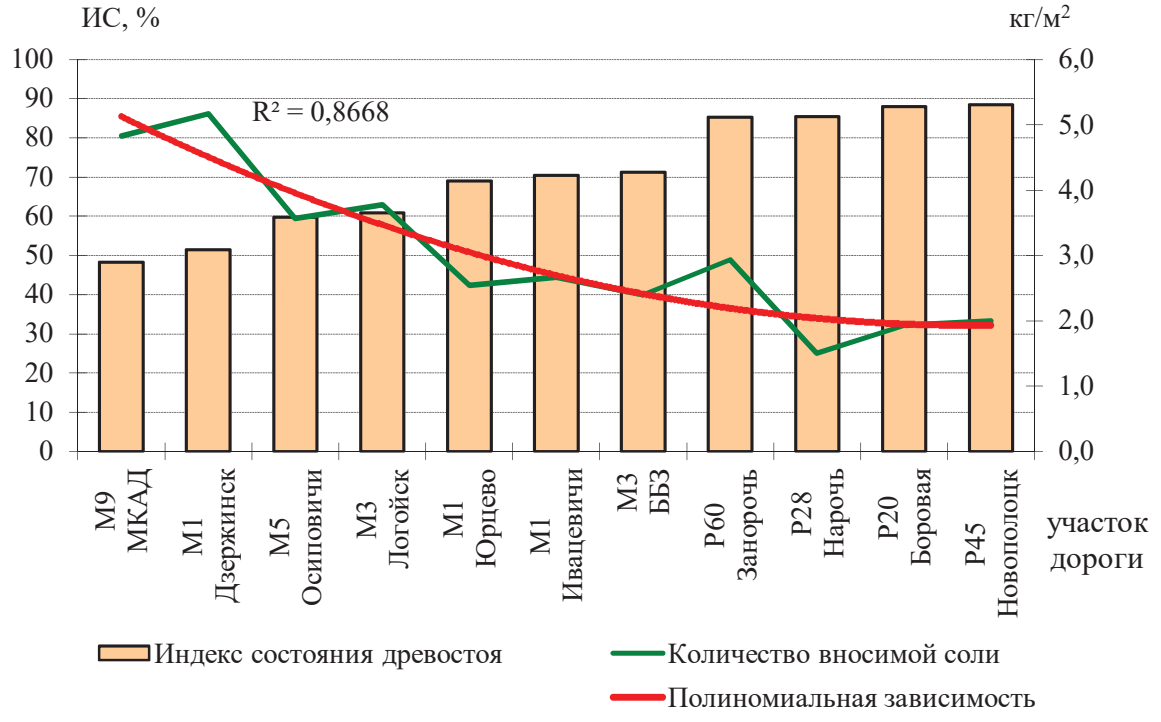


Рис. 2. Состояние древостоев на опушках (%) и количество вносимых противогололедных реагентов (кг/м^2) на выбранных участках автодорог

Fig. 2. State of tree stands on edges (%) and amount of anti-icing reagents (kg/m^2), introduced on selected sections of roads

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между показателями состояния древостоев, интенсивностью движения транспортных средств и расхода галита натрия в качестве противогололедного реагента на дорогах в зимний период

Table 1. Correlation coefficients between indicators of the state of tree stands, the intensity of vehicle traffic and the consumption of sodium halite as an anti-icing reagent on roads in winter

Показатели нагрузок на автодорогу Indicators of load on road	Показатели состояния древостоев Indicators of the state of tree stands			
	ИС в опушечной зоне (0–10 м) на ЛПП Index of state in edge zone (0–10 м)	Дефолиация в опушечной зоне (0–10 м) на ЛПП Defoliation in edge zone (0–10 м)	ИС на опушках (на глубину 1–2 дерева) в зависимости от положения дороги Index of state on edge (to a depth of 1–2 trees) depending on the position of the road	Средний ИС на опушках (на глубину 1–2 дерева) Average index of state on edge (to depth of 1–2 trees)
Интенсивность движения, авт/сут	-0,72	0,68	-0,87	-0,93
Расход соли, кг/м^2	-0,28	0,27*	-0,52	-0,60
Примечание. * – зависимость между показателями не имеет достоверного отличия от 0 при P=0,95.				

Солевые компоненты ПГР (ионы натрия и хлора) в больших концентрациях токсичны для всех компонентов биогеоценозов. Осевшая на хвое и побегах соль вызывает их обезвоживание, а при проникновении в ткани – повреждение. Мелкодисперсные солевые частицы, осевшие на хвое и побегах растений, вызывают солевой ожог, изменение анатомической, морфологической структуры, уменьшение количества хлорофилла, изменение физиолого-биохимических показателей, признаками которых являются некроз хвои и листьев, отставание в росте и развитии, преждевременное опадение листвы. Отличительной особенностью отрицательного воздействия ПГР на состояние лиственных деревьев и кустарников, произрастающих вдоль автодорог, состоит в повреждении вегетативных почек, а не листьев. Это приводит к образованию «розеточности» вегетативных побегов. Воздействие хлоридов проявляется в биохимических нарушениях процессов ассимиляции и метаболизма в клетках растений, отмирании ткани и блокировке проводящих путей, что ведет к ослаблению и гибели всего растения [5, 15].

Автомагистрали также являются источником загрязнения почв, влияющими на их свойства путем изменения кислотности, ионообменных свойств органогенных горизонтов, изменения характера естественных миграционных потоков элементов в системе «почва-растение», что в конечном итоге приводит к засолению почв, в т.ч. сельхозугодий. Действие засоления на растительные организмы связано с двумя причинами: ухудшением водного баланса и токсическим влиянием высоких концентраций солей. Хлориды оказывают иссушающее воздействие на растительность за счет повышения их концентрации в почвенном растворе, что ведет к увеличению осмотического давления и затрудняет поступление в растения воды и питательных веществ даже при наличии доступной влаги [16]. Увеличение содержания хлоридов оказывает отрицательное действие на активность почвенной микрофлоры и вызывает ее частичную гибель, с чем связано уменьшение ферментативной активности подстилки и почвы. Засоление почв особенно опасно в пониженных участках, куда скатываются большие массы засоленных вод. Чрезмерное использование песчано-соляной смеси для борьбы с наледями приводит к тому, что остаточные количества ПГР скапливаются в почве, что негативно сказывается на состоянии зеленых насаждений уже в период вегетации [5].

Расширение и реконструкция МКАД в 2002–2003 гг. в сочетании с ростом автомобильного парка города привели к увеличению потока транспорта на дороге, а, следовательно, к повышению уровня техногенного загрязнения и количества вносимых в зимний период ПГР, обусловливающих засоление прилегающих к дороге территорий. Солевое загрязнение по масштабам и интенсивности превосходит загрязнение тяжелыми металлами и является основной причиной деградации растительности в опушечных зонах вдоль МКАД [3].

С 2004 г. нами ежегодно проводились регулярные работы по оценке состояния деревьев в насаждениях, прилегающих к МКАД, в полосе на ширину 1–2 дерева от опушки. Исследования проведены во всех насаждениях вдоль МКАД по обе стороны от дороги. Особое внимание уделялось местоположению дороги относительно прилегающих к ней насаждений. Ежегодно оценивалось более 10 тыс. деревьев 15 пород.

Для всей подлежащей обработке площади МКАД (с учетом транспортных развязок – 1877712 м^2 и при норме внесения ПГР за зимний период до 2 кг/м^2 покрытия) количество вносимых за зиму ПГР не должно превышать 3755 т. Приняв условно с учетом безопасности движения вблизи города, что объем внесения ПГР на МКАД не должен превышать 5 тыс.т, приходится констатировать, что количество внесенных реагентов каждую зиму превышало предельную норму в 1,3 – 2 и более раз (рис. 3).

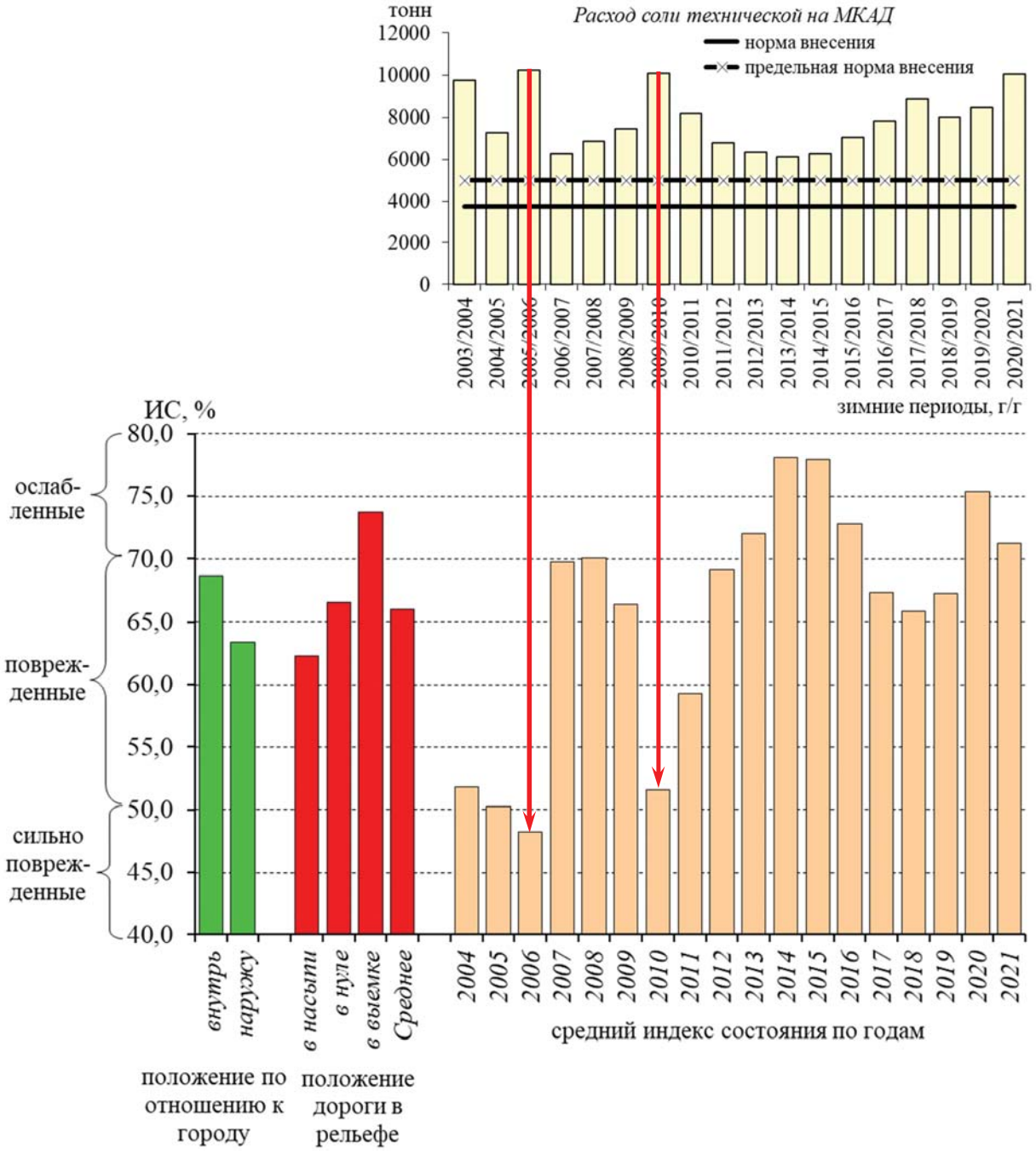


Рис. 3. Средние индексы состояния деревьев вдоль автодороги М9 (МКАД) и расход соли технической в качестве ПГР в 2004–2021 гг.

Fig. 3. Average indexes of state of trees along Minsk ring road and consumption of salt as anti-icing reagents in 2004–2021

Средние индексы жизненного состояния отдельных пород вдоль МКАД за период 2004–2021 гг. приведены в табл. 2. За период наблюдений 2004–2021 гг. средний индекс жизненного состояния (далее – ИС) деревьев в опушечной полосе вдоль МКАД составил 66,01% (древостои в целом «поврежденные»). Хуже всего состояние в 2004–2006 гг. (ИС составил 48,20–51,77%), что связано с адаптацией опушечных деревьев к новым экотонным условиям и техногенному воздействию автодороги после окончания в 2003 г. ее реконструкции и полной загрузки (см. рис. 3). Ухудшение состояния в 2006 и 2010 гг. (ИС 48,20 и 51,54%, соответственно) связано с превышением нормы внесения ПГР в зимний период в 2 и более раз. Древостои в период 2008, 2013–2016, 2020 и 2021 гг. характеризуются как «ослабленные», а в 2012, 2017–2019 гг. как «поврежденные». Ухудшение состояния в 2017–2019 гг. связано с погодно-климатическими условиями: из-за ранней весны и долгого отсутствия дождей в начале вегетации, попавшие в зимний период на побеги растений компоненты ПГР не были смыты дождями, что привело к повреждению распускающихся почек, и в целом негативно отразилось на состоянии произрастающих на опушках деревьев. Ухудшение состояния в 2021 г. связано с внесения большего количества ПГР, чем в предыдущие годы.

Корреляционный анализ зависимости состояния отдельных древесных пород на опушках вдоль МКАД от количества вносимых по зимним сезонам ПГР показал, что данная зависимость описывается отрицательными коэффициентами корреляции (r = -0,35–0,89 по отдельным породам за период 2004–2017 гг. и -0,29–0,67 за период 2004–2021 гг.) (табл. 3). В целом по всей выборке за 2004–2021 гг. коэффициент корреляции между индексом жизненного состояния и количеством высыпанных на МКАД ПГР (в пересчете на чистую соль) составил: за период 2004–2017 гг. = -0,86; за период 2004–2021 гг. = -0,62. Таким образом, состояние деревьев на опушках вдоль автодорог зависит от количества высыпаемой соли, а в последние годы – еще и аномально засушливого весеннего периода в начале вегетации.

Степень повреждения древесных насаждений зависит от их положения относительно полотна дороги: состояние лучше у насаждений, расположенных выше полотна дороги (при прохождении дороги в выемке индекс состояния вдоль магистральных автодорог составляет 76,5%; вдоль республиканских автодорог – 88,5%). Когда уровень почвы в насаждениях, прилегающих к дороге, находится на уровне ее полотна (дорога в нуле) состояние древостоев в опушечной зоне ухудшается (снижается индекс состояния древостоев: вдоль магистральных автодорог составляет 72,4%; вдоль республиканских автодорог – 86,3%).

Таблица 2. Средние индексы жизненного состояния различных древесных пород на опушках вдоль МКАД за период 2004–2021 гг.

Table 2. Average indices of the vital state of various tree species on edges along the Minsk ring road for the period 2004–2021

Порода Species	Годы / Years																	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Индекс жизненного состояния по годам																		
Береза	40,5	34,6	31,7	63,3	65,5	64,3	32,99	42,12	60,45	65,6	77,8	78,2	65,7	*62,7*	67,35	60,38	69,38	64,37
Вяз	46,9	43,8	64,5	84,9	74,2	68,8	67,25	61,75	69,88	83,2	82,0	83,8	78,5	*77,3*	80,38	69,83	77,30	75,49
Груша	50,8	38,2	38,6	77,1	71,4	71,4	34,69	59,82	62,18	71,5	82,3	80,2	76,6	*77,6*	70,23	70,45	87,35	66,51
Дуб	45,0	38,8	43,8	65,3	68,2	61,9	55,79	58,44	69,29	68,9	74,3	79,3	70,8	*70,7*	76,00	73,96	79,82	70,89
Ель	45,7	41,7	37,4	63,0	63,2	58,7	53,59	47,79	63,38	65,5	68,1	66,1	60,1	*50,9*	59,20	59,38	57,25	62,38
Ива	42,7	29,3	34,6	51,9	61,2	60,3	47,17	48,65	60,83	68,3	73,9	75,4	64,0	*72,7*	71,86	62,38	66,78	59,42
Каштан	55,0	58,7	60,0	80,6	80,0	76,3	81,05	77,14	74,86	76,4	85,6	90,0	69,0	*75,0*	72,73	72,73	82,16	80,43
Клен	55,9	58,7	44,8	76,1	70,5	69,7	44,33	68,91	71,25	68,1	78,6	81,2	78,6	*66,9*	80,00	86,45	85,92	68,73
Липа	47,6	24,4	30,5	60,7	64,3	58,3	32,26	41,58	48,01	56,6	71,7	63,8	52,0	*46,6*	62,20	53,00	64,29	51,52
Ольха ч.	49,3	26,0	20,3	56,0	64,1	48,1	28,83	31,28	52,08	66,6	66,3	63,4	48,3	*55,8*	55,33	58,58	60,54	56,18
Рябина	51,7	39,8	61,1	73,8	71,3	57,5	44,27	59,57	54,80	58,0	59,4	62,3	46,7	*47,5*	66,67	68,00	–	–
Сосна	55,8	63,3	61,8	78,8	73,8	71,5	61,48	63,14	73,51	74,1	79,2	78,8	79,3	*69,4*	70,35	70,66	82,25	78,71
Тополь	48,6	54,8	49,0	64,3	67,8	62,9	52,59	66,59	73,94	78,8	78,6	79,3	72,4	*66,7*	70,39	69,83	73,24	72,73
Ясень	55,3	42,0	36,8	65,2	68,4	65,5	43,79	42,54	62,60	63,0	73,5	78,9	65,8	*68,1*	70,73	59,55	65,43	56,35
Количество внесенных за предшествующую зиму ПГР (в пересчете на чистую соль, тонн)																		
	9737	7254	10219	6281	6856	7443	10058	8188	6798	6344	6117	6254	7053	7812	8849	8800	8456	10036

Таблица 3. Коэффициенты корреляции зависимости состояния различных древесных пород на опушках вдоль МКАД от количества вносимой за период 2004–2021 гг. соли в качестве противогололедного реагента

Table 3. Correlation coefficients of depending state of different tree species on edges along the Minsk ring road from amount applied salt as anti-icing reagents for the period 2004–2021

Порода Species	Коэффициент корреляции между состоянием древесных пород и количеством вносимых противогололедных реагентов за период Correlation coefficients of depending state of different tree species on edges along the Minsk ring road from amount applied anti-icing reagents for period	
	2004-2017 гг.	2004-2021 гг
Береза	-0,84	-0,66
Вяз	-0,60	-0,48
Груша	-0,78	-0,63
Дуб	-0,70	-0,45
Ель	-0,78	-0,65
Ива	-0,64	-0,50
Каштан	-0,55	-0,45
Клен	-0,89	-0,61
Липа	-0,69	-0,55
Ольха ч.	-0,73	-0,58
Рябина	-0,35	-0,29
Сосна	-0,87	-0,61
Тополь	-0,85	-0,67
Ясень	-0,74	-0,66

Наиболее повреждены древостои на участках, где полотно дороги проходит выше поверхности почвы прилегающих к нему насаждений (при положении дороги в насыпи индекс состояния вдоль магистральных автодорог составляет 68,1%; вдоль республиканских автодорог – 80,4%). Эта зависимость объясняется высотой поднятия загрязняющих веществ (выбросов автотранспорта, содержащих взвеси ПГР) турбулентными потоками воздуха, создаваемыми движущимся транспортом [3]. Зависимость состояния деревьев на опушках лесных и защитных насаждений от положения дороги в рельефе характерна для дорог любого уровня.

Жизненное состояние деревьев в опушечной полосе прилегающих к МКАД насаждений также зависит от их положения относительно дороги: лучшим у насаждений, расположенных выше полотна дороги более чем на 1 м (дорога в выемке). В среднем за период 2004–2021 гг. индекс состояния таких древостоев составлял 73,74% (древостои «ослабленные»). Для насаждений, произрастающих на уровне полотна дороги (в нулевой отметке), ИС древостоев составлял 66,57% (древостои «поврежденные»). Наиболее повреждены древостои на участках, где полотно дороги проходит выше уровня почвы (в насыпи). Их ИС составил 62,34% (древостои «поврежденные») (см. рис. 3).

Наиболее поврежденными среди оцениваемых пород за 16 лет исследований оказались ольха черная, липа, ель и береза (ИС в среднем за 2004–2019 гг. составил 48,39; 50,85; 56,48 и 57,08%, соответственно); менее других повреждены клен, сосна и вяз (68,75; 70,31 и 71,06%). Низкое жизненное состояние ольхи черной у МКАД объясняется ее приуроченностью к пониженным участкам, где дорога проходит, как правило, в насыпи, а также накоплением рассолов, стекающих в понижения. Липа и береза обладают низкой устойчивостью к воздействию ПГР, по-видимому, из-за малой толщины коры 1–2 летних побегов и чешуек на почках, не способных противодействовать проникновению хлоридов. В 2010, 2012 и 2017 гг. причиной повреждения березы стало не только воздействие соли, но и поздние весенние заморозки, сильно повредившие деревья и в городской черте, и внутри лесных массивов. Более других пород оказывались также поврежденными деревья ели в снегозадерживающих полосах, мелкие деревья и подрост сосны, подлесок можжевельника (вплоть до полной гибели). Высокую устойчивость к засолению в опушечной полосе показывает акация желтая (средний ИС – 87,8%).

Следует отметить, что улучшение состояния лесных и защитных древесных насаждений за вегетационный период связано, во-первых, с оздоровлением древостоев, обусловленным смывом повреждающих реагентов с крон деревьев осадками и прекращением их внесения; во-вторых, с проводимыми санитарными меропри-

ятиями, в результате которых количество усыхающих деревьев и свежего сухостоя уменьшается; в-третьих – с повторной вегетацией у лиственных деревьев и опадением сухой хвои у хвойных деревьев. При этом, однако, следует учитывать, что воздействию ПГР следующей зимой будут экспонированы уже новые, ранее защищенные опушечными деревьями особи.

Поскольку опушечная зона на разных дорогах находилась на разном расстоянии от полотна дороги, а состояние древостоев определяется положением дороги относительно прилегающих территорий, с целью выявления зависимости состояния древостоев от положения дороги, удаления опушки и показателей нагрузки на автодорогу был выполнен множественный корреляционный анализ (табл. 4).

Введение в расчет корреляции показателей положения дороги привело к повышению коэффициентов корреляции (см. табл. 1 и 4). Полученные коэффициенты множественной корреляции по некоторым показателям близки к 1 (см. табл. 4). Поэтому можно предположить наличие линейной связи состояния древостоев на опушках в зависимости от удаления опушки от полотна дороги, положения дороги относительно прилегающих территорий и интенсивности движения транспортных средств.

Между показателями индексов состояния древостоев и суммарным расходом соли в зимний период в пересчете на 1 м^2 с учетом удаления опушки от полотна дороги и положения дороги относительно прилегающих территорий имеется значимая корреляционная зависимость (см. табл. 4). При этом наиболее ярко выражена зависимость состояния именно опушечных деревьев от показателей положения дороги и количества вносимой соли.

Таблица 4. Коэффициенты множественной корреляции между показателями состояния древостоев, положения дороги и нагрузок на автодорогах

Table 4. Correlation coefficients between indicators of the state of tree stands, position of road concerning adjoining territories and load on road

Показатели положения дороги и нагрузок на автодорогу Indicators of position of road concerning adjoining territories and load on road	Показатели состояния древостоев Indicators of the state of tree stands			
	ИС в опушечной зоне (0–10 м) на ЛПП Index of state in edge zone (0–10 м)	Дефолиация в опушечной зоне (0–10м) на ЛПП Defoliation in edge zone (0–10 м)	ИС на опушках (на глубину 1–2 деревьев) в зависимости от положения дороги Index of state on edge (to a depth of 1–2 trees) depending on the position of the road	Средний ИС на опушках (на глубину 1–2 деревьев) Average index of state on edge (to depth of 1–2 trees)
1. Расстояние от полотна дороги 2. Положение дороги относительно прилегающих территорий 3. Интенсивность движения, авт/сут	0,78	0,75	0,92	0,93
1. Расстояние от полотна дороги 2. Положение дороги относительно прилегающих территорий 3. Расход соли, кг/м^2	0,53	0,52	0,74	0,75
1. Расстояние от полотна дороги 2. Положение дороги относительно прилегающих территорий 3. Фактическая усредненная норма распределения соли, г/м^2	0,33*	0,33*	0,33*	0,26*
1. Расстояние от полотна дороги 2. Положение дороги относительно прилегающих территорий 3. Интенсивность движения, авт/сут 4. Расход соли, кг/м^2	0,80	0,76	0,92	0,94
Примечание. * – зависимость между показателями не имеет достоверного отличия от 0 при P=0,95.				

Заключение

Состояние растительности вдоль основных автомагистралей в последние годы обусловлено загрязнением окружающей среды в придорожных полосах противогололедными реагентами на основе хлористого натрия в зимний период в сочетании с комплексом других негативных факторов (выхлопные газы передвижных источников загрязнения, изменение режимов среды, интенсивное рекреационное воздействие, экстремальные проявления погодно-климатических факторов). Все это неизбежно ведет к ослаблению и деградации придорожных экосистем. Наибольшую нагрузку от воздействия автомобильного транспорта и деятельности по обслуживанию дорог в зимний период (внесение противогололедных солесодержащих материалов) испытывают насаждения, непосредственно примыкающие к дорожному полотну – опушечная придорожная зона. Именно на опушках отмечается массовое повреждение и гибель деревьев, а также подроста и подлеска в непосредственной близости (3–20 м) от автодорог.

Результаты проведенных исследований указывают, что основная причина ухудшения состояния придорожных биогеоценозов в Беларуси обусловлена техногенным загрязнением среды используемыми в зимний период компонентами противогололедных реагентов на основе хлорида натрия в сочетании с комплексом других негативных факторов. Выявлена значимая достоверная корреляционная зависимость состояния древостоев на опушках лесных и защитных древесных насаждений вдоль автомобильных дорог от категории дороги, положения дороги в рельефе, интенсивности движения транспортных средств, количества вносимых в зимний период противогололедных реагентов, расстояния от полотна дороги до первого ряда деревьев. В будущем следует ожидать дальнейшего ухудшения их состояния, поскольку количество выбросов от передвижных источников загрязнения и количество вносимых ПГР продолжает увеличиваться, нарастает риск проявления эффекта накопления. Уже в настоящее время современное состояние создаваемых и существующих насаждений вдоль автомобильных дорог убеждает в необходимости проведения мероприятий по поддержанию их устойчивости и функциональной эффективности, использования научно-обоснованных подходов в системе озеленения придорожных территорий.

Литература

1. Горбунов, А. А. Транспортные коммуникации и внешняя политика государства / А. А. Горбунов, О. М. Троненкова // Власть. – 2010. – № 11. – С. 32–35.

2. Горбунов, А. А. Политика развития транспортных коммуникаций в современных условиях: зарубежный и российский опыт: на примере железнодорожного транспорта: диссертация ... доктора политических наук: 23.00.02 / Горбунов А. А. – Москва, 2008. – 393 с.

3. Судник, А. В. Анализ аэрального загрязнения зеленых насаждений вдоль МКАД компонентами противогололедных реагентов / А. В. Судник, О. Е. Ефимова // Леса Евразии – Польские леса: Матер. IX Междун. конф. молод. учёных, Курник, Польша, 24–30 мая 2009 г. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – С. 90–92.

4. Судник, А. В. Воздействие автомобильных дорог на природно-растительные комплексы и животный мир Беларуси: состояние, реальные и потенциальные угрозы, мониторинг / А. В.Судник, Р. В. Новицкий // Материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию РУП «БелдорНИИ». Минск, 25–26 окт. 2012 – С. 223–228.

5. Яковлев, А. П. Влияние солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в городской среде / А.П. Яковлев, А.В. Судник // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь: тез. Респ. науч.-практ. семинара (г. Минск, 26–27 апреля 2018 г.) / НАН Беларуси; ЦБС НАН Беларуси ; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Мн. : Медисонт, 2018. – С. 212–215.

6. Судник, А. В. Последствия воздействия загрязнения придорожных территорий компонентами солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в лесных биогеоценозах / А. В. Судник, И. П.Вознячук // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24.

7. Судник, А. В. Критерии и шкала потенциального воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на придорожные насаждения / А. В. Судник, А. Г. Рыбинский // Автомобильные дороги и мосты. – 2020. – №1 (25). – С. 6–15.

8. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А. В. Пугачевского. – И-т эксперим. ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Мн. : Право и экономика, 2011. – 165 с.

9. ICP Forests Manual [Electronic resource]. – Mode of access: http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual. – Date of access: 13.04.2020.

10. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь (утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 19.12.2016 № 79). – Мн. : 2016. – 21 с.

11. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В. А. Алексеев, О. Г. Чертов, С. А. Сергейчик и др.; под ред. В. А. Алексеева; АН СССР, Ботанический ин-т им. В. Л. Комарова. – Ленинград : Наука (Ленинградское отд.), 1990. – 197 с.

12. Судник, А. В. Анализ корреляционной зависимости состояния древостоев в опушечной полосе от нагрузки на автодорогах // Леса Евразии – Северный Кавказ: Матер. VIII Междун. конф. молод. учёных, посвящ. 270-летию А. Т. Болотова: Т.1. – Сочи, Краснодарский край, 6-12 октября 2008 г. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – С. 84–88.

13. Бельков, М. В. Лазерный атомно-эмиссионный анализ аэрального загрязнения зеленых насаждений противогололедными реагентами / М. В. Бельков [и др.] // Прикладная спектроскопия. – 2010. – Т.77, № 2 – С. 292–298.

14. Судник, А. В. Влияние противогололедных реагентов на зеленые насаждения вдоль улиц и дорог г.Минска / А. В. Судник, О. Е. Ефимова, А. П. Яковлев // Леса Евразии – Белорусское Поозерье. Матер. XII Междун. конф. молод. ученых, посвящ. 145-летию Г.Ф. Морозова – НП «Браславские озера», Браслав, Беларусь – Аукштайтийский национальный парк, г. Игналина, Литва, 30 сент. – 6 окт. 2012 г. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2012. – С.292–294.

15. Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / В. В. Титок [и др.] ; под ред. В. В. Титка, В. Н. Решетникова. – Мн. : Беларус. навука, 2012. – 345 с.

16. Медведев, С. С. Физиология растений: Учебник. – СПб. : Изд-во С-Петерб. ун-та, 2004. – 336 с.

Поступила в редакцию 24.08.2022 г.

УДК 581.553

Р. В. ЦВИРКО

РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ АССОЦИАЦИИ *VACCINIO ULIGINOSI–PINETUM SYLVESTRIS* DE KLEIST 1929 НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

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

Аннотация. Снижение уровня грунтовых вод вследствие широкомасштабных осушительных работ во второй половине прошлого столетия привело к изменению состава и структуры заболоченных лесов на территории национального парка «Беловежская пуща». В статье представлены результаты изучения современного ценотического разнообразия на примере заболоченных сосновых лесов ассоциации ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** и показана возможность типизации сообществ, сформированных в результате осушительной мелиорации. В составе ассоциации установлено три группы сообществ в ранге варианта: типичный вариант, вариант ***Carex nigra*** и вариант ***Vaccinium myrtillus***. Приведена их характеристика и показаны эколого-флористические особенности.

Ключевые слова: Беловежская пуща, заболоченные сосновые леса, ценотическое разнообразие, ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***.

R. V. TSVIRKO

COMMUNITY DIVERSITY OF THE ASSOCIATION *VACCINIO ULIGINOSI–PINETUM SYLVESTRIS* DE KLEIST 1929 IN THE NATIONAL PARK "BELOVEZHSKAYA PUSHCHA"

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

Annotation. The decrease in the groundwater level in the territory of the National Park "Belovezhskaya Pushcha" led to changes in the composition and structure of swampy forests. The article presents the results of the study of modern cenotic diversity on the example of swampy pine forests of the association ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** de Kleist 1929 and the possibility of typing communities formed as a result of drainage reclamation is shown. As part of the association, three groups of communities were established in the rank of variant: ***typica*** var., ***Carex nigra*** var. and ***Vaccinium myrtillus*** var. Their characteristics are given and ecological and floristic features are shown.

Keywords: Belovezhskaya Pushcha, swampy pine forests, cenotic diversity, ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris.***

ВВЕДЕНИЕ

Беловежская пуща развивалась в условиях стабильного гидрологического режима, который характеризовался достаточно высоким уровнем грунтовых вод (далее – УГВ) [1, 2]. Такое состояние обеспечивалось высокой степенью заболоченности как самой пущи, так и наличием крупных болотных комплексов по ее периферии [2]. До проведения осушительных работ общая площадь болот составляла около 30% всей территории [3].

Широкомасштабные осушительные работы, проведенные во второй половине XX в. в Беловежской пуще и на прилегающих территориях, вызвали понижение УГВ, которое продолжается и в настоящее время [2, 3]. По данным сети скважин, общее его снижение на большей части территории составило 0,5–1,5 м [3].

Такое изменение не могло не отразится на видовом составе и структуре заболоченных лесов как одних из наиболее чувствительных экосистем к гидрологическому режиму. Так, например, площадь хозяйственной секции «сосновые леса по болоту» сократилась с 3,7 тыс. га в 1992 г. до 3 тыс. га в 2005 г. [4]. В настоящее время их площадь составляет 2,6 тыс. га [5], а доля среди покрытых лесом земель снижалась с 3,6% до 2,5% и 2,1% по указанным годам соответственно.

При изучении современного ценотического разнообразия Беловежской пущи [6] и создании карты растительности национального парка [7] возникли определенные трудности с типизацией сообществ, формирующихся в результате влияния осушительной мелиорации. Наиболее значимые изменения наблюдались в группе олиготрофных сосновых заболоченных лесов, поэтому в данной работе на примере кустарничково-сфагновых сосняков ассоциации (далее – асс.) ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** de Kleist 1929 показана возможность типизации производных фитоценозов, возникающих при изменении гидрологического режима.

Объекты (материалы) и методы исследования

Для характеристики ценотического разнообразия ассоциации использованы данные 26 геоботанических описаний, выполненных в 2016–2018 гг. на пробных площадях в 1000 м^2.

В табл. 1 оценка количественного участия видов дана по комбинированной шкале [8]: «r» – очень редко, 1–4 особи, «+» – проективное покрытие менее 1%, «1» – от 1 до 5%, «2» – от 6 до 25%, «3» – от 26 до 50%, «4» – от 51 до 75%, «5» – покрытие более 75%. Ярусы фитоценозов (h) обозначены следующим образом: A – первый подъярус древостоя, B – второй подъярус древостоя, C – кустарниковый ярус, подлесок, D – травяно-кустарничковый ярус, E – мохово-лишайниковый ярус.

Формирование базы данных геоботанических описаний и их обработка проведены в программах TURBOVEG [9] и JUICE [10]. Оценка экологических режимов местообитаний синтаксонов проведена методом фитоиндикации с использованием оптимумных шкал Х. Элленберга [11] на основе средневзвешенных значений проективного покрытия видов. Дифференциация синтаксонов на осях экологических факторов продемонстрирована методом NMDS-ординации (непараметрическое многомерное шкалирование) в программной среде R [12].

Название ассоциации и диагностическая комбинация видов даны в соответствии с методом Ж. Браун-Бланке [8]. Названия типов леса указаны по ТКП 587-2016 «Правила выделения типов леса» [13]. Латинские названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [14], мохообразных – по М. С. Игнатову с соавторами [15].

Результаты и их обсуждение

Общий признак асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** – кустарничково-сфагновые сосновые леса на торфяных почвах. Распространены по всей территории Беловежской пущи на площади около 1.4 тыс. га. Принята следующая комбинация видов:

Диагностические виды: *Pinus sylvestris* (A); *Andromeda polifolia*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium uliginosum*; *Polytrichum strictum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. magellanicum*.

Константные виды: *Pinus sylvestris* (A); *Betula pubescens* (C); *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*; *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum angustifolium*, *S. magellanicum*.

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A); *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*; *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*, *S. magellanicum*.

Ассоциации соответствует тип леса сосняк багульниковый (*Pinetum ledosum*), а также часть сосняков долгомошных (*Pinetum polytrichosum*); типы условий местопроизрастания – A_4 (сырой бор), A_5 (мокрый бор).

Сообщества обычно формируются на торфяных среднемощных почвах. Глубина торфяной залежи в среднем составляет 1,5–1,7 м. Микрорельеф волнистый или кочковатый. УГВ (июль–август) составляет в среднем 20–25 см. Реакция (pH) болотных вод (нефильтрованных) находится в пределах 3,6–3,9. Распространены равномерно по всей территории национального парка.

Древесный ярус сообществ формируется обычно по IV классу бонитета, образован *Pinus sylvestris* с редким участием в составе древостоя *Betula pubescens* и *Picea abies* (рис. 1). Подрост и подлесок обычно низкой численности (в среднем 0,5–1,5 тыс. шт/га), в нем доминируют *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*, редко встречаются *Picea abies* и *Frangula alnus*.

Травяно-кустарничковый ярус густой, обычно проективное покрытие составляет 60–80%. Преобладает *Ledum palustre*, куртины образуют *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium myrtillus* и *V. uliginosum*; высоко постоянство *Andromeda polifolia* и *Oxycoccus palustris*.

Доминантом мохового покрова обычно является *Sphagnum angustifolium*, субдоминантом – *Sphagnum magellanicum*. Иногда довольно крупные пятна формируют *Pleurozium schreberi* с участием *Dicranum polysetum*.

Анализ геоботанических описаний позволил установить три группы сообществ данной ассоциации, отличающихся по видовому составу и структуре (см. табл. 1).

Таблица 1. Типовые геоботанические описания асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Table 1. Typical relevés of ass. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris.***

Номера описаний	h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номера синтаксонов		1				2									3						
Диагностические виды (д.в.) ассоциации																					
Pinus sylvestris	A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Andromeda polifolia	D	.	.	2	.	+	+	+	+	+	+	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1
Eriophorum vaginatum	D	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	2
Ledum palustre	D	+	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	3	3	3	3	4	3	2
Oxycoccus palustris	D	.	+	2	+	+	2	+	2	+	2	+	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Vaccinium uliginosum	D	+	2	1	1	2	2	2	1	2	2	+	1	2	2	3	2	3	2	2	2
Polytrichum strictum	E	.	.	2	.	1	1	1	+	1	1	.	+	+	2	2	1	2	1	.	1
Sphagnum angustifolium	E	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	3	3	4	4
S. magellanicum	E	.	1	2	2	4	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	4	2	2
Д.в. вариантов																					
Betula pubescens	A	2	2	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1
Carex canescens	D	1	1	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex lasiocarpa	D	2	2	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex nigra	D	2	3	1	2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus effusus	D	1	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polytrichum commune	E	+	+	1	2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum centrale	E	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S. fallax	E	4	4	4	4	.	.	2	.	.	.	.	.	2	2	1	.	2	1	.	.
Vaccinium myrtillus	D	2	2	2	2	4	4	3	3	4	4	4	4	3	2	1	.	.	+	.	2
Dicranum polysetum	E	+	.	.	1	1	+	.	2	2	1	2	1	2	1	+	1	+	1	1	1
Pleurozium schreberi	E	2	.	2	1	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1	1	2
Дифференцирующие виды																					
Betula pubescens	B	2	2	2	.	1	.	2	.	2	+	1	2	.	+	+	.	.	.	.	.
B. pubescens	C	+	+	1	.	2	+	2	+	2	2	2	1	1	r	+	+	.	.	+	2
Picea abies	B	+	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
P. abies	C	1	1	+	1	1	+	1	+	+	+	+	.	r	r	.	.	.	.	.	1
Quercus robur	C	.	+	.	.	.	+	.	+	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Dryopteris carthusiana	D	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Molinia caerulea	D	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	.	.
P. sylvestris	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	r	1	+	+	+	1	+
Calluna vulgaris	D	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	1
Прочие виды																					
Alnus glutinosa	C	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Betula pendula	C	.	.	.	.	.	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Frangula alnus	C	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Salix aurita	C	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calamagrostis canescens	D	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex echinata	D	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C. rostrata	D	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Menyanthes trifoliata	D	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Naumburgia thyrsiflora	D	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Peucedanum palustre	D	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Phragmites australis	D	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trientalis europaea	D	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium vitis-idaea	D	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Aulacomnium palustre	E	.	.	+	.	.	1	1	.	+	.	.	.	2	.	1	1	.	.	.	1
Calliergonella cuspidata	E	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hylocomium splendens	E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.

Примечание. Номера синтаксонов: 1 – вариант **Carex nigra**, 2 – вариант **Vaccinium myrtillus**, 3 – типичный вариант ассоциации

Рис. 1. Сообщество асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Fig. 1. Community of the ass. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Наличие мезотрофных видов дифференцирует часть фитоценозов от типичных олиготрофных кустарничково-сфагновых сосняков, которым свойственно преобладание в напочвенном покрове *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Sphagnum angustifolium* и *S. magellanicum*. Появление в древесном ярусе *Picea abies* и *Betula pubescens* является хорошим признаком того, что в таких местообитаниях повышается трофность почвы.

Фитоценозы с высоким обилием *Vaccinium myrtillus* и зеленых мхов *Dicranum polysetum* и *Pleurozium schreberi* описаны в условиях с относительно низким УГВ (0,5–1,0 м) при глубине торфяной залежи в среднем 1,0–1,5 м. Такие леса отличаются также от типичных сообществ ассоциации более высокой продуктивностью древостоя (III класс бонитета). Данная группа сообществ рассматривается нами в качестве варианта ***Vaccinium myrtillus*.** Их облик часто близок к чернично-сфагново-зеленомошным сосновым лесам (рис. 2), формирующиеся на минеральных почвах с торфянистым или торфяно-глеевым горизонтом.

Мезоолиготрофные сосняки с высоким обилием в составе древостоя *Betula pubescens* и присутствием в напочвенном покрове мезотрофных гигрофитов (*Carex canescens*, *C. lasiocarpa*, *C. nigra*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum centrale*, *S. fallax*) объединены нами в вариант ***Carex nigra***. Их формирование обычно связано с неустойчивым гидрологическим режимом либо локальным подтоплением, в том числе, на ранее осушенных территориях. Могут они встречаться также и по окраинам крупных массивов олиготрофных кустарничково-сфагновых сосновых лесов в полосе контакта с минеральными почвами.

Разнообразие экологических условий предложенных вариантов подтверждает синфитоиндикационная оценка (табл. 2). Среднее значение освещенности местообитаний (в баллах) сообществ ассоциации составляет 6,8, температурного режима – 3,4, континентальности климата – 6, влажности почвы – 6,9, кислотности почвы – 1,9, содержания азота – 2,4.

Сообщества варианта ***Carex nigra*** отличаются от типичных олиготрофных кустарничково-сфагновых сосняков более высокими показателями кислотности и содержания азота в почве. Различие в показателях континентальности климата объясняется более слабой ценотической значимостью видов олиготрофных болот (*Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. magellanicum*).

Сообщества варианта ***Vaccinium myrtillus*** занимают менее увлажненные местообитания. В результате минерализации торфяной залежи повышаются показатели кислотности и содержания азота в почве. Дефицит влаги постепенно

приводит к снижению обилия болотных видов, из-за чего изменяются соотношения доминантов нижних ярусов растительности «*Ledum palustre–Vaccinium myrtillus*» и «*Sphagnum spp.–Dicranum polysetum+Pleurozium schreberi*».

Установленные варианты хорошо дифференцируются на осях большинства факторов, что указывает на их эколого-флористическую специфичность (рис. 3). Даная схема демонстрирует пространственное расположение синтаксонов относительно экологических факторов.

Кислотность и богатство почвы образуют комплексный градиент, перпендикулярно которому расположена ось влажности почвы. Влажность почвы имеет некоторую корреляцию с освещенностью. В сообществах данной ассоциации высокий УГВ при низкой трофности являются лимитирующими факторами сомкнутости полога древостоя, что отражается и на нижних ярусах растительности.

Мезоолиготрофные заболоченные сосновые леса (вариант **Carex nigra**) обычно мелкоконтурные по площади, а вот мелиоративно-производные сообщества варианта ***Vaccinium myrtillus*** нередко образуют крупные массивы леса, которые могут быть отражены на крупномасштабных картах растительности [3, 4]. Так, например, они были выделены на территории национальных парков «Беловежская пуща» (М 1:100 000) и «Нарочанский» (М 1:60 000). Чаще всего такие леса встречаются на лесопокрытых землях с густой сетью мелиоративных каналов.

Рис. 2. Сообщество асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** вар. ***Vaccinium myrtillus***

Fig. 2. Community of the ass. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** var. **Vaccinium myrtillus**

Таблица 2. Синфитоиндикационная оценка синтаксонов асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Table 2. Synphytoindicative evaluation of the ass. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** syntaxa

Экологические факторы	Номера синтаксонов			
	1	2	3	4
Освещенность	6,92	6,59	6,98	6,76
Температурный режим	3,37	3,31	3,57	3,40
Континентальность климата	5,76	5,96	6,16	5,99
Влажность почвы	7,37	6,61	7,24	6,92
Кислотность почвы	2,50	1,91	1,59	1,90
Содержание азота	2,78	2,50	2,03	2,40

Примечание. Номера синтаксонов: 1 – вариант ***Carex nigra***, 2 – вариант ***Vaccinium myrtillus***, 3 – типичный вариант ассоциации, 4 – ассоциация ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

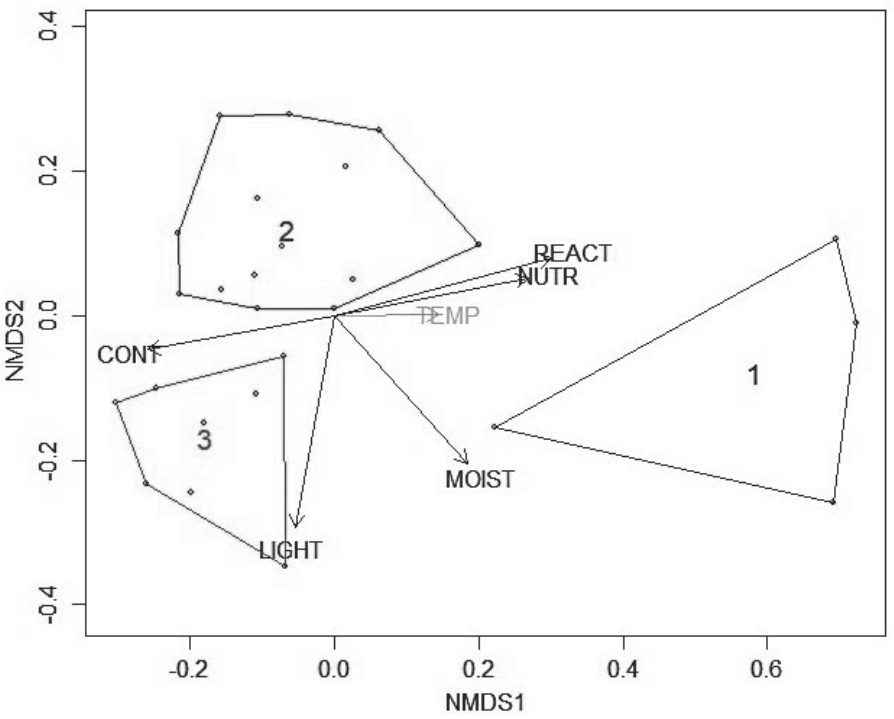


Рис. 3. Диаграмма NMDS-ординации синтаксонов асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Обозначения синтаксонов: 1 – вариант ***Carex nigra***, 2 – вариант ***Vaccinium myrtillus***, 3 – типичный вариант.
Обозначения векторов экологических факторов: LIGHT – освещенность, CONT – континентальность, TEMP – температурный режим, MOIST – влажность почвы, REACT – кислотность почвы, NUTR – богатство почвы минеральным азотом (определены по шкалам [11])

Fig. 3. NMDS-ordination diagram of the ass. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***

Syntaxa designations: 1 – var. ***Carex nigra***, 2 – var. ***Vaccinium myrtillus***, 3 – var. ***typica***.
The designations of the vectors of environmental factors: LIGHT – light, CONT – continentality, TEMP – temperature, MOIST – soil moisture, REACT – soil reaction, NUTR – soil richness in mineral nitrogen (determined according to the [11])

Заключение

Изучение кустарничково-сфагновых сосновых лесов асс. ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*** на территории Беловежской пущи позволило установить три типа сообществ, которые рассматриваются нами в ранге вариантов: **typica**, ***Vaccinium myrtillus***, ***Carex nigra***. Они отличаются между собой по совокупности флористических, морфологических и экологических признаков. Формирование сообществ варианта ***Vaccinium myrtillus*** связано со снижением УГВ, а вариант ***Carex nigra*** описан в условиях с неустойчивым гидрологическим режимом либо локальными подтоплениями, в том числе, на ранее осушенных территориях.

Типизация мелиоративно-производных заболоченных сосновых лесов в качестве отдельных категорий может способствовать более рациональному управлению и использованию осушенных территорий. На это важно обращать внимание при лесоустроительных работах, от качества которых зависит успешность выполнения лесохозяйственных мероприятий, а также при рассмотрении вопросов объективности учета ресурсов растительного мира, регулирования гидрологического режима осушенных территорий, инвентаризации биотопического разнообразия и многое другое.

Литература

1. Бамбалов, Н. Н. Характеристика болот Беловежской пущи и ее охранной зоны / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Сохранение биологического разнообразия лесов Беловежской пущи. – Минск, 1996. – С. 131–140.

2. Оценить современное состояние торфяников национального парка «Беловежская пуща» и разработать долгосрочную программу их восстановления: отчёт о НИР (заключ.) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; рук. Д. Г. Груммо; исполн.: Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск, 2021. – 353 с. – № ГР 20210833.

3. Оценить воздействие изменений климата и осушительной мелиорации на состояние лесной растительности национального парка «Беловежская пуща»: отчёт о НИР (заключ.) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; рук. А. В. Пугачевский; исполн.: М. В. Ермохин [и др.]. – Минск, 2008. – 42 с. – № ГР 20082962.

4. План управления национальным парком «Беловежская пуща». Констатирующая часть / ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуща». – Минск: [б. и.], 2008. – 183 с.

5. Лесоустроительный проект государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Беловежская пуща» на 2016–2025 годы. Пояснительная записка / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие "Белгослес". – Минск: [б. и.], 2015. – 232 с.

6. Цвирко, Р. В. Синтаксономическое разнообразие лесной растительности национального парка «Беловежская пуща» (Беларусь) / Р. В. Цвирко, Д. Г. Груммо // Разнообразие растительного мира. – № 1 (4). – 2020. – С. 57–80.

7. Груммо, Д. Г. К вопросу создания крупномасштабной карты растительности национального парка «Беловежская пуща» / Д.Г. Груммо, Р.В. Цвирко, Н.А. Зеленкевич, Е.Я. Куликова // Ботаника (исследования), 2019. – № 48. – С. 94–117.

8. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien; N.–Y., 1964. – 865 s.

9. Hennekens, S. M. Turboveg, a comprehensive data base management system for vegetation data / S. M. Hennekens, J. H. J. Schaminée // Journal of Vegetation Science. – 2001. – N. 12. – P. 589–591.

10. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data [Electronic resource] // Prirodovedecka fakulta, Masarykova Univerziteta / L. Tichy, J. Holt. – Mode of access: www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf. – Date of access: 20.01.2022.

11. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas. / H. Ellenberg [et al.]. – Gottingen : Goltze, 1992. – 282 s.

12. The R Project for Statistical Computing [Electronic resource] // Free software environment for statistical computing and graphics. – Mode of access: https://www.r-project.org/index.html. – Date of access: 02.02.2022.

13. Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Правила выделения типов леса = Устойлівае лесакіраванне і лесакарыстанне. Правілы выдзялення тыпаў лесу: ТКП 587-2016 (33090). – Введ. 01.01.17. – Минск: Министерство лесного хозяйства, 2016. – 44 с.

14. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 990 с.

15. 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.

16. Груммо, Д. Г. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования / Д. Г. Груммо [и др.] // Геоботаническое картографирование. – СПб., 2019. – С. 18–38. DOI: 10.31111 /geobotmap/2019.18.

17. Груммо, Д. Г. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000) / Д.Г. Груммо [и др.]; под науч. ред. А.В. Пугачевского. – Минск: Колоград, 2017. – 82 с.

Поступила в редакцию 07.09.2022 г.

МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ
MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

УДК 582.284

А. О. АНТОНОВИЧ

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП АГАРИКОИДНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА (НА ПРИМЕРЕ КОРОЛЕВО-МОСТОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА, НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»)

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: anaria1995@mail.ru

Аннотация. В статье изложены результаты анализа литературных данных и сборов гербария MSK-F в различных типах фитоценозов на территории Королево-Мостовского лесничества. Было выявлено 96 видов, включающих 2 разновидности базидиальных макромицетов. Из них 13 видов агарикоидных грибов являются редкими для микобиоты Национального парка, и 5 – очень редкими, представленными единичными находками. Один из очень редких видов внесен в Красную книгу Беларуси – *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon. Наибольшим количеством видов были представлены следующие рода: *Cortinarius* (9 видов), *Mycena* (7 видов), *Russula* (7 видов), *Collybia* (6 видов) и *Lactarius* (6 видов). Количество видов в хвойных и лиственных лесах практически одинаково с незначительным превалированием видов в хвойниках. Для редких и очень редких видов агарикоидных базидиомицетов отсутствует превалирующий тип фитоценоза. По эколого-трофическим группам наибольшее число видов макромицетов относится к микоризообразователям (42,7%), большая часть вступает в симбиоз с корнями *Pinus sylvestris* и *Quercus robur.*

Ключевые слова: агарикоидные базидиомицеты, микобиота, заповедная территория, Беловежская пуща, видовой состав, таксономия.

A.O. ANTONOVICH

TAXONOMICAL ANALYSIS AND OCCURRENCE OF ECOLOGICAL AND TROPHIC GROUPS OF AGARICOID BASIDIOMYCETES GROWING UNDER THE CONDITIONS OF THE RESERVED REGIME (KOROLEVO-MOSTOVSKOYE FORESTRY, NATIONAL PARK "BELOVEZHSKAYA PUSHCHA")

V.F. Kuprevich Institute of experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: anaria1995@mail.ru

Annotation. The article presents the results of the analysis of literature data and collections of the MSK-F herbarium in various types of phytocenoses on the territory of the Korolevo-Mostovsky forestry. 96 species were identified, including 2 varieties of basidial macromycetes. Of these, 13 species of agaricoid fungi are rare for the mycobiota of the National Park, and 5 are very rare, represented by single finds. One of the very rare species is listed in the Red Book of Belarus – *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon. The following genera were represented by the largest number of species: *Cortinarius* (9 species), *Mycena* (7 species), *Russula* (7 species), *Collybia* (6 species) and *Lactarius* (6 species). The number of species in coniferous and deciduous forests is almost the same with a slight prevalence of species in coniferous forests. For rare and very rare species of agaricoid basidiomycetes, there is no prevailing type of phytocenosis. According to ecological and trophic groups, the largest number of macromycete species belong to mycorrhiza-formers (42.7%), most of them enter into symbiosis with the roots of *Pinus sylvestris* and *Quercus robur*.

Keywords: agaricoid basidiomycetes, mycobiota, protected area, Belovezhskaya Pushcha, species composition, taxonomy.

Введение

Изучение разнообразия грибов является основой для выявления основных тенденций и закономерностей изменения микобиоты под влиянием климатических условий. Видовой состав агарикоидных базидиомицетов заповедных территорий может дать репрезентативную картину трансформаций, происходящих в растительных сообществах под действием внутренних и внешних факторов, таких как изменение температуры и влажности воздуха и почвы, продолжительность залегания устойчивого снежного покрова и т.д.

Примером такой заповедной территории может служить Национальный парк «Беловежская пуща», являющийся уникальным комплексом фитоценозов равнинной части европейского континента с отдельными фрагментами естественного старовозрастного реликтового лесного массива. Эта территория является охраняемой с 1409 г., и концепция сохранения и поддержания естественной структуры дикой природы актуальна и в настоящее время.

Агарикоидную микобиоту белорусской части Беловежской пущи изучали такие ученые, как Блоньски Ф. [1, 2], Дорогин Г. Н. (1910 г.), Штайнеке Д. (1918 г.), Щемазко В. (1923 г., 1925 г.) [3], Комарова Э. П., Сержанина Г. И. [4, 5] и др.

Исследования видового разнообразия агарикоидных грибов были сосредоточены в основном в лесных массивах, относящихся к центральной части Беловежской пущи, в том числе и лесных массивах Королево-Мостовского лесничества [5].

Вплоть до первой половины XIX в. Королево-Мостовское лесничество являлось урочищем. В 1846 г. административная структура пущи была изменена – ее территория была разделена на 5 лесничеств, одним из которых стало урочище Королев Мост, теперь называвшееся 5-е Пружанское лесничество. В конце 1880 – начале 1890-х гг. административная структура была вновь изменена, и теперь Королево-Мостовское лесничество вместе с Столповиским лесничеством входили в состав 3 южного округа [6].

К 1941 г. территория пущи была поделена на 16 лесничеств, среди которых впервые было выделено отдельной структурой Королево-Мостовское лесничество, сохранившееся и после изменения государственной границы между СССР и Польшей 28 июля 1944 г. Фактически эта дата стала датой возобновления деятельности Белорусского государственного заповедника «Беловежская пуща».

Начиная с того времени административная структура пущи значительно не менялась, как не изменялось и положение Королево-Мостовского лесничества. Сегодня это территория с высоким фитоценотическим разнообразием, на которой наиболее часто встречаются сосняки и ольшаники.

Целью работы являлось проведение таксономического анализа основных эколого-трофических групп агарикоидных базидиомицетов, произрастающих на территории Королево-Мостовского лесничества Национального парка «Беловежская пуща».

Материалы и методы исследования

Гербарные образцы и сборы агарикоидных базидиомицетов, собранные на территории Королево-Мостовского лесничества (рис. 1) в период с 1954 по 2022 гг. Определение таксономического состава было проведено на основе общепринятых сравнительно-анатомических и морфологических методик [7–14] при помощи микроскопирования [13], латинские названия видов приведены в соответствии с международной научной базой Index Fungorum с использованием корректных либо допустимых синонимичных названий.

В ходе микологического исследования была изучена микобиота лесных фитоценозов разных формаций на территории Королево-Мостовского лесничества. Детальный перечень фитоценозов приведен в табл. 1.

Результаты и обсуждение

Согласно гербарным образцам, собранным в период с 1950г. по 2022г., на территории Королево-Мостовского лесничества Национального парка «Беловежская пуща» было выявлено 96 видов, включающих 2 разновидности агарикоидных базидиомицетов. Список макромицетов и соответству-ющих им фитоценозов приведен в табл. 2. Количество видов агарикоидных грибов, собранных на территории хвойных и лиственных лесов Королево-Мостовского лесничества Беловежской пущи, практически одинаково – 70 и 68 видов; 13 видов встречаются как в хвойных, так и в лиственных лесах. Количество видов агарикоидных базидиомицетов в различных типах фитоценозов отмечено на рис. 2.

Наибольшее число агарикоидных базидиомицетов отмечено в сосняке чернично-мшистом (54,6% от общего числа видов), что может объясняться привязкой большого числа видов шляпочных макромицетов к главному консорту данного фитоценоза – сосне.

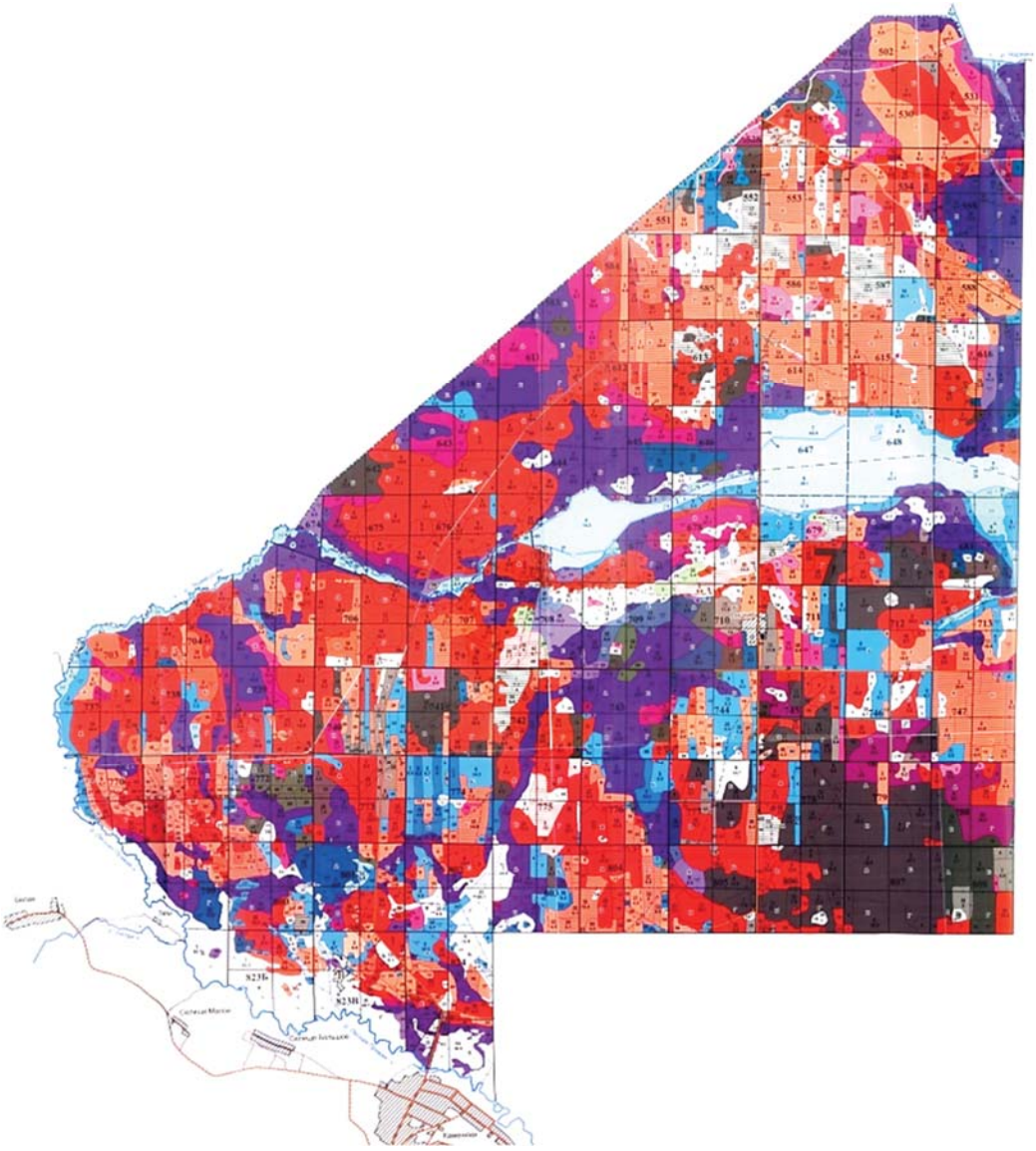


Рис. 1. Карта лесонасаждений Королево-Мостовского лесничества

Fig. 1. Map of forest plantations of the Korolevo-Mostovsky forestry

Таблица 1. Перечень пунктов микологического обследования

Table 1. List of items for mycological examination

№	Тип фитоценоза Type of phytocenosis
1	Грабняк кисличный
2	Грабняк разнотравный
3	Дубрава грабово-кисличная
4	Дубрава кисличная
5	Дубрава разнотравная
6	Дубрава черничная
7	Ельник кисличный
8	Ельник мшистый
9	Ельник ольхово-кисличный
10	Ельник чернично-мшистый
11	Ольшаник орляковый
12	Ольшаник разнотравный
13	Сосняк мшистый
14	Сосняк чернично-мшистый

Таблица 2. Перечень агарикоидных базидиомицетов с привязкой к фитоценозам

Table 2. List of agaricoid basidiomycetes with reference to phytocenoses

№	Вид / Species	Фитоценоз / Phytocenosis
1	*Amanita citrina* Pers.	Дубрава грабово-кисличная Дубрава кисличная Сосняк чернично-мшистый
2	*Amanita gemmata* (Fr.) Bert.	Ельник чернично-мшистый
3	*Amanita muscaria* (L.) Lam.	Дубрава кисличная Дубрава разнотравная Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
4	*Boletus betulicola* (Vassilkov) Pilát & Dermek	Сосняк мшистый
5	*Boletus edulis* Bull.	Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
6	*Calvatia excipuliformis* (Scop.: Pers.) Perdeck	Дубрава разнотравная
7	*Cantharellus cibarius* Fr.	Дубрава кисличная Ельник кисличный
8	*Clitocybe gibba* (Pers.: Fr) P. Kumm.	Дубрава грабово-кисличная Ольшаник разнотравный
9	*Clitocybe nebularis* (Batsch) P. Kumm.	Грабняк кисличный Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
10	*Clitocybe odora* (Bull.) P. Kumm.	Дубрава грабово-кисличная
11	*Collybia butyracea* (Bull.) P. Kumm.	Дубрава грабово-кисличная Сосняк чернично-мшистый
12	*Collybia cirrhata* (Schumach.) Quél.	Ольшаник орляковый Сосняк чернично-мшистый
13	*Collybia confluens* (Pers.) P. Kumm.	Грабняк кисличный Дубрава грабово-кисличная
14	*Collybia distorta* (Fr.) Quél.	Ольшаник орляковый Сосняк чернично-мшистый
15	*Collybia dryophila* (Bull. : Fr.) Kummer	Дубрава грабово-кисличная Сосняк мшистый
16	*Collybia maculata* (Alb. & Schwein.: Fr.) P. Kumm.	Сосняк чернично-мшистый
17	*Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson	Дубрава грабово-кисличная
18	*Cortinarius camphoratus* (Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
19	*Cortinarius cinnamomeus* (L.: Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
20	*Cortinarius gentilis* (Fr.) Fr.	Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
21	*Cortinarius infractus* (Pers.: Fr.) Fr.	Дубрава разнотравная
22	*Cortinarius mucosus* (Bull.: Fr.) Kickx	Сосняк чернично-мшистый
23	*Cortinarius nemorensis* (Fr.) J. Lange	Дубрава грабово-кисличная Дубрава кисличная
24	*Cortinarius semisanguineus* (Fr.) Gill.	Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
25	*Cortinarius trivialis* J. Lange	Сосняк чернично-мшистый
26	*Cortinarius violaceus* (L.: Fr.) S.F. Gray	Сосняк чернично-мшистый
27	*Cyathus striatus* (Huds.) Willd.	Дубрава кисличная Ольшаник разнотравный Сосняк чернично-мшистый
28	*Entoloma clypeatum* (L.: Fr.) P. Kumm.	Дубрава черничная
29	*Entoloma prunuloides* (Fr. : Fr.) Quél.	Сосняк чернично-мшистый
30	*Entoloma sericeum* (Bull.) Quél.	Дубрава грабово-кисличная
31	*Entoloma sphagnorum* (Romagn. & J. Favre) Noordel.	Сосняк чернично-мшистый
32	*Galerina hypnorum* (Schrank) Kühner	Ольшаник разнотравный
33	*Galerina marginata* (Batsch) Kühner	Сосняк чернично-мшистый
34	*Galerina triscopa* (Fr.) Kühner	Сосняк чернично-мшистый
35	*Geastrum quadrifidum* DC.	Ольшаник разнотравный
36	*Gomphidius glutinosus* (Schaeff.) Fr.	Сосняк мшистый
37	*Hebeloma pusillum* Lange	Ольшаник разнотравный

№	Вид / Species	Фитоценоз / Phytocenosis
38	*Hydropus paradoxus* M.M. Moser	Дубрава кисличная
39	*Hygrophorus agathosmus* (Fr.) Fr.	Ельник мшистый Сосняк чернично-мшистый
40	*Hypholoma lateritium* (Schaeff.) P. Kumm.	Сосняк мшистый
41	*Inocybe asterospora* Quél.	Дубрава грабово-кисличная
42	*Inocybe corydalina* Quél.	Сосняк мшистый
43	*Inocybe decipiens* Bres.	Ольшаник разнотравный
44	*Inocybe godeyi* Gill.	Дубрава грабово-кисличная
45	*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer & A.H. Sm.	Дубрава грабово-кисличная
46	*Lactarius musteus* Fr.	Сосняк мшистый
47	*Lactarius necator* (Bull.) Pers.	Ельник мшистый Сосняк мшистый
48	*Lactarius quietus* (Fr.) Fr.	Дубрава черничная
49	*Lactarius resimus* (Fr.) Fr.	Сосняк мшистый Сосняк чернично-мшистый
50	*Lactarius rufus* (Scop.) Fr.	Дубрава грабово-кисличная
51	*Lactarius trivialis* (Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
52	*Lepiota erminea* (Fr.) P. Kumm.	Дубрава черничная
53	*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke	Дубрава кисличная Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
54	*Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon	Ельник ольхово-кисличный
55	*Lycoperdon perlatum* (Pers.) Pers.	Дубрава разнотравная Дубрава кисличная Ельник чернично-мшистый Ольшаник разнотравный Сосняк мшистый Сосняк чернично-мшистый
56	*Lycoperdon pyriforme* (Pers.) Schaeff.	Дубрава разнотравная Дубрава кисличная Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
57	*Macrolepiota procera* (Scop.) Singer	Дубрава разнотравная Дубрава кисличная
58	*Marasmius epiphylloides* (Rea) Sacc. & Trotter	Дубрава грабово-кисличная
59	*Marasmius oreades* (Bolton: Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
60	*Marasmius scorodonius* (Fr.:Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
61	*Mycena alcalina* (Fr.) P. Kumm	Ельник чернично-мшистый
62	*Mycena clavicularis* (Fr.: Fr.) Gillet	Сосняк чернично-мшистый
63	*Mycena epipterygia* var. *epipterygia* (Scop.) Gray	Сосняк чернично-мшистый
64	*Mycena galericulata* (Scop. : Fr.) Gray	Сосняк чернично-мшистый
65	*Mycena galopus* var. *nigra* Rea	Дубрава грабово-кисличная Сосняк чернично-мшистый
66	*Mycena rosella* (Fr.: Fr.) P. Kumm.	Ельник чернично-мшистый Сосняк чернично-мшистый
67	*Mycena strobilicola* J. Favre & Kühner	Сосняк мшистый
68	*Naucoria escharioides* (Fr.: Fr.) P. Kumm.	Сосняк мшистый
69	*Naucoria scolecina* (Fr.) Quel.	Ольшаник разнотравный
70	*Naucoria spadicea* Reid	Ольшаник разнотравный
71	*Omphalina ericetorum* (Fr.) M. Lange	Сосняк мшистый
72	*Panellus serotinus* (Schrad.) Kühner	Дубрава разнотравная
73	*Panellus stipticus* (Bull.: Fr.) P. Karst.	Дубрава разнотравная
74	*Paxillus rubicundulus* P.D. Orton	Ольшаник разнотравный Сосняк мшистый
75	*Pholiota decussata* (Fr.) M.M. Moser	Ольшаник разнотравный
76	*Pholiota flammans* (Batsch) P. Kumm.	Ельник кисличный
77	*Pholiota squarrosa* (Vahl) P. Kumm.	Дубрава разнотравная
78	*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.	Дубрава грабово-кисличная Дубрава разнотравная Ольшаник разнотравный

№	Вид / Species	Фитоценоз / Phytocenosis
79	*Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm.	Грабняк разнотравный
80	*Psathyrella corrugis* (Pers.: Fr.) Konrad & Maubl.	Дубрава разнотравная
81	*Psathyrella microrhiza* (Lasch) Konrad & Maubl.	Дубрава грабово-кисличная
82	*Psilocybe coprophila* (Bull.: Fr.) P. Kumm.	Сосняк чернично-мшистый
83	*Russula claroflava* Grove	Ольшаник разнотравный
84	*Russula consobrina* (Fr.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
85	*Russula cyanoxantha* (Schaeff.) Fr.	Сосняк чернично-мшистый
86	*Russula elaeodes* (Bres.) Romagn. ex Bon	Дубрава черничная
87	*Russula nigricans* (Bull.) Fr.	Дубрава грабово-кисличная Сосняк чернично-мшистый
88	*Russula ochroleuca* Fr.	Ольшаник разнотравный
89	*Russula sanguinaria* (Schumach.) Rauschert.	Дубрава кисличная
90	*Scleroderma citrinum* (Pers.) Pers.	Дубрава кисличная Дубрава разнотравная Дубрава черничная Сосняк мшистый
91	*Stropharia hornemannii* (Fr.: Fr.) S. Lundell	Ольшаник разнотравный
92	*Tapinella atrotomentosa* (Batsch) Šutara	Ельник кисличный
93	*Tricholoma portentosum* (Fr.) Quél.	Дубрава черничная
94	*Tubaria conspersa* (Pers.: Fr.) Fayod	Сосняк мшистый
95	*Tylopilus felleus* (Bull.) P. Karst.	Сосняк мшистый
96	*Xeromphalina campanella* (Batsch) Kühner & Maire	Грабняк разнотравный

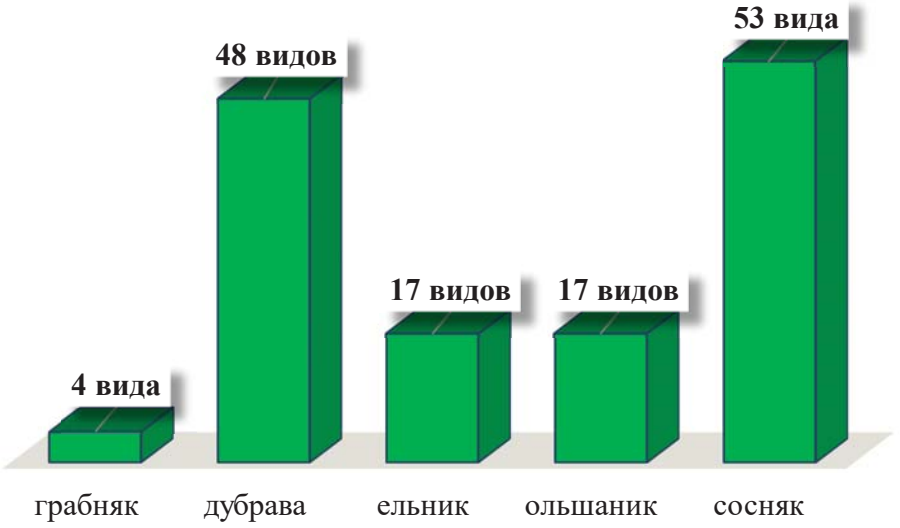


Рис. 2. Количество видов базидиальных шляпочных грибов, найденных в лесах различных формаций Королево-Мостовского лесничества

Fig. 2. The number of species of basidio pileate fungi found in the forests of various formations of the Korolevo-Mostovsky forestry

Проведенный таксономический анализ показал, что наибольшим количеством видов были представлены следующие роды: *Cortinarius* (9 видов), *Mycena* (7 видов), *Russula* (7 видов), *Collybia* (6 видов) и *Lactarius* (6 видов), которые являются широко распространенными и часто встречающимися в лесных фитоценозах Беларуси.

Для научно обоснованного выделения редких видов базидиальных макромицетов необходимы сведения о степени их распространения и численности популяций, а также тенденции их изменения. Данные показатели можно получить из сведений об инвентаризации видового состава исследуемой территории, сопоставляя списки базидиальных макромицетов, полученные в разные периоды времени. Появляющиеся данные о новых местах произрастания редких видов, а также выявление новых видов базидиальных грибов на

исследуемой территории, могут повлиять на статус редкости, изменяя категорию природоохранной значимости как в высшую, так и в низшую стороны. Таким образом, ведение списков микобиоты помогает в решении задач о присвоении видам природоохранного статуса, его изменении или вынесении из списка в число обычных для исследуемой территории видов.

В распределении редких и очень редких видов агарикоидных базидиомицетов по фитоценозам сохраняется тенденция, характерная для типичных видов. Число редких видов, найденных в хвойных и лиственных лесах, одинаково (сосняки – 8 видов, ельники – 3 вида, дубравы – 5 видов, ольшаники – 6 видов). Данная закономерность сохраняется и для очень редких видов – 3 найдены в хвойных лесах (сосняк чернично мшистый – 2, ельник ольхово-кисличный – 1) и 3 в лиственных (дубрава грабово-кисличная – 1, ольшаник разнотравный – 2).

Для территории Королево-Мостовского лесничества было выявлено 13 видов редких агарикоидных базидиомицетов: *Amanita gemmata* (Fr.) Bert., *Collybia cirrhata* (Schumach.) Quél., *Cortinarius camphoratus* (Fr.) Fr., *Cortinarius nemorensis* (Fr.) J. Lange, *Hydropus paradoxus* M.M. Moser, *Lepiota erminea* (Fr.) P. Kumm., *Mycena rosella* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *Naucoria escharioides* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *Naucoria scolecina* (Fr.) Quel., *Omphalina ericetorum* (Fr.) M. Lange, *Pholiota decussata* (Fr.) M.M. Moser, *Psilocybe coprophila* (Bull.: Fr.) P. Kumm., *Stropharia hornemannii* (Fr.: Fr.) S. Lundell.

Доля очень редких видов, представленных единичными находками, составила 5,2% (5 видов) от общего количества видов. К ним относятся следующие агарикоидные базидиомицеты: *Cortinarius violaceus* (L.: Fr.) S.F. Gray, *Inocybe decipiens* Bres., *Inocybe godeyi* Gill., *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon, *Paxillus rubicundulus* P.D. Orton. Вид *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon занесен в Красную книгу Беларуси и имеет II категорию охраны, к которой относятся таксоны, в настоящее время не находящиеся под прямой угрозой исчезновения на территории страны, но имеющие неблагоприятный международный или европейский статус, низкую численность, а также тенденцию к неуклонному сокращению численности и/или ареала.

Основная часть базидиальных макромицетов (78 видов, 2 разновидности) относится к категории обычных и широко распространенных, не только на территории Королево-Мостовского лесничества, но и всего Национального парка «Беловежская пуща». Доля обычных, редких и очень редких видов указана на рис. 3.

Большая вариативность условий произрастания и трофических связей грибов приводят к образованию эколого-трофических групп, которые не связаны с систематическим положением входящих в них видов. Принято выделять 3 основные эколого-трофические группы – микоризообразующие грибы, сапротрофные грибы и паразитические грибы – внутри которых происходит более дробное разделение, обусловленное, к примеру, типом образуемой микоризы или приуроченностью к определенному субстрату.

Макромицеты, образующие микоризу с корнями высших растений, составляют порядка 40% от общего количества известных видов базидиальных шляпочных грибов. Образование микоризы значительно увеличивает выживаемость как растительного, так и грибного компонента симбиоза [15].

Видовой состав микоризообразующих грибов Королево-Мостовского лесничества представлен 41 видом агарикоидных базидиомицетов (42,7% от общего числа найденных видов) из родов *Amanita* (3), *Boletus* (2), *Cantharellus* (1), *Cortinarius* (9), *Gomphidius* (1), *Hebeloma* (1), *Hygrophorus* (1), *Inocybe* (4), *Lactarius* (6), *Naucoria* (3), *Paxillus* (1), *Russula* (7), *Tricholoma* (1), *Tylopilus* (1). Они привязаны как к исключительно хвойным или лиственным типам древесных растений, так и обоим типам одновременно: 10 видов шляпочных грибов вступали в симбиоз с хвойными деревьями, 20 – с лиственными, 11 – с обоими типами.

Наиболее распространенными видами древесных растений для микоризообразования были *Pinus sylvestris* и *Quercus robur.* (20 видов для каждого), единичные виды образовывали микоризу с *Corylus avellana* (рис. 4).

К редким видам-микоризообразователям относятся: *Amanita gemmata* (Fr.) Bert., *Cortinarius camphoratus* (Fr.) Fr., *Cortinarius nemorensis* (Fr.) J. Lange, *Naucoria scolecina* (Fr.) Quel., *Naucoria spadicea* Reid.

К очень редким видам-микоризообразователям относятся: *Cortinarius violaceus* (L.: Fr.) S.F. Gray, *Inocybe decipiens* Bres., *Inocybe godeyi* Gill., *Paxillus rubicundulus* P.D. Orton.

Грибы-сапротрофы используют мертвое органическое вещество, к каждому типу которого у них сформирован специфический набор ферментов. Выделяют 8 разновидностей сапротрофных грибов: гумусовые сапротрофы (Hu), подстилочные сапротрофы (St), ксилотрофы (Le), микотрофы (Mm), копротрофы (E), карботрофы (C), бриотрофы (M).

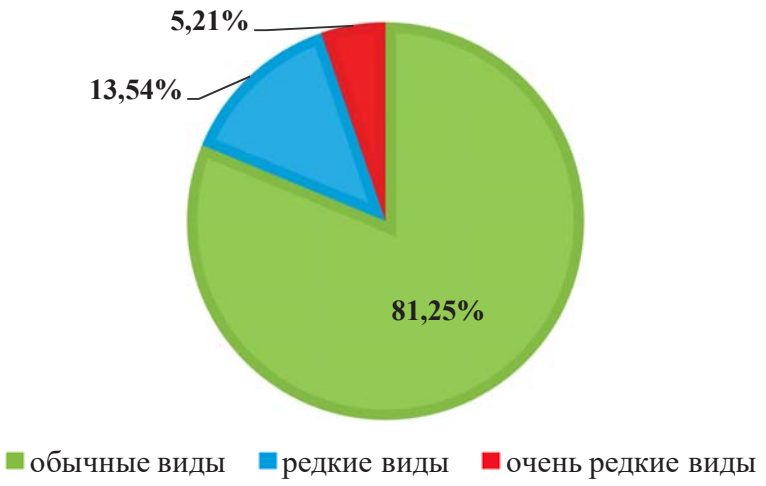


Рис. 3. Доля обычных, редких и очень редких видов агарикоидных базидиомицетов Королево-Мостовского лесничества Беловежской пущи

Fig. 3. The proportion of common, rare and very rare species of agaricoid basidiomycetes of the Korolevo-Mostovsky forestry of Belovezhskaya Pushcha

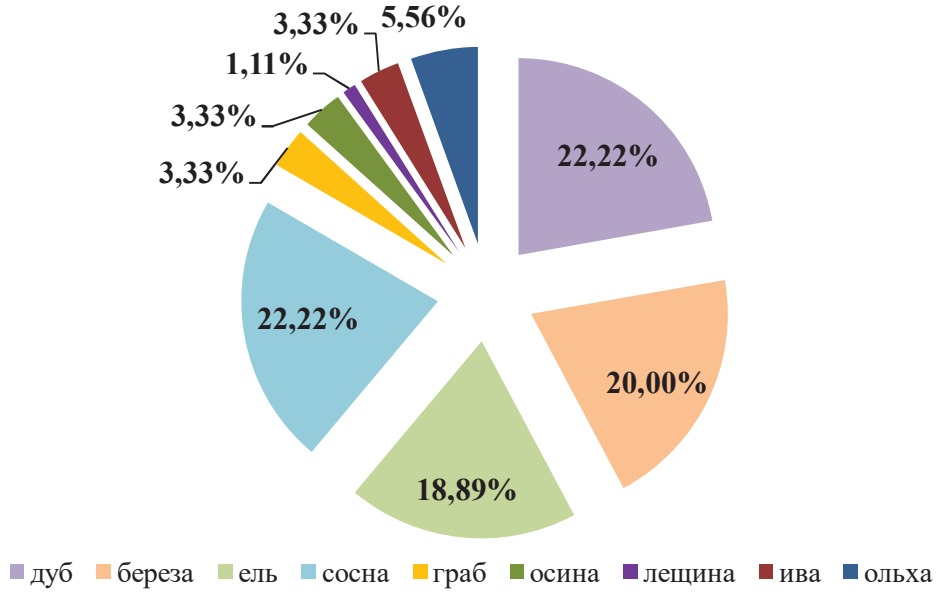


Рис. 4. Соотношение видов базидиомицетов, образующих микоризу с определенными родами древесных растений в фитоценозах Королево-Мостовского лесничества

Fig. 4. Ratio of basidiomycete species that form mycorrhiza with certain genera of woody plants in phytocenoses of the Korolevo-Mostovsky forestry

Гумусовые сапротрофы используют в качестве субстрата для своей жизнедеятельности гумусовый слой почвы, не образуя симбиоза с корнями высших растений. Среди найденных агарикоидных базидиомицетов число гумусовых сапротрофов равно 16 видам из родов *Calvatia* (1), *Entoloma* (2), *Geastrum* (1), *Hydropus* (1), *Lepiota* (1), *Lepista* (1), *Leucoagaricus* (1), *Lycoperdon* (2), *Macrolepiota* (1), *Marasmius* (1), *Mycena* (2), *Omphalina* (1), *Scleroderma* (1).

К редким видам гумусовых сапротрофов относятся: *Hydropus paradoxus* M.M. Moser, *Lepiota erminea* (Fr.) P. Kumm., *Mycena rosella* (Fr.: Fr.) P. Kumm., *Omphalina ericetorum* (Fr.) M. Lange; к очень редким – *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon.

Подстилочные сапротрофы используют в качестве субстрата, в котором сосредоточен их мицелий, лесную подстилку. На территории Королево-Мостовского лесничества представлены 17

видами базидиальных грибов из родов *Clitocybe* (3), *Collybia* (6), *Entoloma* (2), *Lepista* (1), *Marasmius* (1), *Mycena* (3), *Psathyrella* (1).

К редким видам подстилочных сапротрофов относится *Collybia cirrhata* (Schumach.) Quél.

Ксилотрофы используют в качестве субстрата древесину, растут на корнях и стволах живых и мертвых деревьев, пнях, кусочках древесины и т.д. Они обладают одним из самых развитых среди базидиальных грибов ферментативным аппаратом. Представители этой группы на территории Королево-Мостовского лесничества насчитывают 27 видов шляпочных грибов из родов *Collybia* (2), *Coprinellus* (1), *Cyathus* (1), *Galerina* (1), *Hypholoma* (1), *Kuehnemomyces* (1), *Lycoperdon* (2), *Marasmius* (1), *Mycena* (2), *Omphalina* (1), *Panellus* (2), *Pholiota* (3), *Pleurotus* (1), *Pluteus* (1), *Psathyrella* (1), *Stropharia* (1), *Tapinella* (1), *Tubaria* (1), *Tylopilus* (1), *Xeromphalina* (1).

К редким видам ксилотрофов относятся: *Omphalina ericetorum* (Fr.) M. Lange, *Pholiota decussata* (Fr.) M.M. Moser, *Stropharia hornemannii* (Fr.: Fr.) S. Lundell.

Копротрофы и бриотрофы являются очень специализированными экологическими группами грибов и представлены небольшим числом видов агарикоидных базидиомицетов – 2 и 4 вида соответственно – из родов *Coprinellus* (1), *Entoloma* (1), *Galerina* (2), *Mycena* (1), *Psilocybe* (1).

К редким относится 1 вид копрофильных макромицетов – *Psilocybe coprophila* (Bull.: Fr.) P. Kumm.

На территории Королево-Мостовского лесничества были обнаружены и шляпочные макромицеты, являющиеся факультативными паразитами высших растений –*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer & A.H. Sm. и *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm.

Заключение

В результате проведенного анализа гербарного материала и литературных данных на территории Королево-Мостовского лесничества Национального парка «Беловежская пуща» было выявлено 96 видов и 2 разновидности базидиальных макромицетов, 13 из которых являются редкими для территории Национального парка. Один из очень редких видов внесен в Красную книгу Беларуси – *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon. (II категория охраны). Ведущими по числу видов родами являются: *Cortinarius* (9 видов), *Mycena* (7 видов), *Russula* (7 видов), *Collybia* (6 видов) и *Lactarius* (6 видов). Большая часть агарикоидных базидиомицетов представлена обычными для территории Беловежской пущи видами (81,25%), доля редких и очень редких видов составила меньше пятой части от общего числа видов (13,5% и 5,2% соответственно).

Количество видов агарикоидных базидиомицетов, собранных на территории хвойных и лиственных лесов Королево-Мостовского лесничества, оказалось практически одинаковым с незначительным доминированием доли видов в хвойных фитоценозах (70 против 68). Данная закономерность наблюдается для всех типов макромицетов: обычных, редких и очень редких.

По эколого-трофическим группам наибольшее число видов макромицетов относится к микоризообразователям (42,7%), большая часть вступает в симбиоз с корнями *Pinus sylvestris и Quercus robur.*

Литература

1. Blonski, F. Spis roslin skrytokwiatowych, zebranych w r. 1887 w puszczy Byolowieskiej / F. Blonski // Pam. Fizjograf. – 1888. – T 8, Ch. 3. – S. 75–119.

2. Blonski, F. Spis roslin zarodnikowych, zebranych lub zanotowanych w liecie wr. 1887 w puszczy Byolowieskiej, Swislockiej I Ladskiej / F. Blonski // Pam. Fizjograf. – 1889. – T. 9, Ch. 3. – S. 63–101.

3. Поликсенова, В. Д. К вопросу о микологических и фитопатологических исследованиях в Беловежской пуще / В. Д. Поликсенова, И. С. Гирилович, А. К. Храмцов // Беловежская пуща на рубеже третьего тысячелетия: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования Гос. заповедника "Беловеж. пуща", 22–24 дек. 1999 г., п. Каменюки, Брест. обл. / Упр. Делами Президента Респ. Беларусь, Гос. нац. парк "Беловеж. пуща", Белорус. гос. ун-т [и др.]; редкол.: А. И. Лучков (отв. ред) [и др.]. – Минск, 1999. – С. 70–72.

4. Сержанина, Г. И. Агариковые грибы Беловежской пущи / Г. И. Сержанина // Беловежская пуща. Исследования: [сб. науч. ст.] / Гос. заповед.-охотн. хоз-во "Беловежская пуща". – Минск, 1968. – Вып. 2 / [редкол.: В. С. Гельтман и др.]. – С. 74–84.

5. Сержанина, Г. И. Шляпочные грибы Белоруссии: Определитель и конспект флоры / Г. И. Сержанина. – Минск: Наука и техника, 1984. – 407 с.

6. Белявец, В. Г. Белавежская пушча: вытокі запаведнасціб гісторыя і сучаснасць / В. Г. Белявец [і інш.]. – Мінск: Беларуская навука, 2009. – 455 с.

7. Бурова, Л. Г. Программа и методика биогеоценотических исследований / Л. Г. Бурова, Б. А. Томилин; под ред. Н. В. Дылис. – М.: Наука, 1974. – С. 122–131.

8. Васильева, Л. Н. Проблемы изучения грибов и лишайников /Л. Н. Васильева. – Тарту: изд-во АН Эстонской ССР, 1965. – С. 5–13.

9. Шубин, В. И. Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование /В. И. Шубин. – Л.: Наука, 1990. – 197 с.

10. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 233 с.

11. Билай, В. И. Основы общей микологии / В. И. Билай. – Киев: Вища школа, 1974. – 395 с.

12. Гельтман, В. С. Гербарное дело: Справочное руководство / В. С. Гельтман; под общ. ред. Д. Бридсон и Л. Формана. – Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 290 с.

13. Роскин, Г. И. Микроскопическая техника. – М. Сов. Наука, 1967. – 447 с.

14. Orson, K. M. Gasteromycetes. Morphological and Developmental Features with Keys to the Orders Families and Genera / K. M. Orson, H. M. Miller. – CA: Mad River Press, 1988. – 157 p.

15. Trappe, J. M. Fungus associated of ectotrophic mycorrhizae/ J. M. Trappe. – Botanical review. – 1962. – Vol. 28, № 4. – P. 538–606.

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

УДК 582. 282 (476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА[1], В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ[2], Т. Г. ШАБАШОВА[1], А. Г. ПИНЧУК[2]

ИНВАЗИВНЫЕ И КАРАНТИННЫЕ ДЕНДРОПАТОГЕНЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

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

[2]Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, e-mail: zviagintsev@belstu.by

Аннотация. В результате проведённых исследований было выявлено 73 вида инвазивных микромицетов. Установлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов: *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *Hymenoscyphus fraxineus*), *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter, *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Bar, *Phytophthora alni* Brasier & S. A. Kirk.

Ключевые слова: инвазивные виды, карантинный перечень, дендропатогены, микромицеты.

D. B. BELOMESYATSEVA[1], V. B. ZVYAGINTSEV[2], T. G. SHABASHOVA[1], A. G. PINCHUK[2]

INVASIVE AND QUARANTINE DENDROPATOGENES ON THE TERRITORY OF THE BELARUSIAN POLESIE

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

[2]Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, e-mail: zviaintsev@belstu.by

Annotation. As a result of the research, 73 species of invasive micromycetes were identified, and it was also found that 6 species of dendropatogens included in the regional lists of quarantine objects are distributed to varying degrees on the territory of the broadleaf-pine forest subzone of Belarus: *Chalara fraxinea* T. Kowalski (syn. *Hymenoscyphus fraxineus*), *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, bacterium *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter, *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Bar, *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk.

Keywords: invasive species, quarantine list, dendropathogens, micromycetes.

Введение

Современные экологические вызовы делают актуальной научной и практической задачей ревизию необиоты и углубленное изучение ее роли в популяциях фитопатогенных организмов, а также оценку экологической опасности распространения видов за пределами естественных ареалов, которая основывается на изучении закономерностей их развития. Патогенные инвайдеры всегда представляют особую опасность, т.к. болезни растений, вызываемые ими, как правило, трудно предсказуемы и не редко принимают форму эпифитотий. Поэтому в настоящее время именно инвазивные болезни служат главным предметом внимания фитопатологов.

Лесное хозяйство Беларуси все чаще сталкивается с новыми вредоносными патологиями древесных растений, вызываемыми видами, ранее не встречающимися в республике (суховершинность ясеня, дотистромоз сосны, ржавчина и фитофтороз ольхи и др.). Наметилась тенденция усиления вредоносности некоторых видов возбудителей болезней, ранее встречавшихся единично и не причинявших хозяйственно ощутимого вреда [1–3].

Сложившаяся ситуация требует постоянного мониторинга и углубленного изучения инвазивных видов дендропатогенных организмов и путей их проникновения в биогеоценозы. Динамика появления новых для лесов республики болезней и изменений в развитии популяций вредоносных организмов вызывает необходимость постоянного научного сопровождения хозяй-

ственной де-ятельности с целью разработки и внедрения эффективных методов и средств защиты древесных насаждений в лесных и парковых посадках.

Целью данной работы является выявление видового состава и закономерностей развития популяций чужеродных фитопатогенных организмов в условиях неоареалов на территории Белорусского Полесья как одной из зон наиболее подверженных миграции видов, вызванных подъемом среднегодовых температур.

В результате проведенных исследований составлен предварительный список инвазивных фитопатогенов, выявленных в юго-западной части Беларуси и в том числе входящих в перечни карантинных объектов Евразийского экономического союза, Европейского союза и территориально близких к Беларуси стран.

Материалы (объекты) и методы исследования

Объектами исследования являются микромицеты, развивающиеся на древесных породах в Брестской области Беларуси. Сбор гербарных образцов проводился в 2019–2022 гг. в Бугско-Полесском и Неманско-Предполесском геоботанических округах, в т.ч. на территории национального парка «Беловежская пуща» (в Каменецком и Пружанском районах), на территории Республиканского ландшафтного заказника «Прибужское Полесье» (в Малоритском районе), материал собирался в дендропарках, лесных и парковых насаждениях Брестского, Березовского, Барановичского, Пинского и Столинского районов Брестской области, а также Петриковского и Светлогорского районов Гомельской области. В качестве субстрата выступали древесные и кустарниковые породы, относящиеся к 38 родам, наиболее часто культивируемым на данной территории. Микофлористические обследования проводились выборочными методами. Материал гербаризировался по стандартным методикам [4].

Диагностика проводилась по анатомо-морфологическим и культуральным признакам методом световой микроскопии. Дополнительное молекулярно-генетическое исследование гербарного материала осуществлялось на базе Лаборатории нехромосомной наследственности Института генетики и цитологии НАН Беларуси, а также в Белорусском государственном технологическом университете (БГТУ) по ПЦР-методу в соответствии с рекомендациями В. Е. Падутова, О. Ю. Баранова и Е. В. Воропаева [5]. Собранные образцы грибов находятся на хранении в микологическом гербарии MSK-F Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси и в коллекции кафедры лесозащиты и древесиноведения БГТУ.

Результаты и их обсуждение

В результате мониторинга распространения инвазивных видов фитопатогенов было выявлено, что каждый год на территории республики учеными фиксируется в среднем один новый дендропатогенный организм. Причем отмечен тренд увеличения частоты их выявления на рубеже 20 и 21 вв. (рис. 1).

Проникновение патогенов на фоне снижения устойчивости лесных сообществ развивается в массовые патологии леса. Масштабы потери биологической устойчивости древостоев в лесах Беларуси можно оценить по площади погибших насаждений (рис. 2).

Можно констатировать, что в последние десятилетия развиваются самые массовые усыхания лесных древостоев за всю историю лесоводственных наблюдений на территории Беларуси. При этом гибель лесов стала перманентным явлением, в котором сочетания различных неблагоприятных стресс-факторов меняют только объёмы усыхания лесов той либо иной формации.

С целью привлечения к мониторингу карантинных объектов Полесского региона работников лесохозяйственных учреждений, студентов-практикантов, специалистов ГУ «Беллесозащита» и инженеров лесопатологической партии РУП «Белгослес» авторами работы был составлен Полевой атлас карантинных видов возбудителей болезней и вредителей, опасных для лесного хозяйства Беларуси. Данное пособие позволяет проводить предварительную идентификацию инвазивных дендропатогенов на основе важнейших симптомов и признаков вызываемых ими болезней.

На настоящий момент ревизия видового состава микобиоты древесных пород позволила установить, что на территории лесного фонда в Беларуси на аборигенных хвойных породах развивается 12 инвазивных видов фитопатогенных организмов, на лиственных породах – 13 видов, а на декоративных растениях-интродуцентах – 54 вида.

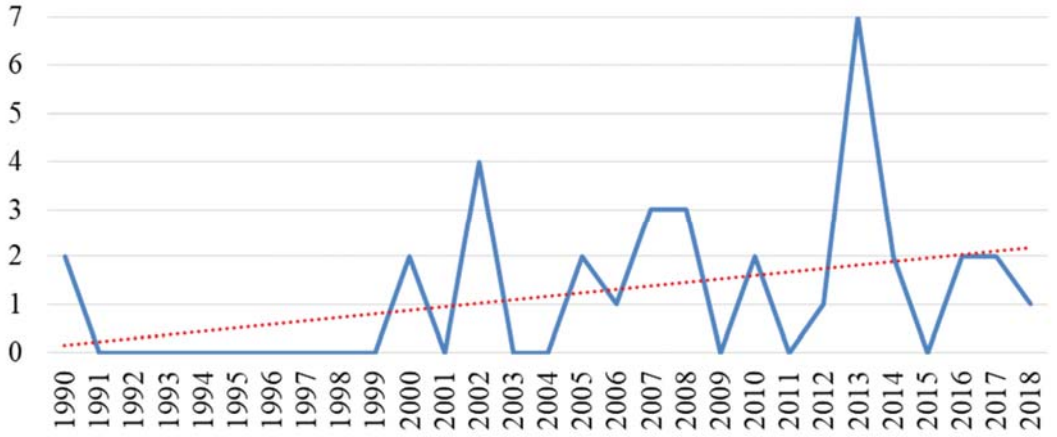


Рис. 1. Динамика количества инвазивных видов по годам проникновения на территорию Беларуси за 1990–2018 гг. [6]

Fig. 1. Dynamics of the number of invasive species by years of penetration into the territory of Belarus for 1990–2018

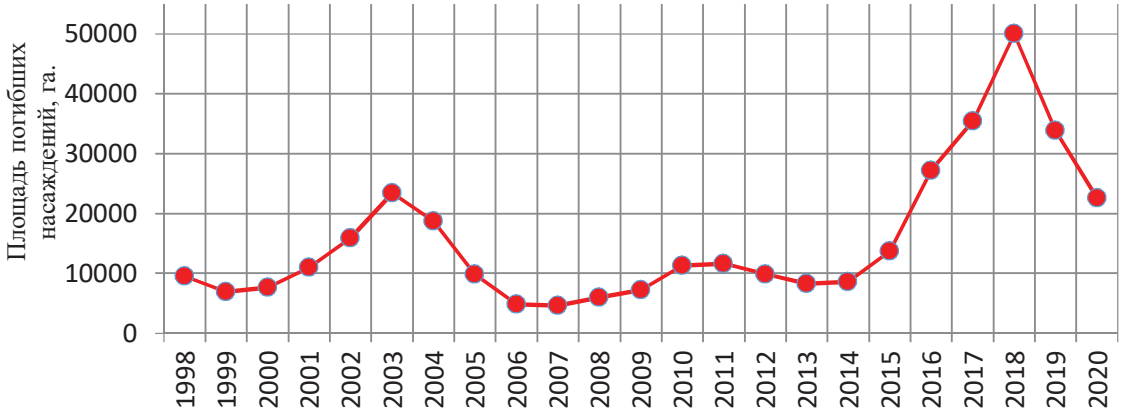


Рис. 2. Динамика площади погибших лесных насаждений в Республике Беларусь за 1998–2020 гг. [6]

Fig. 2. Dynamics of the area of dead forest plantations in the Republic of Belarus for 1998–2020 [6]

Наибольшая частота встречаемости на хвойных породах отмечена у следующих видов фитопатогенных организмов с подтвержденным или обсуждаемым инвазивным статусом:

Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983);

Dothistroma septosporum (Dorog.) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968);

Gymnosporangium sabinae (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884);

Gymnosporangium tremelloides R. Hartig, Lehrb. Baumkrankh.: 55 (1882);

Lophodermium conigenum (Brunaud) Hilitzer, Věd. Spisy čsl. Akad. zeměd. 3: 76 (1929);

Ophiostoma polonicum Siemaszko, Planta Pol. 7(3): 33 (1939);

Passalora juniperina (Georgescu & Badea) H. Solheim, Agarica 33: 78 (2013);

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949);

Rhizosphaera kalkhoffii Bubák, Ber. dt. bot. Ges. 32: 190 (1914);

Sphaeropsis sapinea (Fr. ex. Fr.) Dyko et Sutto (инвазивный статус уточняется);

Stigmina deflectens (P. Karst.) M. B. Ellis, Mycol. Pap. 72: 63 (1959);

Coleosporium complex (видовой и инвазивный статус уточняется);

Phoma complex (видовой и инвазивный статус уточняется).

На лиственных породах встречаются следующие виды инвазивных дендропатогенных организмов:

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);

Erysiphe alphitoides (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 5 (2000);

*Erysiphe flexuosa (*Peck) U. Braun & S. Takam., Schlechtendalia 4: 19 (2000);

Cytospora chrysosperma (Pers.) Fr., Sylv. mycol. berol. (Berlin): 28 (1818);

Gymnosporangium sabinae (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884);

Melampsoridium betulinum (Pers.) Kleb., Z. PflKrankh. PflPath. PflSchutz 9: 21 (1899);

Melampsoridium hiratsukanum S. Ito ex Hirats. f., J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo 21: 10 (1927);

Neofabraea alba (E.J. Guthrie) Verkley, Stud. Mycol. 44: 125 (1999);

Ophiostoma ulmi (Buisman) Nannf., in Melin & Nannfeldt, Svensk Skogsvårdsförening Tidskr. 3–4: 408 (1934);

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949);

Phyllosticta paviae Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 8: 32 (1847);

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) впервые выявлен на двух видах ольхи – *Alnus glutinosa* и *A. incana* [7]. Патоген обнаружен в северной и южной геоботанических подзонах страны на территории Витебской, Минской и Брестской областей, что подтверждается методом молекулярно-генетического анализа.

Ревизия видового состава микобиоты в дендропарках и дендрариях Министерства лесного хозяйства Беларуси, проведенная совместно с ГУ «Беллесозащита» показала, что имеются очаги развития более 50 инвазивных фитопатогенных организмов. Далее приводится 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.

Наиболее часто встречающимся на нашей территории инвазивным видом оказался *Hymenoscyphus fraxineus,* поражающий ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*). Впервые его анаморфа *Ch. fraxinea* была выделена из пораженных деревьев ясеня в Польше в 2006 г. В Республике Беларусь данный вид был впервые выявлен в ясеневых насаждениях в 2010 г. [8].

На примере *H. fraxineus* можно рассмотреть пути распространения инвазивных видов на территорию Беларуси. Наиболее обоснованной является теория, показывающая занос агрессивной формы возбудителя с посадочным материалом ясеня маньчжурского из Японии в Польшу. Дальнейшее распространение заболевания в Европе шло с территории Польши, где оно также было зафиксировано в 2006 г. К началу 2013 г. ареал охватил практически всю Европу: Австрия, Бельгия, Чехия (широко распространен), Дания, Эстония, Финляндия (ограниченно распространен), Франция (ограниченно распространен), Германия (широко распространен), Венгрия (ограниченно распространен), Италия (ограниченно распространен), Латвия, Литва, Нидерланды (ограниченно распространен), Норвегия (ограниченно распространен), Польша, Словения (ограниченно распространен), Швеция, Швейцария, Великобритания (широко распространен). Документально подтверждается, по крайней мере, один из случаев распространения халарового некроза с посадочным материалом – в 2012 г. из питомника Нидерландов заболевание было перенесено в Великобританию и Ирландию. В Англии развитие болезни приняло размер эпифитотии и поставило под угрозу само существование ясенников [2, 8].

В Беларуси патоген вызывает поражение тонких ветвей и побегов ясеня обыкновенного, вызывая суховершинность и приводя к хроническому ослаблению взрослых деревьев. На молодых растениях болезнь часто носит острый характер, являясь причиной их гибели или развития кустистой формы. В лесных питомниках республики зарегистрирована различная вредоносность суховершинности ясеня: от слабой в южной и центральной областях до сильной (распространенность 100%, степень развития свыше 75%) в западной области страны.

По официальным данным в Республике Беларусь суховершинность ясеня преподносится как второстепенный фактор усыхания ясеневых лесов, а наличие в стране карантинного возбудителя не признается специальными службами несмотря на все усилия ученых. Соответственно, лесофондодержатели не проводят мер по локализации и ликвидации очагов инвазивного патогена, которые должны реализовываться в соответствии с Законом Республики Беларусь «О карантине и защите растений».

В результате проведенных исследований установлено, что большинство инвайдеров, наиболее вероятно, проникло на территорию республики расширяя свой вторичный ареал из центров непреднамеренной интродукции в странах Европы.

Наибольшее распространение имеют виды: *Erysiphe alphitoides,* распространенный в дубравах уже с начала XX в.; *H. fraxineus*, занесенный к нам с территории Польши в начале 2000-х гг.; *Gymnosporangium sabinae,* эпифитотия которого началась примерно с 2017 г. и продолжается в настоящее время, что связано с широким внедрением посадок можжевельника казацкого.

Было выявлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов. *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *H. fraxineus*) повсеместно встречающийся на территории Полесья, является карантинными видом, внесенным в списки как отсутствующий на территории ЕАЭС, включая Беларусь, а также Армении и Казахстана.

Инвазивный вид *Dothistroma septosporum* внесен в карантинный список Украины как ограниченно распространенный вид. На территории Беларуси выявлен в виде единичных находок и, по-видимому, находится на этапе акклиматизации.

Бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. внесена в карантинный список Армении как ограниченно распространенный вид, но на территории нашей страны встречается в плодовых и декоративных садах, вызывая ожог семечковых культур.

Инвазия возбудителя ржавчины листьев груши из рода *Gymnosporangium* повсеместно выявляется на территории Беларуси и ставит под угрозу культивирование этой экономически важной сельскохозяйственной культуры.

Mycosphaerella dearnessii M.E. Bar внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении, Казахстана, России и Украины как отсутствующий вид, однако единичные находки подтверждают проникновение этого инвайдера на территорию Беларуси.

Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении и Казахстана как отсутствующий вид. На территории Белорусского Полесья выявлена единичная находка вида, которая подтверждает его инвазию.

Большинство из выявленных карантинных видов отмечены в единичных локалитетах, что говорит о сравнительно недавнем их проникно

вении и продолжающемся этапе акклиматизации. Однако *H. fraxineus,* проникший на территорию республики примерно 20 лет назад, успел пройти натурализацию и оказал разрушительное влияние на лесные и лесопарковые насаждения страны с участием ясеня обыкновенного.

С целью изучения возможности прогнозирования процессов дальнейшего распространения известных инвайдеров было проведено компьютерное моделирование пространственного распределения их ареалов с максимальной энтропией (Maxent) на основе данных о встречаемости [9]. Для анализа распределения были использованы биоклиматические переменные WorldClim с соответствующими высотными данными, а также данные о почвах и растительном покрове региона. Основным результатом работы являются карты пространственного распределения видов. Анализ степени влияния отдельных факторов на это распределение выявил наиболее важные факторы, различные для отдельных видов патогенов.

Были использованы следующие факторы: BIO1 – средняя годовая температура; tmax ju – максимальная температура июля; tmin ju – минимальная температура июля; tmax ja – максимальная температура; tmin ja – минимальная температура; BIO2 – средняя разница температур (макс. температура самого теплого месяца – мин. температура самого холодного месяца); BIO3 – годовое количество осадков; pre ju – количество осадков в июле; pre ja – количество осадков в январе; elevel – высота над уровнем моря; soil – содержание глины в почве, массовая доля в %; cover – растительный покров.

Факторы BIO1, BIO2, BIO3, elevel, tmax ju, tmin ju, tmax ja, tmin ja, pre ju, pre ja получены из данных Global Climate Data [10], факторы soil – из данных ISRIC SoilGrids [11], а cover – из данных GlobCover [12].

Результатом работы Maxent являются изображения распределения видов на заданной территории. Вероятность встречи оценивается по шкале, где 0 – минимальная степень (показана синими оттенками), а 1 – максимальная (показана красным цветом). Пример построения моделей для видов *Hymenoscyphus fraxineus*, *Phytophthora alni* и *Melampsora medusae* приведен на рис. 3.

В ходе построения моделей ареалов инвазивных карантинных видов было выявлено, что наиболее важными условиями окружающей среды для распространения видов являются осадки и максимальная температура января, однако в зависимости от величины рассматриваемой территории показатели могут изменяться.

На основе проведённых математических проверок и визуальной оценки картографического материала можно констатировать, что предлагаемый метод компьютерного моделирования имеет достаточно высокую статистическую достоверность и перспективен для решения задач в области отслеживания ареалов инвазивных фитопатогенов. Модель максимальной энтропии Maxent с используемыми предикторами может быть использована государственными структурами для конкретизации объектов фитопатологического мониторинга и карантина растений.

Заключение

В результате проведённых исследований было выявлено 73 вида инвазивных микромицетов, а также установлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов. *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *Hymenoscyphus fraxineus*) повсеместно встречающийся на территории Полесья, является карантинными видом, внесенным в списки как отсутствующий на территории ЕАЭС, включая Беларусь, а также Армении и Казахстана.

Инвазивный вид *Dothistroma septosporum* внесен в Перечень карантинных организмов ЕОКЗР как ограниченно распространенный вид. На территории Беларуси выявлен в виде единичных находок и, по-видимому, находится на этапе акклиматизации.

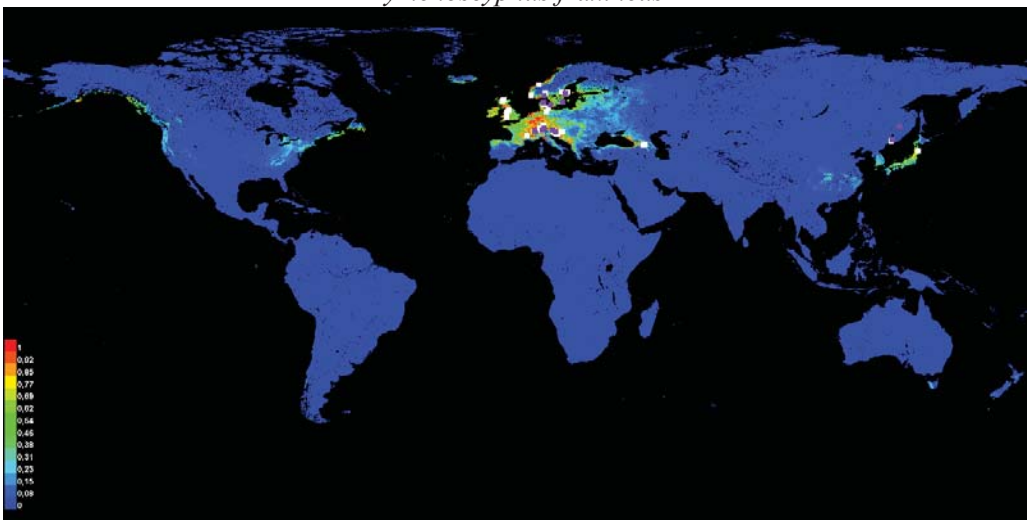
Бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. внесена в карантинный список Армении как ограниченно распространенный вид, но на территории нашей страны встречается в плодовых и декоративных садах вызывая ожог семечковых культур.

Инвазия возбудителя ржавчины листьев груши из рода *Gymnosporangium* повсеместно выявляется на территории Беларуси и ставит под угрозу культивирование этой экономически важной сельскохозяйственной культуры.

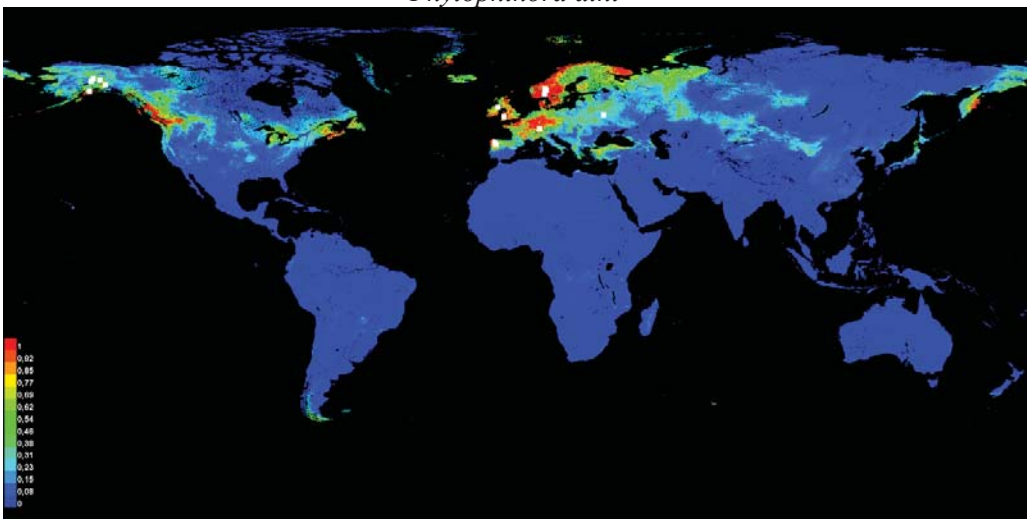
Mycosphaerella dearnessii M.E. Bar внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении, Казахстана, России и Украины как отсутствующий вид, однако единичные находки подтверждают проникновение этого инвайдера на территорию Беларуси.

Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении и Казахстана как отсутствующий вид. На территории Белорусского Полесья выявлена единичная находка вида, которая подтверждает проникновение инвазии.

Hymenoscyphus fraxineus



Phytophthora alni



Melampsora medusae

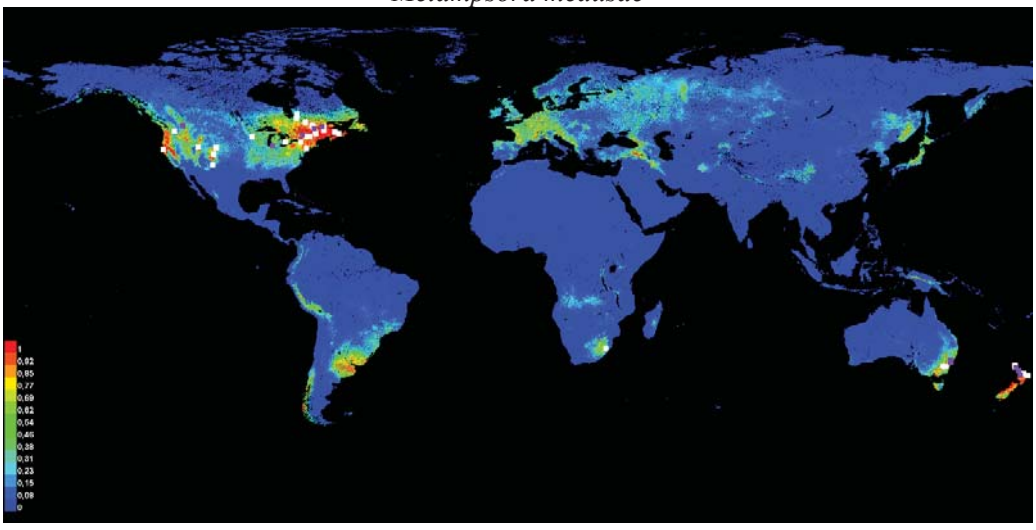


Рис. 3. Пример прогнозных моделей ареалов инвазивных фитопатогенов по данным модели максимальной энтропии Maxent

Fig. 3. An example of predictive models for the ranges of invasive plant pathogens based on data from the Maxent maximum entropy model

Большинство из выявленных карантинных видов отмечены в единичных локалитетах, что говорит о сравнительно недавнем их проникновении и продолжающемся этапе акклиматизации.

Однако *Hymenoscyphus fraxineus,* проникший на территорию республики примерно 20 лет назад, успел пройти натурализацию и оказал разрушительное воздействие на лесные и лесопарковые насаждения страны с участием ясеня обыкновенного.

Проведённые математические проверки и визуальная оценка картографического материала позволили констатировать, что компьютерное моделирование развития ареалов чужеродных фитопатогенов имеет достаточно высокую точность и перспективно для решения задач в области мониторинга и контроля инвазий. Модель максимальной энтропии Maxent с предлагаемыми предикторами может быть использована государственными структурами для конкретизации объектов фитопатологического мониторинга и карантина растений.

На основе экспертной оценки распространения и встречаемости карантинных видов нами предлагаются следующие меры:

1. Исключить *Hymenoscyphus fraxineus* из перечня карантинных видов актуальных для Беларуси ввиду его полной натурализации.

2. Включить *Dothistroma septosporum* в перечень карантинных видов ограничено распространенных на территории ЕАЭС.

3. Разработать меры по локализации и ликвидации очагов *Dothistroma septosporum, Erwinia amylovora, Mycosphaerella dearnessii, Phytophthora alni* на территории страны.

4. Внедрить компьютерное моделирование ареалов чужеродных фитопатогенов в практику мониторинга и прогноза распространения карантинных видов.

Литература

1. Беломесяцева, Д. Б. Инвазивная микобиота древесных пород в Беларуси / Д. Б. Беломесяцева, В. Б. Звягинцев, Т. Г. Шабашова // Современная микология в России. Том 8. – Вып. 3. – Материалы 4-го Международного микологического форума. – М.: Национальная академия микологии, 2020. – С. 209.

2. Звягинцев, В. Б. Глобализация массовых патологий леса и опыт ограничения их вредоносности в Республике Беларусь / В. Б. Звягинцев, В. А. Ярмолович // Опыт управления лесным хозяйством в Республике Беларусь и сопредельных государствах, перспективы совместного преодоления глобальных вызовов современности. – 2016. – С. 62–65.

3. Поликсенова, В. Д. Чужеродные и инвазивные фитопатогенные микромицеты в естественных и искусственных фитоценозах Беларуси / В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов, М. Н. Федорович // Современная микология в России. Том 7. Материалы 4-го Съезда микологов России. – М.: Национальная академия микологии, 2017. – С. 90–91.

4. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии. – Киев: Наук.думка, 1982. – 233 с.

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

6. Tapchevskaya, V. A. Dynamics of invasions of dendropathogenic organisms on the territory of Belarus / V. A. Tapchevskaya, V. B. Zviagintsev, D. B. Belomesyatseva, T. G. Shabashova // Book of abstracts / Russian Academy of Sciences (RAS) [et al.] ; Ed. Yu. Yu. Dgebuadze, A. V. Krylov, V. G. Perosyan, D. P. Karabanov. – Kazan: Buk, 2021. – P. 222.

7. Звягинцев, В. Б. *Melampsoridium hiratsukanum* – новый инвазивный возбудитель ржавчины ольхи и лиственницы в Беларуси / В. Б. Звягинцев, Д. Б. Беломесяцева, Т. Г. Шабашова, С. И. Марковская // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. – Вып. 46, Минск: Колорград, 2017. – С. 169–173.

8. Zvyagintsev, V. B. Pathogenic fungal diseases of branches of the ash in the drying out plantations in Belarus / V. B. Zvyagintsev, O. Yu. Baranov, L. F. Melnik // Fungi and lichens in the Baltics and Beyond: XVIII Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists Lithuania, Dubingiai, September 19–23, 2011. – P. 21.

9. Географические информационные системы и дистанционное зондирование // Краткое введение в MaxEnt [Electronic resource]. – Mode of access: https://gis-lab.info/qa/maxent.html.D0.98.D0.BD.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B0.B5.29. – Date of access: 01.11.2021.

10. Global Climate Data [Electronic resource]. – Mode of access: http://worldclim.org/. – Date of access: 04.11.2021.

11. ISRIC SoilGrids [Electronic resource]. – Mode of access: https://data.isric.org/geonetwork/srv/rus/catalog.search#/metadata/20f6245e-40bc-4ade-aff3-a87d3e4fcc26. – Date of access: 04.11.2021.

12. GlobCover land Cover Maps [Electronic resource]. – Mode of access: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php. – Date of access: 04.11.2021.

Поступила в редакцию 28.09.2022 г.

УДК 634.75:632.4(571)

Ф. А. ГУЛИЕВ[1], Л. А. ГУСЕЙНОВА[2]

РИЗОКТОНИОЗ ИЛИ ЧЕРНАЯ КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ (*RHIZOCTONIA SOLANI* KÜHN.) ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЗЕРБАЙДЖАНА

[1]Ленкоранский Региональный Научный Центр НАНА,
Ленкорань, Азербайджан, e-mail: prof.fquliyev@mail.ru
[2]Научно-Исследовательский Институт Защиты растений и Технических культур,
Гянджа, Азербайджан, e-mail: fitopatoloq.Lale@mail.ru

Аннотация. Ризоктониоз или черная корневая гниль (*Rhizoctonia solani* Kühn.) – довольно широко распространенное заболевание земляники в Азербайджане, но ареалом наибольшего развития является западная часть страны. Основным источником инфекции являются пораженные растения и зараженная почва. Распространению заболевания способствуют посадка земляники после пасленовых культур (Solanaceae Juss.) или выращивание ее на одном и том же месте в течение продолжительного времени. В статье изложены результаты исследований по изучению распространенности, развития и вредоносности ризоктониоза или черной корневой гнили земляники (*Rhizoctonia solani* Kühn.) в условиях западной части Азербайджана (Гянджа-Казахская географическая зона страны). Полевые исследования выполнены в Гейгельском районе в 2021–2022 гг. Объектом исследования служили сорта земляники Виктория и Сабрина. Распространение и вредоносность ризоктониоза или черной корневой гнили изучали путем обследования плодоносящих насаждений земляники (*Fragaria* L.). В статье приведены результаты 2-х летних исследований эффективности применения фунгицидов в защите земляники от ризоктониоза. Показано действие препаратов Ридомил Голд МЦ, ВДГ (640 г/кг манкоцеб + 40 г/кг мефеноксам), Топаз, КЭ (100 г/л пенконазол), Байлетон, СП (250 г/кг триадимефон) и Фундазол СП (500 г/кг беномил) на ограничение развития ризоктониоза. Установлено, что наибольшая биологическая эффективность (72–75 %) была достигнута при использовании препарата Ридомил Голд МЦ, ВДГ.

Ключевые слова: земляника, ризоктониоз или черная корневая гниль (*Rhizoctonia solani* Kühn.), корневая шейка, корневая система, меры борьбы, фунгициды.

F. A. GULIEV[1], L. A. HUSEYNOVA[2]

RHIZOCTONIOSIS OR BLACK ROOT ROTT (*RHIZOCTONIA SOLANI* KÜHN.) OF STRAWBERRY IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN PART OF AZERBAIJAN

[1]Lankaran Regional Scientific Center of ANAS,
Lankaran, Azerbaijan, e-mail: prof.fquliyev@mail.ru
[2]Scientific Research Institute of Plant Protection and Industrial Crops,
Ganja, Azerbaijan, e-mail: fitopatoloq.Lale@mail.ru

Annotation. Rhizoctonia or black root rot (*Rhizoctonia solani* Kühn.) is a fairly widespread disease of strawberries in Azerbaijan, but the area of greatest development is the western part of the country. At the onset of the disease, the growing roots begin to turn black and black spots appear on them in the form of a ring. As a result, the roots of the plant become brittle and brittle, dry constrictions can be seen on them. Affected plants become weak and cease to bear fruit. Over time, the petioles and rosettes of the plant are affected, which become dark, brown in color. The harmfulness of the disease is that, by causing root rot, it depresses the plant. Sick bushes do not bear fruit well. The main source of infection are affected plants and contaminated soil. The spread of the disease is facilitated by planting strawberries after nightshade crops (Solanaceae Juss.) or growing them in the same place for a long time.The article presents the results of studies on the prevalence, development and harmfulness of rhizoctoniosis or black root rot of strawberries (*Rhizoctonia solani* Kühn.) in the western part of Azerbaijan (Ganja-Kazakh geographical zone of the country). Field studies were carried out in the Goygol region in 2021–2022. The object of the study was the varieties of strawberries Victoria and Sabrina. The distribution and severity of rhizoctoniosis or black root rot (*Rhizoctonia solani* Kühn.) wasstudied by examining fruit-bearing strawberry plantations (*Fragaria* L.). The article also presents the results of a 2-year study on the effectiveness of fungicides in protecting strawberries from rhizoctoniosis. The effect of drugs Ridomil Gold MC, VDH (640 g/kg mancozeb + 40 g/kg mefenoxam), Topaz, EC (100 g/l penconazole), Bayleton, SP (250 g/kg triadimefon) and Foundationazole, SP (500 g/kg benomil) to limit the develop-

ment of rhizoctoniosis. It was found that the highest biological efficiency (72–75%) was achieved with the introduction of the drug Ridomil Gold MC, VDG.

Keywords: strawberries, rhizoctoniosis or black root rot, root neck, root system, control measures.

Введение

Земляника садовая (*Fragaria ananassa* Duch.) одна из наиболее популярных и широко распространенных ягодных культур в мире. На ее долю приходится свыше 70% общемирового производства ягод. Валовое производство земляники в мире постоянно растет и в настоящее время составляет более 4 млн т ягод в год [1].

Широкое распространение земляники садовой (*Fragaria ananassa* Duch.) связано с рядом ее бесспорных преимуществ в сравнении с другими ягодными и плодовыми культурами. Ценность земляники обусловливается ее скороплодностью, высокими вкусовыми качествами, привлекательном видом и красивой окраской, а также богатым биохимическим составом, питательностью и лечебными свойствами (рис. 1, 2).

Земляника очень пластичная культура, при высоком уровне агротехники ее можно успешно выращивать в различных природно-климатических условиях, а в защищенном грунте появляется возможность внесезонного получения товарного урожая [2–4]. Одной из причин низких урожаев земляники являются потери продукции от грибных болезней (микозы), наиболее вредоносным из которых является ризоктониоз или черная корневая гниль (*Rhizoctonia solani* Kühn.).

Прежде чем анализировать болезнь ризоктониоз, поражающую корневую систему растения земляники, обратим внимание на строение корневой системы этого растения.

Земляника (*Fragaria* L.) – многолетнее травянистое растение. Его многолетняя часть представлена корневищем, расположенным в поверхностном слое почвы. В узлах корневища имеются редуцированные листья в виде пленочных чешуй, в пазухах которых образуются боковые почки. Вся мочковатая корневая система земляники состоит из придаточных корней, которые густо покрывают молодые части корневища. Корни растут весь период вегетации, но наиболее активно – весной и по окончании плодоношения.

Весной рост корней начинается на 8–10 дней раньше листьев за счет запасов питания предыдущего года, когда температура верхнего слоя почвы достигает 2–3^{0}С. Оптимальная температура роста корней 18–25^{0}С. Вторая волна их активного роста связана с развитием придаточных корней на однолетних приростах.

Корневая система земляники мочковатая, хорошо разветвлена. Большинство корней располагается в верхнем слое почвы на глубине до 30 см. На хорошо окультуренных почвах отдельные корни могут уходить на глубину 80–100 см. Корешки, с которыми высаживают рассаду, разрастаясь, создают нижний ярус корневой системы. Ежегодное нарастание корней происходит главным образом за счет образования новых придаточных корней у основания рожков. Таким образом, корневая система земляники нарастает как бы сверху. Нижняя часть корневища со временем одревесневает. Вместе с ней стареют главные корни, в которых откладываются запасные питательные вещества. В горизонтальном направлении корни располагаются непосредственно под листьями или выходят за их проекцию на 15–20 см [5].

Вредоносной грибной инфекцией ризоктониозом или черной корневой гнилью (*Rhizoctonia solani* Kühn.) корни земляники поражаются по типу сухой бурой гнили – мочковатая система корней отмирает, боковые и стержневой корни буреют и разрушаются (рис. 3). На пораженной поверхности появляются коричневые тонкие нити – ризоморфы гриба, при помощи которых он переходит с одного растения на другое [6, 7]. Чаще всего гриб *Rhizoctonia solani* Kühn. Развивается в состоянии стерильной грибницы, без конидиального плодоношения и базидиальной стадии [8, 9].

Механизм заболевания заключается в деятельности спор, которые поражают корневую систему растений. Поражение происходит через механические повреждения. Интенсивное развитие болезни приводит к постепенному угнетению земляничных кустов, снижению качественных показателей урожайности и гибели через 2–3 года [10, 11].

К причинам можно отнести неподходящий гранулометрический состав почвы. Известно, что на тяжелых суглинистых почвах заболевание прогрессирует с наибольшей скоростью. Зараженная почва и некачественный посадочный материал играют особую роль в развитии болезни. Также причиной ее возникновения может оказаться нарушенная агротехника выращивания [12, 13].

Цель исследовательской работы заключалась в изучении особенности развития ризоктониоза земляники (*Rhizoctonia solani* Kühn.) и усовершенствовании мер защиты от него в условиях западной части Азербайджана. В задачи исследований входило:

– выявить распространение, вредоносность и особенности развития болезни в конкретных условиях западной части Азербайджана;

– дать оценку устойчивости к болезни районированных и испытываемых сортов земляники (*Fragaria* L.);

– выяснить влияние некоторых агротехнических приемов и условий выращивания на развитие заболевания;

– усовершенствовать меры защиты от болезни на основе применения фунгицидов и дать оценку их биологической эффективности.

Рис. 1. Цветущий здоровый куст земляники

Fig. 1. Flowering healthy strawberry bush

Рис. 2. Ягоды земляники сорта Виктория

Fig. 2. Strawberries of the Victoria cultivar

Рис. 3. Ризоктониоз или черная корневая гниль земляники

Fig. 3. Rhizoctoniosis or black root rot of strawberries

Материалы (объекты) и методы исследований

Исследования были проведены в 2021–2022 гг. на производственных плантациях земляники (*Fragaria* L.) в условиях западной части (Гянджа-Казахская географическая зона страны) Азербайджана. Распространенность и развитие черной корневой гнили или ризоктониоза (*Rhizoctonia solani* Kühn.) изучали на двух сортах земляники (Виктория и Сабрина). Эти сорта

также использовали при определении эффективности применения для борьбы с фунгицидов в лабораторных и полевых опытах.

Интенсивность поражения корней ризоктониозом оценивали по 5-ти балльной шкале:

0 баллов – растение здоровое;

1 балл – поражено до 10% растения;

2 балла – поражено 11–25% растения;

3 балла – поражено 26–50% растения;

4 балла – поражено более 51% растения.

Поражение ризоктониозом учитывали путем осмотра 10 кустов по диагонали участка [14–16].

Исследование эффективности действия фунгицидов проводили на земляничных плантациях западной части Азербайджана в 2021–2022 гг. Полевые опыты были заложены в 4-кратной повторности. В качестве материала для обработки растений были использованы препараты: Ридомил Голд МЦ, ВДГ (640 г/кг манкоцеб + 40 г/кг мефеноксам), Фундазол, СП (500 г/кг, беномил), Топаз, КЭ (100 г/л пенконазол), Байлетон, СП (250 г/кг триадимефон). Обработку земляничной плантации фунгицидами проводили в период вегетации: начальную – при появлении первых признаков заболевания, последующие – с интервалом 7–10 дней.

Распространенность (P, %) определяли после подсчета больных и здоровых растений в пробе по формуле [17–19]:

$$P=100 \cdot (n / N),$$

где n – число больных растений;
N – общее число обследованных растений.

Развитие болезни (R, %) определяли по следующей формуле [18, 19]:

$$R = \frac{100\sum(ab)}{Nk},$$

где a – число больных растений;
b – соответствующий балл их поражения;
N – общее число учтенных растений (больных и здоровых); k – высший балл в шкале учета.

Биологическую эффективность (БЭ, %), выраженную в процентах, рассчитывали по формуле [14, 15, 17–19]:

$$БЭ = (M_к - M_о) / M_к \cdot 100,$$

где $M_к$ – показатель развития болезни в контроле (защитные мероприятия не проводились);
$M_о$ – показатель развития болезни в опыте (с защитными мероприятиями).

Результаты исследований были обработаны методами биологической статистистики [20].

Результаты и их обсуждение

В условиях западной части Азербайджана на землянике (*Fragaria* L.) доминирует корневая гниль комплексной этиологии, возбудителями которой могут быть грибы рода *Fusarium* Link., *Rhizoctonia* DC., *Alternaria* Nees. и т.д. Однако при лабораторном анализе образцов больных растений, собранных с плантаций земляники в западной части Азербайджана, в основном нами был обнаружен вид *Rhizoctonia solani* Kühn. После выявления гриба *Rhizoctonia solani* Kühn основное внимание было направлено на определение, распространение и развитие ризоктониоза или черной корневой гнили на земляничных плантациях западной части страны (табл. 1).

Из данных табл. 1 видно, что ризоктониоз или черная корневая гниль земляники (*Rhizoctonia solani* Kühn.) распространен во всех обследованных западных районах республики в довольно сильной степени. Так, в 2021 г. распространение ризоктониоза по районам у сорта Виктория колебалось от 47,2% до 57,5%; а у сорта Сабрина оно составило от 31,4% до 40,4%. Соответственно, в 2022 г. распространение болезни у сорта Виктория в среднем составило 48,2%, а у сорта Сабрина 34,0%.

Наименьшее распространение ризоктониоза отмечалось в 2022 г., наибольшее в 2021 г. Следует отметить, что на развитие болезни большое влияние оказывали гидротермические условия периода вегетации культуры. Анализ метеорологических условий в годы исследования показал, что наиболее благоприятные условия для развития болезни отмечены в 2021 г. Этот год характеризовался обильными осадками и оптимальной температурой для развития болезни. Результаты проведенных в 2021–2022 гг. исследований показали, что ризоктониозом в большей степени поражаются растения сорта Виктория, в меньшей степени – сорта Сабрина.

Получение высоких урожаев земляники невозможно без защиты растений от болезней. Чтобы избежать больших потерь урожая, необходимо проводить профилактические химические обработки для предотвращения появления многих грибных болезней. Химический метод защиты земляничных плантаций от болезней на данном этапе развития ягодоводства является приоритетным направлением с позиции гарантированного сохранения урожая. Именно этим обусловлен постоянный поиск фунгицидов и замена традиционных средств на современные препараты, обладающие повышенной биологической, хозяйственной эффективностью и низкой токсикологической нагрузкой на объекты окружающей среды [21–25].

Таблица 1. Распространение и интенсивность развития ризоктониоза или черной корневой гнили земляники (*Rhizoctonia solani* Kühn.) в западных районах Азербайджана (2021–2022 гг.)

Table 1. Distribution, intensity of development of rhizoctoniosis or black root rot of strawberries (*Rhizoctonia solani* Kühn.) in the western regions of Azerbaijan (2021–2022)

Западные районы Азербайджана	Сорт земляники	2021 г.		2022 г.	
		P, %	R, %	P, %	R, %
Шамкир	Виктория	57,5	32,0	50,1	29,7
	Сабрина	39,5	20,6	31,3	17,9
Гейгель	Виктория	52,4	29,5	51,3	30,8
	Сабрина	31,4	17,3	27,2	14,6
Самух	Виктория	47,2	24,3	45,2	20,9
	Сабрина	37,4	18,2	36,3	17,2
Геранбой	Виктория	48,9	26,8	46,3	29,5
	Сабрина	40,4	20,1	40,3	21,1
В среднем	Виктория	51,5	28,2	48,2	28,0
	Сабрина	37,2	19,1	34,0	18,0

Таблица 2. Биологическая эффективность фунгицидов против ризоктониоза или черной корневой гнили земляники (*Rhizoctonia solani* Kühn.)

Table 2. Biological efficacy of fungicides against rhizoctoniosis or black root rot of strawberries (*Rhizoctonia solani* Kühn.)

Фунгициды, применяемые против ризоктониоза	Норма расхода, л/га, кг/га	2021 г.		2022 г.	
		R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Ридомил Голд МЦ, ВДГ	2,5	18,0	72,0	17,5	75,0
Топаз, КЭ	0,3	21,3	67,0	22,0	68,3
Байлетон, СП	2,5	35,6	45,0	36,6	47,2
Фундазол, СП	2,0	24,1	62,4	25,7	63,0
Контроль (без химической обработки)	-	64,1	-	69,3	-

Погодные условия в период исследований существенно различались, способствовали распространению и развитию болезни, что позволило достаточно объективно изучить влияние фунгицидов на распространение и развитие болезни, а также формирование урожайности культуры (табл. 2).

Биологическую эффективность препаратов в борьбе с ризоктониозом (*Rhizoctonia solani* Kühn.) земляничных кустов определяли путем сопоставления процента пораженных растений и интенсивности или степени поражения на обработанном участке и в контроле.

Определение распространенности и интенсивности развития грибной инфекции – ризоктониоза или черной корневой гнили (*Rhizoctonia solani* Kühn.), исследованные в лабораторных и полевых опытах на двух сортах земляники (Виктория и Сабрина), и определение эффективности обработки растений фунгицидами позволили установить, что в ряду таких испытанных химических препаратов против ризоктониоза или черной корневой гнили как Ридомил Голд МЦ, ВДГ (640 г/кг манкоцеб + 40 г/кг мефеноксам), Топаз, КЭ (100 г/л пенконазол), Байлетон, СП (250 г/кг) и Фундазол (500 г/кг), наибольшей биологической эффективностью – 72,0–75,0% обладает препарат Ридомил Голд МЦ, ВДГ.

Заключение

Большой вред насаждениям земляники (*Fragaria* L.) в условиях западной части Азербайджана наносят грибные болезни (микозы), из которых наиболее распространенной и вредоносной является ризоктониоз или черная корневая гниль (*Rhizoctonia solani* Kühn.). Сложившиеся в последние годы благоприятные для развития болезни условия, наличие значительного количества восприимчивых сортов, отсутствие эффективных систем защитных мероприятий, недостаток фунгицидов послужили причиной повсеместного распространения ризоктониоза и возрастания вредоносности патогена.

Исследованиями, проведенными в 2021–2022 гг. на производственных плантациях земляники в условиях западной части страны, было показано, что эффективный комплекс обработок против ризоктониоза или черной корне-

вой гнили может быть разработан при учете биологического цикла патогена, климатических условий региона и степени устойчивости сортов земляники.

Чувствительность патогенов к фунгицидам в значительной степени определяется такими факторами внешней среды как почвенно-климатические и погодные условия района (температура воздуха и почвы, количество осадков, влажность почвы), которые в момент обработки и вскоре после нее существенно влияют на длительность сохранения свойств фунгицида и эффективность его действия. Подбор химических препаратов необходимо проводить с учетом их экологической безопасности как для ягодной продукции, так и для окружающей среды. В ряду исследованных на двух сортах земляники препаратов фунгицидного действия наибольшей эффективностью в подавлении вредоносной грибной инфекции – ризоктониоза или черной корневой гнили обладает препарат Ридомил Голд МЦ, ВДГ.

Литература

1. Трунов, Ю. В. Плодоводство / Ю. В. Трунов. – М.: «Колос», 2012, 392 с.

2. Щепетков, Н. Г. Плодоовощеводство / Н. Г. Щепетков. – Астана: КазАТУ, 2007. – 337 с.

3. Северин, В. Ф. Питомниководство / В. Ф. Северин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 97 с.

4. Гулиев, Ф. А. Изучение и диагностика ботритиоза или серой гнили земляники в условиях западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Наука и образование в современном мире. Вызовы XXI века : Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Казахстан, 2021. С. 21–25.

5. Гулиев, Ф. А. Распространение, динамика развития и вредоносность бактериального корневого рака земляничных кустов в условиях западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Труды Азербайджанского Национального Комитета «Человек и биосфера» (Мав Юнеско). – 2021. – С. 205–216.

6. Белошапкина, О. О. Фитопатология / О. О. Белошапкина. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 109 с.

7. Чулкина, В. А. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем плодовых и ягодных культур / В. А. Чулкина, В. И. Усенко. – М.: Колос, 2006. – 127 с.

8. Исаева, Е. В. Атлас болезней плодовых и ягодных культур / Е. В. Исаева, З. А. Шестипалова. – Киев: Урожай, 1991. – 138 с.

9. Попушой, И. С. Микофлора плодовых деревьев СССР / И. С. Попушой. – М.: Наука, 1971. – 98 с.

10. Куликова, М. Т. Болезни ягодных культур / М. Т. Куликова. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – 41 с.

11. Соболева, В. П. Борьба с вредителями и болезнями плодовых, ягодных и овощных культур / В. П. Соболева [и др.]. – М.: Колос, 1981. – 67 с.

12. Ланак, Я. Атлас болезней и вредителей плодовых, ягодных, овощных культур и винограда / Я. Ланак [и др.]. – Братислава: Природа, 1972. – 57 с.

13. Исин, М. М. Болезни сада / М. М. Исин. – Алма-Ата: Кайнар, 1984. – 146 с.

14. Хохряков, М. К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / М. К. Хохряков. – Л.: Колос, 1976. – 56 с.

15. Основные методы фитопатологических исследований /. А. Е. Чумаков [и др.]. – М.: Колос, 1974. – 190 с.

16. Дьяков, Ю. Т. Фундаментальная фитопатология / Ю. Т. Дьяков. – М.: «Красанд», 2012. – 413 с.

17. Микроорганизмы – возбудители болезней растений / В. И. Билай [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1988. – 59 с.

18. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982.

19. Методы фитопатологии / З. Кирай [и др.]. – М.: Колос, 1974. – 115 с.

20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 122 с.

21. Зинченко, В. А. Агроэкотоксикологические основы применения пестицидов / В. А. Зинченко. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2000. – 174 с.

22. Жернов, Химическая защита растений / Г. О. Жернов, С. Ю. Жернова, А. С. Степановских. – М.: Юнити-Дана, 2019. – 341 с.

23. Чулкина, В. А. Экологические основы интегрированной защиты растений / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Степов. – М.: Колос, 2007. – 79 с.

24. Ченкин, А. Ф. Фитосанитарная диагностика /А. Ф Ченкин. – М.: Колос, 1994. – 42 с.

25. Словцов Р. И. Принципы, методы и технологии интегрированной защиты растений / Р. И. Словцов, Т. Г. Борисова, Л. М. Голенова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2008. – 203 с.

Поступила в редакцию 10.07.2022 г.

УДК 582.2/3;574.4

Т. Г. ШАБАШОВА, А. О. АНТОНОВИЧ, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ГРИБОВ В ДУБРАВАХ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

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

Аннотация. В статье приводятся данные о видовом составе и таксономической структуре агарикоидных и афиллофороидных грибов, собранных на территории дубрав Припятского Полесья В результате изучения видового разнообразия микобиоты пойменных дубрав Припятского Полесья выявлено 128 видов агарикоидных и афиллофороидных грибов, которые представлены 73 родами. Доминирующими по числу видов у агарикоидных грибов был род *Russula*, среди афиллофороидных грибов – семейство *Polyporaceae*. В ходе полевых исследований в дубравах Светлогорского и Петриковского районов установлены новые места произрастания охраняемых видов – *Pycnoporus cinnabarinus* (пикнопорус киноварно-красный) и *Fomitopsis rosea* (трутовик розовый), включенных в Красную книгу Белаурси.

Ключевые слова: макромицеты, базидиомицеты, агарикоидные и афиллофороидные грибы.

T. G. SHABASHOVA, H. A. ANTANOVICH, D. B. BELOMESIAYTSEVA

SPECIES DIVERSITY AND TAXONOMIC STRUCTURE OF FUNGI IN OAK FORESTS OF PRIPYAT POLESIE

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

Annotation. The article presents data on the species composition and taxonomic structure of agaricoid and aphyllophoroid fungi collected on the territory of oak forests of Pripyat Polesie. As a result of studying the species diversity of mycobiota of floodplain oak forests of Pripyat Polesie, 128 species of agaricoid and aphyllophoroid fungi were identified, which are represented by 73 genera. The genus *Russula* was dominant in the number of species of agaricoid fungi, and the family *Polyporaceae* was among the aphyllophoroid fungi. In the course of field research in the oak forests of the Svetlogorsk and Petrikovsky districts, new habitats of protected species – *Pycnoporus cinnabarinus* and *Fomitopsis rosea*, included in the Red Book of Belarus, were established.

Keywords: macromycetes, basidiomycetes, agaricoid and aphyllophoroid fungi.

Введение

Распределение дубрав по территории Беларуси, как и их фитоценотическая структура, имеет хорошо выраженные зональные особенности, которые заключаются в видовом обогащении фитоценозов широколиственными породами (граб, клен, липа) в направлении с севера на юг, т.е. возрастает фитоценотическая устойчивость широколиственных пород с продвижением на юг республики. В северной подзоне дубово-темнохвойных лесов площадь широколиственных лесов составляет менее 10%, и их фитоценотическая структура претерпевает значительные изменения, связанные с тем, что здесь перекрываются ареалы ели и граба – двух компонентов древесного яруса дубовых лесов [1, 2].

Доля дубрав возрастает в южной подзоне широколиственно-сосновых лесов. В Предполессье дубравы наиболее распространены в его центральной части (3,6%), в западном Предполессье их меньше (1,8%). В Полесье площадь, занимаемая дубравами наиболее велика: в Брестском Полесье – 4,9%, Центральном – 6,2% (левобережье) и 12,5% (правобережье), в приднепровских лесах – 14,6%. Пойменные и плакорные дубравы Припятского полесья представляют собой ценные дубовые массивы, плакорные дубравы занимают надпойменную часть рек и сохранились в меньшей степени, по сравнению с пойменными.

Прогрессирующий уровень контактов общества с лесными экосистемами определяет все возрастающие приоритеты экологических проблем. Более чем вековая история деградации лесных экосистем позволяет отнести их к числу

уязвимых природных формаций. Под влиянием определенных факторов (изменения гидрологического режима и климатических условий, болезни и стволовые вредители) деревья дуба в пойменных дубравах усыхают, а насаждения распадаются [1, 2]. Дуб черешчатый, являясь главной лесообразующей древесной породой в зоне произрастания широколиственных лесов, имеет важное народнохозяйственное значение и требует к себе бережного отношения. Грибы являются важнейшим компонентом гетеротрофного блока лесных экосистем и выполняют значительную роль в их нормальном функционировании [3]. Недостаточная изученность микобиоты лесных экосистем, является причиной неадекватного к ним отношения. Глобальные экологические проблемы сместили интерес исследователей, изучающих видовой состав и биологию грибов, в область изучения влияния на лес экологических и антропогенных факторов, в частности рекреационных нагрузок. Но как при этом эти факторы воздействуют на грибные сообщества, часто упускается из их внимания. Поэтому микологические исследования в дубовых древостоях в Беларуси на предмет изучения закономерностей, управляющих численностью популяций грибов, их пространственной структурой и разнообразными типами взаимоотношений с основным эдификатором дубом являются актуальными.

Материалы (объекты) и методы исследования

Объектами исследования являются агарикоидные и афиллофороидные грибы. Предмет исследования – видовое разнообразие грибов пойменных дубрав Припятского Полесья.

Методы исследования состоят из традиционных для микологии и, учитывая, непродолжительность исследований, а также обширность территорий, в основном был использован метод маршрутных исследований. Сбор гербарных образцов проводился во время экспедиций в поздневесенний, летний и осенний периоды. Использование маршрутного метода позволяет точечно обследовать различные фитоценозы.

При сборе материала применялась методика радиальных маршрутов со сгущением ходов вблизи базовой точки, которой являлся центр обследуемого участка, а также методика обследования рекогносцировочными ходами по периферии участка. Учет видового состава и сбор гербарного материала грибов осуществлялся по общепринятым методикам: сравнительно-анатомический и морфологический [4, 5]. Морфологический метод позволяет проводить изучение биоразнообразия грибов описательным способом и, включает точное латинское название, приведенное по правилам последнего Международного кодекса ботанической номенклатуры с указанием первоисточника, важнейшую синонимику, русское название, иконографию, диагноз, указание типа субстрата, распространение в республике, Европе и общее распространение, хозяйственное значение.

Определение анатомического состава собранных образцов грибов осуществлялось с помощью светового микроскопа Olympus BX51 и стереомикроскопа Olympus SZ6. Препараты мицелия и генеративных элементов грибов готовились с использованием 5% раствора KOH, реактива Мельцера и метилового синего (Cotton Blue).

Идентификация собранного материала (образцов) проводилась с использованием ряда определителей и монографий [6–13].

В результате проведённых полевых исследований в 2021 г. было обследовано около 450 га дубрав (приручейно-пойменная, злаково-пойменная, кисличная, папоротниковая, снытевая) вдоль рек Птичь, Березина, Припять в 4 административных районах Гомельской области – Петриковском, Светлогорском, Лунинецком и Мозырьском в разные вегетационные периоды (весенний, летний и осенний) (рис. 1) и собрано более 300 гербарных образцов грибов.

Результаты и обсуждение

Пойменные дубравы произрастают в условиях периодического затопления паводковыми водами. Во время половодья пойма рек увеличивается до 1 км, длительность паводка – от нескольких недель до 1–1,5 месяцев. Из-за постоянных колебаний уровня воды и отсутствия лесных дорог часть обследованных пойменных дубрав сохранилась в малонарушенном виде, средний возраст обследованных дубовых лесов – около 130 лет, возраст отдельных деревьев достигает 150–180 лет. Плакорные дубравы занимают надпойменную часть рек и сохранились в меньшей степени, по сравнению с пойменными, из-за периодических выборочных рубок. В напочвенном покрове этих лесов преобладают неморальные виды.

Трофически грибы привязаны к определенному типу субстрата, однако некоторые их группы способны произрастать сразу на нескольких (например, живые деревья, мертвый

Рис. 1. Пойменные дубравы в разные вегетационные периоды

Fig. 1. Floodplain oak forests in different growing seasons

валеж и сухостой, почвенная подстилка и почва), не имея узконаправленной пищевой специализации. Как правило такие виды являются наиболее распространенными в структуре леса, поскольку способны занимать сразу несколько трофических ниш без потери в количестве и качестве образуемых мицелием плодовых тел.

Климатические весенние, летние и осенние параметры 2021 г. были не благоприятны для роста и развития агарикоидных грибов – низкие температуры в весенний и осенние периоды, и резкое повышение среднесуточной температуры в летний период, обилие паводковых вод весной и отсутствие в достаточной мере осадков в летний период, привело к значительному уменьшению видового разнообразия грибов в эти сезоны.

На территории дубрав Припятского Полесья был выявлен 61 вид шляпочных макромицетов из 34 родов: *Agrocybe* (1), *Amanita* (4), *Armillaria* (1), *Boletus* (1), *Callistosporium* (1), *Calocybe* (1), *Calvatia* (1), *Clitocybe* (5), *Clitopilus* (1), *Collybia* (3), *Coprinellus* (1), *Cortinarius* (3), *Entoloma* (1), *Galerina* (2), *Hebeloma* (1), *Hygrophorus* (1), *Hypholoma* (2), *Kuehneromyces* (1), *Laccaria* (2), *Lactarius* (2), *Lepista* (1), *Lycoperdon* (2), *Macrolepiota* (1), *Marasmiellus* (1), *Marasmius* (1), *Megacollybia* (1), *Mycena* (5), *Omphalina* (1), *Panellus* (1), *Phallus* (1), *Pleurotus* (1), *Russula* (7), *Stropharia* (1), *Tricholoma* (2). Видовой состав грибов представлен в табл. 1.

Доминирующими родами по количеству видов являются: *Russula* (7), *Clitocybe* (5), *Mycena* (5), *Amanita* (4), *Collybia* (3), *Cortinarius* (3) (рис. 2).

Проведенный эколого-трофический анализ, представленный на рис. 3 показал, что основное количество грибов относится к микоризообразователям (Mr.) – 21 вид из родов *Amanita* (4), *Boletus* (1), *Cortinarius* (3), *Hebeloma* (1), *Hygrophorus* (1), *Lactarius* (2), *Russula* (7), *Tricholoma* (2).

Гумусовые сапротрофы (Hu) – 5 видов из родов: *Calocybe* (1), *Calvatia* (1), *Entoloma* (1), *Laccaria* (1), *Stropharia* (1). К этой экологической группе относятся виды, мицелий которых распространен в гумусовом слое, как у большинства микоризообразователей, но они не имеют симбиотических связей с корнями древесных растений. В отличие от микоризообразователей – типичных обитателей леса – часть видов гумусовых сапротрофов растет на открытых пространствах.

Подстилочные сапротрофы (St) – 18 видов из родов: *Agrocybe* (1), *Clitocybe* (5), *Clitopilus* (1), *Collybia* (3), *Coprinellus* (1), *Laccaria* (1), *Lepista* (1), *Lycoperdon* (1), *Macrolepiota* (1), *Mycena* (2), *Phallus* (1). Мицелий подстилочных сапротрофов развивается в лесной подстилке, состоящей из растительных остатков, продуктов опада древесных пород – листьев, хвои, веток, коры, плодов, а также отмершей части травяного покрова.

По степени встречаемости были выделены типичные и редко встречаемые виды, среди микоризообразователей редкие виды – *Amanita crocea* (Quél.) Singer, *Cortinarius cinnamomeus* (L.: Fr.) Fr., *Hygrophorus nemoreus* (Pers.: Fr.) Fr., Hebeloma *mesophaeum* (Pers.) Quél., подстилочных сапротрофов – *Collybia distorta* (Fr.) Quél., *Mycena olivaceomarginata* (Massee) Massee.

Некоторые виды грибов являются одновременно как гумусовыми, так и подстилочными сапротрофами – *Callistosporium xanthophyllum* (Malençon & Bertault) Bon, *Galerina marginata* (Batsch) Kühner, *Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.: Fr.) Sing. & Smith и *Omphalina epichysium* (Pers.: Fr.) Quél.

Бриофилы (Br) в качестве субстрата для роста предпочитают мхи и их остатки. Таких было собрано 2 вида – *Galerina hypnorum* (Schrank) Kühner и *Hypholoma polytrichi* (Fr.) Ricken.

Ксилотрофы (сапротрофы на древесине (Le)) – экологическая группа дереворазрушающих грибов, поселяющихся на растительных остатках, их разделяют на грибы-паразиты (биотрофы), которые растут на стволах и корнях живых деревьев и грибы-сапротрофы, растут на сухостое, валежных стволах и ветвях, на пнях. Агарикоидные ксилотрофы – 10 видов из родов: *Armillaria* (1), *Hypholoma* (1), *Marasmiellus* (1), *Marasmius* (1), *Megacollybia* (1), *Mycena* (3), *Panellus* (1), *Pleurotus* (1). Основное количество ксилотрофов относится к афиллофороидным грибам.

В древесине деревьев заключено около 95% мертвого органического вещества лесных сообществ, состоящего в основном из гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. Разложение древесины в природных условиях проходит по типу этапности, определяемой экологической и биохимической природе субстрата. Ослабленные в результате различных причин или механически поврежденные деревья заселяются патогенными (паразитными) облигатными или факультативными грибами. При отмирании дерева эти грибы ведут себя как ксилотрофы, использующие уже мертвое органическое вещество с помощью обширного набора ферментов адаптивного характера.

Первая стадия разложения отмершей древесины осуществляется сумчатыми и несовершенными грибами. Они используют наиболее доступные вещества древесины, в частности содержимое паренхимных клеток и в незначительной степени целлюлозу и лигнин. Функция несовершенных грибов заключается в разрушении, главным образом, сердцевидных лучей дре-

Таблица 1. Видовой состав агарикоидных грибов пойменных дубрав Гомельской области

Table 1. Species composition of agaricoid fungi in floodplain oak forests of the Gomel region

№	Вид	Категория	Трофическая группа
1	*Agrocybe praecox* (Pers.: Fr.) Fayod	Обычный	Сапротроф
2	*Amanita citrina* (Schaeff.: Fr.) Rog.	Обычный	Микоризообразователь
3	*Amanita crocea* (Quél.) Singer	Редкий	Микоризообразователь
4	*Amanita fulva* (Schaeff.) Fr.	Обычный	Микоризообразователь
5	*Amanita phalloides* (Vaill.: Fr.) Link	Обычный	Микоризообразователь
6	*Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen	Обычный	Сапротроф
7	*Boletus edulis* Bull.(syn. *Boletus betulicola* (Vassilkov) Pilát & Dermek)	Обычный	Микоризообразователь
8	*Callistosporium xanthophyllum* (Malençon & Bertault) Bon	Редкий	Сапротроф
9	*Calocybe gambosa* (Fr.: Fr.) Donk	Обычный	Сапротроф
10	*Calvatia caelata* (Bull.) Morgan	Обычный	Сапротроф
11	*Clitocybe candicans* (Pers.: Fr.) Kummer	Обычный	Сапротроф
12	*Clitocybe dealbata* (Sowerby: Fr.) Gillet	Обычный	Сапротроф
13	*Clitocybe geotropa* (Bull.) Quél.	Обычный	Сапротроф
14	*Clitocybe nebularis* (Batsch: Fr.) Quél.	Обычный	Сапротроф
15	*Clitocybe odora* (Bull.: Fr.) P. Kumm.	Обычный	Сапротроф
16	*Clitopilus prunulus* (Scop.: Fr.) Fr.	Обычный	Сапротроф
17	*Collybia butyracea* (Bull.: Fr.) Quél.	Обычный	Сапротроф
18	*Collybia distorta* (Fr.) Quél.	Редкий	Сапротроф
19	*Collybia dryophila* (Bull.: Fr.) Kummer	Обычный	Сапротроф
20	*Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson	Обычный	Сапротроф
21	*Cortinarius alboviolaceus* (Pers.: Fr.) Fr.	Обычный	Микоризообатель
22	*Cortinarius armillatus* (Fr.) Fr.	Обычный	Микоризообразователь
23	*Cortinarius cinnamomeus* (L.: Fr.) Fr.	Редкий	Микоризообразователь
24	*Entoloma placidum* (Fr.) Zerova	Обычный	Сапротроф
25	*Galerina hypnorum* (Schrank) Kühner	Обычный	Бриотроф
26	*Galerina marginata* (Batsch) Kühner	Обычный	Сапротроф
27	*Hebeloma mesophaeum* (Pers.) Quél.	Редкий	Микоризообразователь
28	*Hygrophorus nemoreus* (Pers.: Fr.) Fr.	Редкий	Микоризообразователь
29	*Hypholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm.	Обычный	Сапротроф
30	*Hypholoma polytrichi* (Fr.) Ricken	Редкий	Бриотроф
31	*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.: Fr.) Sing. & Smith	Обычный	Сапротроф
32	*Laccaria bicolor* (Maire) P.D. Orton	Обычный	Сапротроф
33	*Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Fr.	Обычный	Сапротроф
34	*Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr.	Обычный	Микоризообразователь
35	*Lactarius torminosus* (Schaeff. emend. Pers.: Fr.) S. F. Gray	Обычный	Микоризообразователь
36	*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke	Обычный	Сапротроф
37	*Lycoperdon perlatum* (Pers.) Pers.	Обычный	Сапротроф
38	*Lycoperdon pyriforme* (Pers.) Schaeff.	Обычный	Сапротроф
39	*Macrolepiota procera* (Scop.) Singer	Обычный	Сапротроф
40	*Marasmiellus candidus* (Bolton: Fr.) Singer	Редкий	Сапротроф
41	*Marasmius androsaceus* (L.: Fr.) Fr.	Обычный	Сапротроф
42	*Megacollybia platyphylla* (Pers.: Fr.) Kotl. & Pouzar	Обычный	Сапротроф
43	*Mycena galericulata* (Scop.: Fr.) Gray	Обычный	Сапротроф
44	*Mycena galopus* (Pers.) P. Kumm.	Обычный	Сапротроф
45	*Mycena olivaceomarginata* (Massee) Massee	Редкий	Сапротроф
46	*Mycena pura* (Pers.: Fr.) Kumm.	Обычный	Сапротроф
47	*Mycena rubromarginata* (Fr.: Fr.) Kumm.	Редкий	Сапротроф
48	*Omphalina epichysium* (Pers.: Fr.) Quél.	Редкий	Сапротроф
49	*Panellus serotinus* (Pers.) Kühner	Обычный	Сапротроф
50	*Phallus impudicus* (Pers.) L.	Обычный	Сапротроф
51	*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm.	Обычный	Сапротроф
52	*Russula aeruginea* Fr.	Обычный	Микоризообразователь
53	*Russula amethystina* Quél.	Обычный	Микоризообразователь
54	*Russula atropurpurea* Peck	Обычный	Микоризообразователь
55	*Russula cyanoxantha* (Schaeff.) Fr.	Обычный	Микоризообразователь
56	*Russula grisea* (Batsch) Fr.	Обычный	Микоризообразователь
57	*Russula ochroleuca* Fr.	Обычный	Микоризообразователь
58	*Russula paludosa* Britz.	Обычный	Микоризообразователь
59	*Stropharia aeruginosa* (Curtis: Fr.) Quél.	Обычный	Сапротроф
60	*Tricholoma fulvum* (DC.) Bigeard & H. Guill.	Обычный	Микоризообразователь
61	*Tricholoma sulphureum* (Bull.) P. Kumm.	Обычный	Микоризообразователь

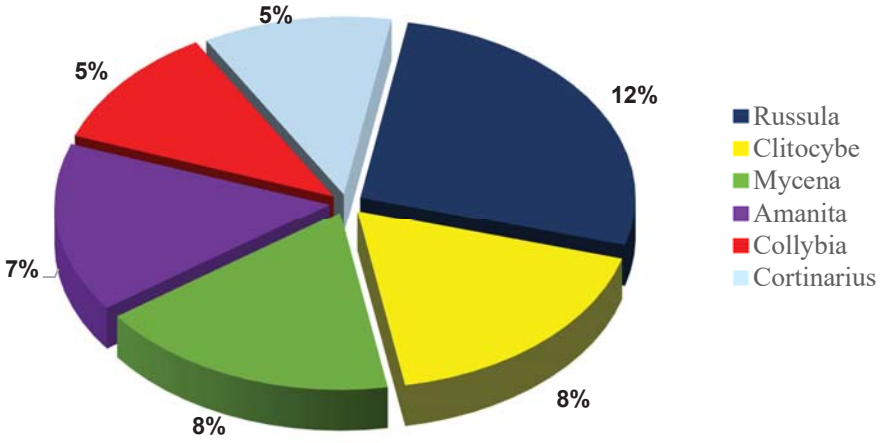


Рис. 2. Процентное соотношение количества видов основных родов к общему числу видов агарикоидных грибов

Fig. 2. Percentage of the number of species of the main genera to the total number of species of agaricoid fungi

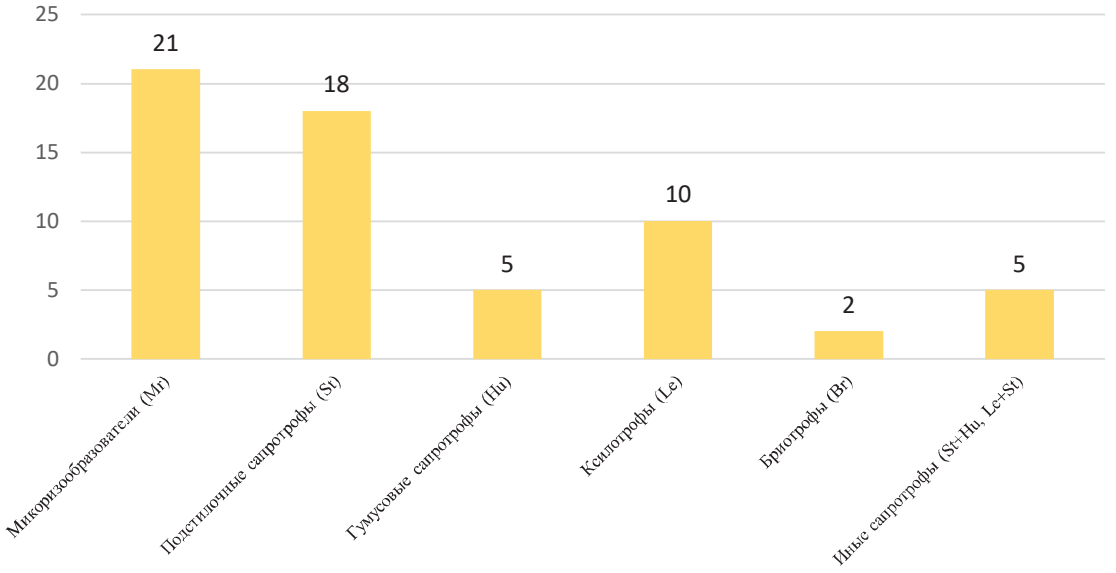


Рис. 3. Трофическая структура агарикоидной микобиоты дубрав

Fig. 3. Trophic structure of the agaricoid mycobiota of oak forests

весины, не влияя при этом на механическую прочность клеточных стенок, а также в том, что они подготавливают субстрат к заселению активными деструкторами – базидиальными грибами.

Вторую стадию разложения древесины осуществляют в большинстве случаев трутовые грибы, которые подразделяются на две большие группы: грибы, разрушающие только углеводный комплекс древесины и не способные осваивать лигнин (деструктивная гниль); грибы, использующие как клетчатку, так и лигнин (коррозионная гниль). Группировки трутовых грибов на второй стадии разложения древесины сопровождаются комплексом микроорганизмов (сумчатые и несовершенные грибы, миксомицеты, бактерии, насекомые), существующих за счет продуктов жизнедеятельности макромицетов.

Биологическое разнообразие дереворазрушающих афиллофороидных грибов напрямую связано с наличием в лесах древесного отпада различных стадий разложения. Сокращение биологического разнообразия и нарушение баланса в строении сообществ дереворазрушающих афиллофороидных грибов может приводить к поражению насаждений грибными болезнями.

Скорость разложения древесины в лесах во многом определяется биохимической природой субстрата и его положением в пространстве.

Различного состава и количества фунгитоксичные (противогрибные) соединения, образуемые древесными породами, значительно усложняют процесс заселения древесины ксилотрофными грибами. Немаловажное значение для деструкции древесины имеют диаметр деревьев, гидротермические условия местообитания, пространственное положение, упавшие на землю стволы разлагаются гораздо быстрее, чем сухостойные (по литературным данным в 4 раза), при равных значениях влажности субстрата и температуры среды. В зависимости от многих факторов время полной деструкции древесины колеблется от 5–7 до 100 лет и более [14].

Трутовые грибы дубрав были собраны на живых деревьях и древесных остатках дуба, граба, вяза, лещины, ольхи, осины, березы, ели и сосны. Наибольшее количество видов было выявлено на валеже и древесном отпаде дуба (19 видов), граба (17 видов), осины, ольхи, березы (по 12 видов), вяз (9 видов) и лещины (7 видов), всего было идентифицировано 67 видов (табл. 2).

За небольшим исключением, основная часть афиллофороидных грибов это ксилотрофы-сапротрофы, поселяющиеся на мертвой древесине. Спектр древесных субстратов, заселяемых представителями этой группы, чрезвычайно широк – от крупномерного сухостоя и валежа до мелкого веточного отпада.

Видовое разнообразие афилофороидных грибов в обследованных фитоценозах представлено 67 видами, относящимися к 8 порядкам, 21 семейством и 39 родам. Наибольшей насыщенностью видами характеризуется порядок *Polyporales*, включающие 7 семейств, 20 родов и 32 вида соответственно (табл. 3, рис. 4). На живых деревьях отмечены типичные представители биотрофного комплекса афиллофоровые грибы – *Phellinus igniarius, Laetiporus sulphureus, Polyporus umbellatus, Stereum sp*. и т.д.

На исследуемых территориях был проведен созологический анализ, установлены новые места произрастания видов грибов, внесенных в Красную книгу в Светлогорском и Петриковском районах – *Pycnoporus cinnabarinus* (пикнопорус киноварно-красный) и *Fomitopsis rosea* (трутовик розовый) [15].

Распределение и зависимость видового разнообразия грибов от типа изучаемого фитоценоза не прослеживалась, т.к. афиллофороидные грибы в основном зависят от наличия/отсутствия валежа, и в злаково-пойменных дубравах, где напочвенная растительность активно развивается количество афиллофороидных грибов было минимальным, впрочем как и агарикоидных. Во всех остальных типах дубрав распределение грибов было примерно одинаковым.

Видовой состав биоты высших базидиомицетов (макромицетов) пойменных дубрав в общих чертах характерен для всей лесной зоны умеренного пояса и свидетельствует о неморальном характере флоры.

Таблица 2. Список видов афиллофороидных грибов пойменных дубрав

Table 2. List of species of aphyllophoroid fungi of floodplain oak forests

№	Вид	Субстрат	Трофическая группа
1	*Artomyces pyxidatus* (Pers.) Jülich	На валеже граба, осины, ольхи	Сапротроф
2	*Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich	На коре дуба, ивы	Сапротроф
3	*Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst.	На стволах, пнях и валеже граба, вяза, осины	Биотроф/ сапротроф
4	*Calocera viscosa* (Pers.) Fr.	На гниющей древесине лиственных пород	Сапротроф
5	*Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill	На валеже, пнях лиственных пород.	Сапротроф
6	*Corticium roseum* Pers.	На валеже граба и ольхи	Сапротроф
7	*Cylindrobasidium evolvens* (Fr.) Jülich	На веточном отпаде граба, березы	Сапротроф
8	*Daedalea quercina* (L.) Pers.	На валеже дуба	Сапротроф
9	*Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt.	На сухостое березы и осины	Сапротроф
10	*Datronia mollis* (Sommerf.) Donk	На валеже граба	Сапротроф
11	*Dendrothele alliacea* (Quél.) P.A. Lemke	На коре вяза	Сапротроф
12	*Fomes fomentarius* (L.) J.J. Kickx	На сухостое березы и осины	Сапротроф/ биотроф
13	*Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst.	На валеже сосны, граба	Сапротроф
14	*Fomitopsis rosea* (Alb. & Schwein.) P. Karst.	На крупномерном валеже сосны	Сапротроф
15	*Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.	На валеже дуба и осины	Сапротроф
16	*Gloeophyllum odoratum* (Wulfen) Imazeki.	На пнях дуба, вяза, клена	Сапротроф
17	*Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst.	На валеже сосны	Сапротроф
18	*Haplotrichum* sp.	На голой древесине	Сапротроф
19	*Hymenochaete rubiginosa* (Dicks.) Lév.	На валеже дуба, на замшелом валеже.	Сапротроф

№	Вид	Субстрат	Трофическая группа
20	*Hymenochaete tabacina* (Sowerby) Lév.	На валеже дуба, тонких ветках лещины	Сапротроф
21	*Hyphoderma praetermissum* (P. Karst.) J. Erikss. & Å. Strid	На валеже ольхи, березы и лещины	Сапротроф
22	*Hyphodontia crustosa* (Pers.) J. Erikss.	На веточном отпаде ольхи, березы, дуба	Сапротроф
23	*Hyphodontia nespori* (Bres.) J. Erikss. & Hjortstam	На веточном отпаде дуба, сосны	Сапротроф
24	*Hyphodontia sambuci* (Pers.) J. Erikss	На валеже вяза	Сапротроф
25	*Hyphodontia spathulata* (Schrad.) Parmasto	На валеже ольхи	Сапротроф
26	*Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilát	На живом дереве березы	Биотроф
27	*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill	На живых деревьях и валеже дуба и осины	Биотроф/ сапротроф
28	*Oxyporus corticola* (Fr.) Ryvarden	На живых деревьях ольхи, граба, вяза, клена	Биотроф
29	*Oxyporus populinus* (Schumach.) Donk	На живых деревьях дубая, вяза	Биотроф
30	*Peniophora incarnata* (Pers.) P. Karst.	На сухостое березы, ольхи, ясеня, ивы	Сапротроф
31	*Peniophora lilacea* Bourdot & Galzin	На ветвях сухостоя, опавших ветвях вяза	Сапротроф
32	*Peniophora polygonia* (Pers.) Bourdot & Galzin	На веточном отпаде осины	Сапротроф
33	*Peniophora quercina* (Pers.) Cooke	На веточном отпаде дуба	Сапротроф
34	*Phanerochaete sordida* (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarden	На валеже лещины	Сапротроф
35	*Phellinus igniarius* (L.) Quél.	На валеже ольхи	Биотроф/ сапротроф
36	*Phellinus robustus* (P. Karst.) Bourdot & Galzin	На валеже дуба	Биотроф/ сапротроф
37	*Phellinus tremulae* (Bondartsev) Bondartsev & Borissov	На валеже ольхи	Биотроф/ сапротроф
38	*Phlebia rufa* (Pers.) M.P. Christ.	На замшелом валеже граба, осины, ясеня	Сапротроф
39	*Phlebiella tulasnelloidea* (Höhn. & Litsch.) Bondartsev & Singer	На валеже дуба	Сапротроф
40	*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich	На пне сосны	Сапротроф
41	*Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.	На сухостое и валеже березы	Сапротроф
42	*Polyporus arcularius* (Batsch) Fr.	На веточном опаде лещины	Сапротроф
43	*Polyporus brumalis* (Pers.) Fr.	На валеже осины, граба	Сапротроф
44	*Polyporus squamosus* (Huds.) Fr.	На валеже граба	Биотроф/ сапротроф
45	*Postia caesia* (Schrad.) P. Karst.	На валеже осины	Сапротроф
46	*Postia fragilis* (Fr.) Julich	На валеже лещины	Сапротроф
47	*Postia* sp.	На свежем валеже ели	Сапротроф
48	*Postia stiptica* (Pers.) Jülich	На сухостое ели, осины	Сапротроф
49	*Postia tephroleuca* (Fr.) Jülich	На валеже осины	Сапротроф
50	*Pycnoporellus fulgens* (Fr.) Donk	На валеже ели	Сапротроф
51	*Pycnoporus cinnabarinus* (Jacq.) P. Karst.	На веточном отпаде березы	Сапротроф
52	*Schizophyllum commune* Fr.	На валеже граба, осины	Сапротроф
53	*Steccherinum* sp.	На валеже дуба	Сапротроф
54	*Steccherinum ochraceum* (Pers.) Gray	На веточном отпаде дуба, граба, вяза	Сапротроф
55	*Stereum gausapatum* (Fr.) Fr.	Н ослабленных деревьях граба	Сапротроф
56	*Stereum hirsutum* (Willd.) Pers.	На валеже дуба, ивы, лещины	Сапротроф
57	*Stereum subtomentosum* Pouzar	На валеже граба, ольхи и березы	Сапротроф
58	*Trametes gibbosa* (Pers.) Fr.	На валеже ольхи	Сапротроф
59	*Trametes hirsuta* (Wulfen) Pilát	На пне лещины, сухостое березы	Сапротроф
60	*Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. & Ryvarden	На валеже вяза	Сапротроф
61	*Trametes trogii* Berk.	На валеже дуба, граба	Сапротроф
62	*Trametes versicolor* (L.) Lloyd	На сухостое ели, валеже граба	Сапротроф
63	*Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvarden	На валеже березы	Сапротроф
64	*Trichaptum fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden	На валеже сосны	Сапротроф
65	*Xylodon flaviporus* (Berk. & M.A. Curtis ex Cooke) Riebesehl & Langer	На валеже березы и ольхи	Сапротроф
66	*Xylodon paradoxus* (Schrad.) Chevall.	На веточном отпаде граба	Сапротроф
67	*Xylobolus frustulatus (Pers.) P. Karst.*	На валеже дуба	Сапротроф

Таблица 3. Таксономическая структура биоты деревообитающих грибов дубрав

Table 3. Taxonomic structure of biota of tree dwellers oak forest mushrooms

Порядок, семейство (количество)	Род (число видов)
Agaricales (3/3)	
Schizophyllaceae	*Schizophyllum (1)*
Physalacriaceae	*Cylindrobasidium (1)*
Incertae sedis	*Dendrothele (1)*
Dacrymycetales (1/1)	
Dacrymycetaceae	*Calocera (1)*
Hymenochaetales (3/7)	
Hymenochaetaceae	*Hymenochaete (2), Phellinus (3), Inonotus (1), Xylodon (2)*
Hyphodontiaceae	*Hyphodontia (4)*
Schizoporaceae	*Oxyporus(2), Trichaptum (2)*
Polyporales (7/20)	
Fomitopsidaceae	*Daedalea (1), Fomitopsis (2), Piptoporus (1), Postia (5)*
Hyphodermataceae	*Hyphoderma (1)*
Ganodermataceae	*Ganoderma (1)*
Meruliaceae	*Bjerkandera (1), Phlebia (1)*
Phanerochaetaceae	*Phanerochaete (1) Phlebiopsis (1)*
Polyporaceae	*Cerrena (1), Daedaleopsis (1), Datronia (1),Fomes (1), Laetiporus (1), Polyporus (3), Pycnoporellus (1), Pycnoporus (1), Trametes (5)*
Steccherinaceae	*Steccherinum (2)*
Russulales (4/5)	
Peniophoraceae	*Peniophora (4)*
Stereaceae	*Stereum (3), Xylobolus (1)*
Auriscalpiaceae	*Artomyces (1)*
Xenasmataceae	*Phlebiella (1)*
Atheliales (1/1)	
Atheliaceae	*Athelia (1)*
Corticiales (1/1)	
Corticiaceae	*Corticium (1)*
Gloeophyllales (1/1)	
Gloeophyllaceae	*Gloeophyllum (2)*

Заключение

В результате изучения видового разнообразия микобиоты пойменных дубрав Припятского Полесья выявлено 128 видов агарикоидных и афиллофороидных грибов, которые представлены 73 родами. Доминирующими по числу видов у агарикоидных грибов был род *Russula,* среди афиллофороидных грибов семейство *Polyporaceae.* Агарикоидные базидиомицеты представлены в основном микоризообразователями и подстилочными сапротрофами – 39 видов, среди афиллофороидных грибов преобладают ксилотрофы-сапротрофы. Видовой состав биоты высших базидиомицетов (макромицетов) пойменных дубрав в общих чертах характерен для всей лесной зоны умеренного пояса и свидетельствует о неморальном характере флоры. В ходе полевых исследований в дубравах Светлогорского и Петриковского районов установлены новые места произрастания охраняемых видов, которые включены в Красную книгу Беларуси – *Pycnoporus cinnabarinus* (пикнопорус киноварно-красный) и *Fomitopsis rosea* (трутовик розовый).

Полученные данные по встречаемости видов на субстратах различных типов могут быть использованы в природоохранной деятельности для разработки мер по сохранению биологического разнообразия деревообитающих грибов, в том числе редких и охраняемых видов.

Литература

1. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 326 с.

2. Юркевич, И. Д. Растительные ресурсы Полесья и их использование. В кн. Проблемы Полесья. – Мн.: Наука и техника, 1973. – С. 270–302.

3. Грибные сообщества лесных экосистем / В. А. Мухин [и др.] – М. – Петрозаводск, Карельский НЦ РАН, 2000. – С. 26–36.

4. Васильева, Л. Н. Методика изучения макромицетов в лесных фитоценозах / Л. Н. Васильева // Проблемы изучения грибов и лишайников. – Тарту, 1965. – С. 5–13.

5. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – Киев, 1982. – 233 с.

Phillips, R. Mushrooms and other fungi of Great Britain & Europe / R. Phillips. – London: Pan Books, 1981. – 288 p.

6. Вассер, С. П. Флора грибов Украины. Базидиомицеты: Аманитальные грибы / С. П. Вассер. – Киев: Наук. думка, 1992. – 164 с.

7. Визначник грибів України: В 5-и т. / М. Я. Зерова, С. Ф. Морочковский, Г. Г. Радзіевский, М. Ф. Сміцька; под ред. Д. К. Зерова – Київ: Наук. думка, 1971. – Т. 4: Базидіоміцеты. – 315 с.

8. Нездойминого, Э. Л. Определитель грибов России: Порядок агариковые; Семество паутинниковые / Э. Л. Нездоминого – Спб.: Наука, 1996. – 408 с.

9. Комарова, Э.П. Определитель трутовых грибов БССР / Э. П. Комарова. – Минск: Наука и техника, 1964. – 344 с.

10. Ниемеля, Т. Трутовые грибы Финляндии и прилегающей территории России / Т. Ниемеля. – Хельсинки: Norrlinia 8, 2001. – 120 с.

11. Бондарцева, М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые; Вып.2 / М. А. Бондарцева. – СПб.: Наука, 1998. – 391 с.

12. Васильева, Л. Н. Низшие растения, грибы и мохообразные советского Дальнего Востока. Грибы. Пиреномицеты и локулоаскомицеты / Л. Н. Васильева. – СПб.: Наука, 1998. – Т. 4. – 419 с.

13. Стороженко, В. Г. Датировка разложения крупных древесных остатков в лесах различных природных зон / В. Г. Стороженко // Лесоведение. – 2001. – № 1. – С. 49–53.

14. Красная книга Республики Беларусь. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений.; – Минск: Беларусская Энциклопедия, 2015. – С. 4–10.

Поступила в редакцию 21.11.2022 г.

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ
PLANT PHYSIOLOGY AND ECOLOGY

УДК 581.19:547.36

Н. А. ЛАМАН, Н. А. КОПЫЛОВА, Е. Н. КАРАСЁВА

НАКОПЛЕНИЕ ДИОСГЕНИНА В РАСТЕНИЯХ ДИОСКОРЕИ КРЫЛАТОЙ (*DIOSCOREA ALATA* L.), ВЫРАЩЕННЫХ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

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

Аннотация. Проведена оценка содержания диосгенина – биологически активного соединения, относящегося к группе стероидных гликозидов, в тканях органов растений диоскореи крылатой (*Dioscorea alata* L.), выращенных из мелких клубней или частей крупных клубней с почками, а также из укорененных черенков в условиях закрытого грунта на оптимизированном ионообменном субстрате. Показано, что зрелые листья растений накапливают больше диосгенина по сравнению с молодыми листьями; с увеличением возраста листа возрастает накопление связанных форм диосгенина, в молодых листьях преобладает свободная форма данного соединения. В клубнях максимальное общее содержание диосгенина – 199,4±4,4 мкг/г воздушно-сухой массы обнаружено в близком к эпидермису наружном (1 см) слое клубня; по направлению к сердцевине его количество в тканях клубня существенно снижается, наименьшее содержание диосгенина (5,8±0,5 мкг/г воздушно-сухой массы) обнаружено в сердцевине.

Ключевые слова: сапонины, клубни, ионообменный субстрат, *Dioscorea alata* L.

N. A. LAMAN, N. A. KOPYLOVA, E. N. KARASIOVA

ACCUMULATION OF DIOSGENIN IN *DIOSCOREA ALATA* L. PLANTS GROWN UNDER LABORATORY CONDITIONS

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

Annotation. The content of diosgenin in the tissues of Dioscorea *alata* under laboratory conditions was estimated. Mature leaves have been shown to accumulate more diosgenin than young ones; with increasing leaf age, the growth of bound forms of diosgenin occurs; in young leaves, the free form of this compound predominates. The maximum content of diosgenin (199.4 ±4.4 mcg) was found in tuber tissues close to the epidermis; its least amount (5.8±0.5 mcg) is determined in the core.

Keywords: saponins, tubers, ion exchange substrate, *Dioscorea alata* L.

Введение

Семейство *Dioscoreaceae*, включающее около 600 видов, произрастающих в тропических и субтропических районах, относится к числу наиболее важных биопродуцентов стероидных сапонинов. Для растений этого семейства характерно образование подземных или надземных клубней, богатых биологически активными веществами, в том числе сапонинами, фенольными соединениями, оксалатами, ингибиторами амилазы и трипсина и др. [1, 2].

Некоторые виды *Dioscorea* экономически важны в качестве основного продукта питания населения тропических регионов, другие используются для экстракции стероидных сапонинов, которые при гидролизе превращаются в сапогенины (например, диосцин в диосгенин), используемые в дальнейшем в качестве исходного материала для производства кортикостероидов, половых гормонов, а также синтеза других стероидных соединений.

На территории бывшего СССР в настоящее время произрастают диоскорея кавказская (*Dioscorea caucasica* Lipsky) и диоскорея ниппонская (*Dioscorea nipponica* Makino), для которых характерны небольшие ареалы распространения.

Клубни диоскореи кавказской содержат до 25% стероидных гликозидов (сапонинов). Основную часть сапонинов составляет диосцин, который при гидролизе расщепляется на глюкозу, рамнозу и диосгенин. В подземных органах также содержится крахмал и жироподобные вещества. Основными биологически активными веществами клубней диоскореи ниппонской являются стероидные сапонины (до 10%), среди которых доминирует диосцин. В сырье содержатся также крахмал и жирное масло. Растения диоскореи кавказской и диоскореи ниппонской использовались для получения очищенных суммарных препаратов «Диоспонин» и «Полиспонин», применяемых как гипохолестеринемическое и гиполипидемическое средство. Однако по причине истощения запасов сырья и в связи с медленным возобновлением природных популяций, эти виды занесены в Красную книгу Российской Федерации [3].

К настоящему времени получены доказательства противоопухолевой, антихолестериновой, антидиабетической, антиоксидантной, антигиперлипидемической, противовоспалительной активности природных сапонинов [4].

Данные многочисленных экспериментальных исследований, подтвердившие ценность стероидных препаратов, увеличили мировой спрос на них, в том числе на диосгенин. В связи с этим, становится актуальной проблема поиска возобновляемых источников этого важного сырья для фармацевтической промышленности. На сегодняшний день диосгенин и родственные сапогенины коммерчески доступны из клубней различных видов *Dioscorea*; имеются данные о высоком содержании диосгенина и в клубнях *Dioscorea alata* [4].

Цель данного исследования – количественное определение методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) содержания диосгенина в листьях и клубнях *Dioscorea alata* L., выращенных в лабораторных условиях.

Объекты и методы исследований

Растительный материал и условия выращивания. С целью интродукции диоскореи крылатой в культурную флору Беларуси в Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси выполнены исследования по разработке методов клонального размножения этого вида и технологии его выращивания в закрытом грунте. В экспериментальной работе использовался безвирусный материал *Dioscorea alata* L. (клубни), полученный из Шри Ланка из Центра инновационных технологий размножения растений (The Center of Innovation Technology of Plant Propagation, Moratuva) [5, 6].

Диоскорея крылатая (*Dioscorea alata* L.) наиболее распространенный вид ямса в Юго-Восточной Азии, который выращивают практически во всех странах региона [2]. Клубни диоскореи крылатой варьируют по размеру и форме, часто встречаются крупные. Поверхность их гладкая, кожица от коричнего до черного цвета, мякоть белая, кремовая или пурпурная. Масса клубней варьирует от 50–300 г до 10–15 кг и более.

По разработанной в лаборатории технологии для размножения диоскореи крылатой использовали мелкие клубни или части крупных клубней с почками, а также укорененные черенки, которые заготавливали из лианообразных побегов. Клубни или укорененные черенки высаживали в емкости (горшки) объемом 6 л, наполненные пятью литрами оптимизированного ионообменного субстрата. Растения выращивали в условиях лабораторного биотехнологического комплекса под светом ламп LED (освещенность 15000 лк, фотопериод 14 ч) при влажности субстрата 75–80% и температуре 20±2ºС днем и 17±2ºС ночью. Полив осуществлялся отстоявшейся водопроводной водой. Опорой для лианообразных побегов служили цилиндры из пластмассовой сетки с ячейками 10х10 см, внутри которых размещались горшки с растениями (рис.1).

Содержание диосгенина определяли в листьях различного возраста и в отдельных частях клубней. Для анализа брали молодые растущие листья пурпурного цвета (рис. 2-1). Завершившие рост листья интенсивного зеленого цвета (рис. 2-2) и стареющие желто-зеленые листья (рис. 2-3).

На рис. 3 показан клубень в разрезе с указанием частей, взятых для определения диосгенина.

Экспериментальный растительный материал высушивали в термостате при температуре 60 °С до воздушно-сухого состояния.

Экстракция. Навеску измельченного сухого растительного материала экстрагировали гексаном, затем жидкую фракцию отбрасывали, осадок подсушивали при комнатной температуре для удаления гексана, добавляли 50%-й этанол и перемешивали 1 час при комнатной температуре при 2400 об/мин, центрифугировали для разделения жидкой и твердой фракций. В супернатанте определяли свободный диосгенин. К осадку добавляли 2-х нормальный раствор серной кислоты в 70%-ном изопропаноле. Используя магнитную

Рис.1. Внешний вид растений
диоскореи крылатой (восьмой месяц вегетации)

Fig. 1. Appearance of Dioscorea winged plants
in the eighth month of vegetation

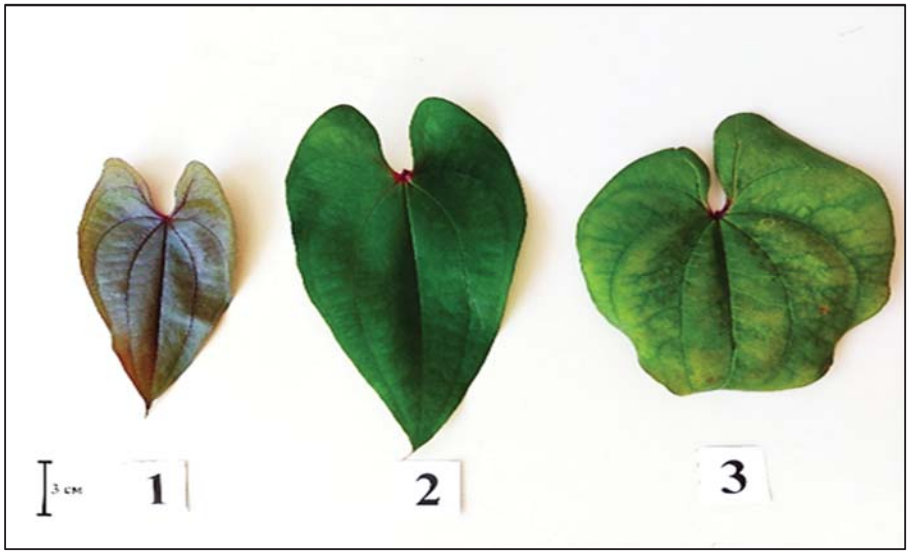


Рис. 2. Внешний вид и размеры листьев различного возраста

Fig. 2. Appearance and size of leaves of different ages

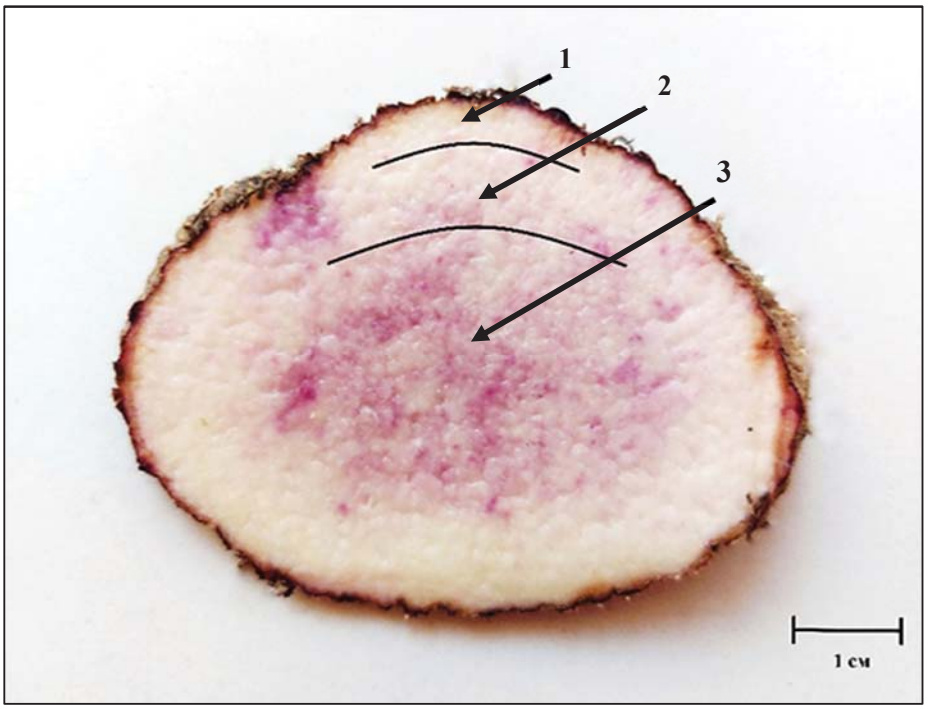


Рис.3. Поперечный разрез клубня диоскореи крылатой с указанием слоев, использованных для анализа: 1 – наружный слой толщиной 1 см, включая эпидермис; 2 – средний слой толщиной 3 см; 3 – сердцевина

Fig. 3. Cross section of a tuber of *Dioscorea alata* L., indicating the layers used for analysis: 1 – outer layer 1 cm thick, including the epidermis; 2 – middle layer 3 cm thick; 3 – core

мешалку с функцией нагревания, смесь повергали гидролизу в течение 8 часов (2400 об/мин, 135 °С). Затем раствор остужали, 5%-м раствором гидроксида калия нейтрализовали до pH 7, центрифугировали для удаления осадка. Далее пробу выпаривали до водной фазы, переносили в делительную воронку, добавляли диэтиловый эфир, экстрагировали в течение 10 минут. После этого эфирную фракцию, содержащую диосгенин, нин, отделяли, выпаривали диэтиловый эфир. Сухой остаток растворяли в ацетонитриле и анализировали методом ВЭЖХ.

ВЭЖХ-анализ. Анализ содержания диосгенина методом обращеннофазовой ВЭЖХ в градиентном режиме проводили с помощью хроматографа UltiMate 3000 (Thermo Fisher Scientific, Германия), оснащенного насосом LPG-3400SD, автосамплером ACC-3000, детектором DAD-3000RS, колонкой Acclaim ™ 120 C18 (4,6×150 мм), размер частиц 5 мкм (Dionex Bonded Silica Products, США). Подвижная фаза представляла собой смесь ацетонитрила (А) и воды I типа, pH 3,0; градиент: 0–20 мин 0% А – 100% А. Скорость потока составляла 1 мл/мин; температура колонки – 35°С, объем инжекции – 20 мкл. Использованы аналитические стандарты для ВЭЖХ фирмы Sigma-Aldrich, чистота ≥ 98%. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы Excel. Приведенные данные представляют собой средние значения из трех биологических повторностей с указанием стандартного отклонения.

Результаты и их обсуждение

Диосгенин как стероидный сапогенин является одним из наиболее важных предшественников для синтеза около 300 видов стероидных гормонов [1, 2]. Имеются многочисленные экспериментальные работы, подтверждающие высокую биологическую активность диосгенина, в том числе антиканцерогенную, кардиопротекторную, противомалярийную, антиоксидантную и т.д. Показано, что высоким содержанием диосгенина отличаются растения рода *Dioscorea*, но количество данного соединения может значительно варьировать и зависит от многих факторов – условий произрастания, климата, почвы, географической локализации растения, его генотипа и физиологического состояния [7]. Растущий спрос на препараты диосгенина не может быть обеспечен путем заготовки натуральных природных ресурсов, следовательно, встает задача культиви-

рования и получения высоких урожаев растений-продуцентов стероидных сапонинов.

Климат Беларуси значительно отличается от естественных условий произрастания диоскореи, поэтому ее успешное культивирование возможно, главным образом, в условиях оранжерей. В связи с этим необходимо изучение количественного содержания диосгенина в различных органах растений, выращенных в данной среде.

Предварительно нами был проведен обзор литературных сведений о содержании диосгенина в растениях диоскореи различных видов (табл. 1).

Очевидно, что содержание диосгенина в тканях растений, даже относящихся к одному виду, значительно варьирует. По литературным данным, наиболее высоким количеством диосгенина отличаются клубни *Dioscorea zingibenisis* [11] и *Dioscorea nipponica* [12]. В работе C. D. Hana, K. Rufina, R. D. Myrene отмечается довольно высокое содержание диосгенина и в клубнях *Dioscorea alata* – 1,35 г/100 г сухой массы [4], что указывает на то, что диоскорею крылатую можно рассматривать как один из перспективных объектов для получения диосгенина.

Для анализа методом ВЭЖХ нами использованы клубни и листья *Dioscorea alata* различного возраста (табл. 2, 3). Полученные данные позволяют оценить накопление диосгенина у растений, выращенных в лабораторных условиях.

Согласно полученным данным, листья диоскореи значительно уступают клубням по содержанию диосгенина. Накопление (общее содержание) данного соединения в листьях, завершивших рост, существенно выше, чем в молодых, при этом количество связанного диосгенина в старых тканях возрастает; в молодых преобладает свободная форма. Можно предположить, что листья, завершившие рост, больше подходят для получения настоев в бытовых условиях.

В большинстве научных работ по исследованию содержания диосгенина в различных видах диоскореи использовались клубни. Полученные нами данные выявили неоднородность распределения диосгенина в тканях клубня (см. табл. 3).

Таблица 1. Содержание диосгенина в тканях различных видов диоскореи

Table 1. The content of diosgenin in the tissues of various types of *Dioscorea*

Вид	Орган	Содержание диосгенина	Ссылка
D. polygonoides	Побеги	0,02–2,64%	[7]
D. alata	Клубни	1,35 г/100 г сухой массы	[4]
D. althaeoides	Побеги	0,2–2,30%	[8]
D. prazeri	Клубни	1,92%	[9]
D. villosa	Клубни	1,3%	[10]
D. zingibenisis	Побеги Клубни	0,18–0,55% 4,699 мг/г сухой массы	[11, 12]
D. nipponica	Клубни	5,103 мг/г сухой массы	[12]
D. deltoidea	Побеги	1,204%	[13]

Таблица 2. Содержание диосгенина в тканях *Dioscorea alata* L.

Table 2. The content of diosgenin in the tissues of *Dioscorea alata* L.

Орган	Содержание связанного диосгенина, мкг/г воздушно-сухой массы	Содержание свободного диосгенина, мкг/г воздушно-сухой массы	Общее содержание диосгенина, мкг/г воздушно-сухой массы
Молодой растущий лист	13,89 ± 1,075	16,0 ± 0,26	29,89
Сформированный, завершивший рост лист	18,3 ± 0,83	18,11± 0,091	36,41
Стареющий лист	25,43 ± 0,97	19,39 ± 0,18	44,82
Клубень в целом	158,19 ± 4,42	113,43 ± 1,85	271,62

Таблица 3. Содержание диосгенина в различных частях клубня *Dioscorea alata* L.

Table 3. The content of diosgenin in various parts of the tuber *Dioscorea alata* L.

Часть клубня	Содержание диосгенина, мкг/г воздушно-сухой массы
Верхний слой с эпидермисом, 1 см	199,37 ± 4,35
Средний слой, 3 см	27,06 ± 0,31
Сердцевина	5,76 ± 0,45

Наибольшее количество диосгенина в клубне *Dioscorea alata* обнаружено в тканях, близких к эпидермису; оно значительно уменьшается по направлению к сердцевине, что характерно для клубней и корнеплодов многих видов растений.

Известно, что клубни *Dioscorea alata* в естественных условиях могут достигать массы 3–5 кг и более, и именно эти части растения в странах Юго-Восточной Азии часто используются в пищу [2].

Заключение

Полученные нами экспериментальные данные позволили оценить содержание диосгенина в тканях *Dioscorea alata*, выращенной в лабораторных условиях при использованных параметрах режима выращивания.

Показано, что зрелые листья растения накапливают больше диосгенина по сравнению с молодыми, однако с увеличением возраста листа увеличивается содержание связанных форм диосгенина. В то же время в молодых листьях преобладают свободные формы этого соединения. В клубнях максимальное содержание диосгенина обнаружено в близких к эпидермису тканях клубня; его наименьшее количество содержится в сердцевине. Несмотря на то, что органы растений диоскореи крылатой, выращенных в лабораторных условиях, уступают по содержанию диосгенина тропической *Dioscorea alata*, их можно рассматривать как источник биологически активных соединений – листья и побеги использовать, например, для приготовления чаев и настоев.

Литература

1. Price, K. R. The Chemistry and Biological Significance of Saponins in Foods and Feedingstuffs / K. R. Price, I. T. Johnson, G. R. Fenwick, M. R. Malinow // CRC Crit.Rev.Food Sci.Nutr. 1987. – Vol. 26. – № 1. – P. 27–135.

2. Lebot, V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids/. – V. Lebot. – Wallingford, UK: CABI, 2008. – 404 p.

3. Камелин, Р. В. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Р. В. Камелин. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

4. Hana, C. D. Diosgenin from Dioscorea alata: Extraction and potential effects on enzymes related to metabolic syndrome / C. D. Hana, K. Rufina, R. D. Myrene // Int. J. Pharm. Biol. Sci. – 2019. – Vol. 9. – N. 1. – P. 177–185.

5. Карасева, Е. Н. Адаптационные реакции растений *Dioscorea alata* L. при ускоренном размножении на оптимизированных ионообменных субстратах / Е. Н. Карасева, Т. Г. Янчевская. // Ботаника (исследования): сборник научных трудов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Право и экономика, 2014. – Вып. 43. – С. 242–249.

6. Карасёва, Е. Н. Диоскорея крылатая (Dioscorea alata L.) – перспективное для условий Беларуси лекарственное и высокодекоративное растение/ Е. Н. Карасева // Ботаника (исследования): сборник научных трудов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск: Колорград,, 2021. – Вып. 50. – С.333–341.

7. Nino, J. Diosgenin quantification by HPLC in Dioscorea polygonoides tuber collection from Colombian flora / J. Nino [et al.]// J. Braz. Chem. Soc. – 2007. – Vol. 18, – N 5 / https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000500030.

8. Coursey, D. An account of the Nature Origins, Cultuvation and Utilization of the useful Members of the Discoreaceae/ D. Coursey, G. Yams // Longman, London, 1967.

9. Nie, L. H. Research Progress of Diosgenin from Dioscorea Plants / L. H. Nie, S. Y. Lin , Z. X. Ning // Chin. J. Biochem. Pharm. – 2004. – Vol. 25, N 5. – P. 318–319.

10. Mahato, S. B. High-performance liquid chromatographic method for the determination of diosgenin in plants / S.B. Mahato, N. P. Sahu, S. K. Roy // J. Chromatogr. – 1981. – Vol. 206. P. 169.

11. De Lourdes Contreras-Pacheco, M. Diosgenin quantification, characterisation and chemical composition in a tuber collection of Dioscorea spp. in the state of J. alisco, Mexico / M. De Lourdes Contreras-Pacheco, F. Santacruz-Ruvalcaba, J. A. García-Fajardo, G. J. de Jesús Sánchez // Int. J. Food Sci. Technol. – 2013. – Vol. 48. – P. 2111–2118.

12. Xu, Y. Studies on improving diosgenin content of Dioscorea zingibensis with solid fermentation of endophytic fungi C39 / Y. Xu, S. Gu, D. Yu, X. Du // Амурский мед. журнал. – 2013, №4. – С. 133–137.

13. Rothrock, J. W. Isolation of Diosgenin by Acid Hydrolysis of Saponin / J. W. Rothrock, P. A. Hammes, W.J. Mcaleer // Ind. Eng. Chem. Res. – 1957. – Vol.49, N 2. – P. 186–188.

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

УДК 582.998.2

Н. А. ЛАМАН, А. В. УСИК, Е. Н. ОЛЕШУК, А. Н. ГРИЦ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.) В ВИРГИНИЛЬНОМ ПЕРИОДЕ РАЗВИТИЯ

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

Аннотация. В статье приведены морфологические особенности развития инвазивного на территории Беларуси вида – золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) в виргинильном периоде при формировании растений из семян. Рассмотрены последовательности смены морфологических признаков, характерных для данного периода формирования растений из семянки и отражающих видовую принадлежность растения: окраска, линейные размеры семядольных и настоящих листьев, форма и морфология поверхности листовых пластинок и стебля, число боковых цветоносных побегов, образующихся из пазушных почек верхних листьев.

Ключевые слова: золотарник канадский, *Solidago canadensis* L., виргинильный период развития, семянка.

N.A. LAMAN, A.W. USIK, E.N. OLESHUK, A.N. GRIZ

MORPHOLOGICAL FEATURES OF *SOLIDAGO CANADENSIS* L. PLANTS IN THE VIRGINAL PERIOD OF DEVELOPMENT

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

Abstract. The article presents the morphological features of an invasive species on the territory of Belarus – *Solidago canadensis* L. in the virginal period in the formation of plants from seeds The sequences of changes in morphological features characteristic of this period of plant formation from achene and reflecting the species of the plant are considered: color, linear dimensions of cotyledon and true leaves, shape and morphology of the surface of leaf blades, number of lateral flowering shoots formed from axillary buds of upper leaves.

Keywords: *Solidago canadensis L.,* virginal period of development, achene.

Введение

Виды рода *Solidago* относятся к семейству Астровые (*Asteraceae*). Это травянистые корневищные многолетние гемикриптофиты высотой от 10 см (декоративные низкорослые виды) до 2 м и более, например, золотарник гигантский (*Solidago gigantea* Ait.).

Род Solidago включает более 100 дикорастущих видов. В Беларуси распространен аборигенный вид – золотарник обыкновенный (европейский) или золотая розга (*Solidago virgaurea* L.). В настоящее время на территории республики активно распространяются два инвазивных вида – золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) и гигантский (*Solidago gigantea* Ait.). Они активно конкурируют с аборигенными видами, доминируют в фитоценозах в течение длительного времени, приводя к нарушению биологического разнообразия флоры [1–3].

В естественных условиях золотарник канадский произрастает в Северной Америке, в Европу он проник во второй половине XVII в. Основные места распространения золотарника канадского в Беларуси в современных условиях – пустыри, заброшенные земли, которые еще недавно эксплуатировались в качестве сельскохозяйственных, территории брошенных жилых комплексов, земли под ЛЭП, а также территории кладбищ [4, 5].

Почему инвазивные растения часто более конкурентноспособны в новом ареале, чем в их природном, является центральным вопросом в инвазивной биологии растений. Приблизится к ответу на данный вопрос позволяет на первоначальном этапе изучение динамики структурно-морфологических особенностей организации онтогенеза этих видов.

Целью настоящего исследования является детальное рассмотрение последовательности смены морфологических признаков в цикле индивидуального развития растений золотарника канадского в латентный и виргинильный периоды.

Жизненный цикл, цикл индивидуального развития, или онтогенез растений в ботанической терминологии – это генетически обусловленная последовательность этапов развития особи семенного или вегетативного происхождения от ее возникновения и до естественного отмирания. Как правило, в цикле индивидуального развития выделяют 4 основных периода: период покоя семян или латентный; виргинильный или прегенеративный период; генеративный и сенильный периоды [6].

Известно, что фенотип как совокупность всех внешних признаков и внутренних функций организма, определяемых нормой реакции генотипа на условия окружающей среды, может быть описан и изучен морфологическими, анатомическими и физиологическими методами. Совокупность морфологических признаков растений на каждом из этапов онтогенеза в этой связи называют их возрастным состоянием.

В пределах 4-х основных периодов жизненного цикла выделяют до 10 и более возрастных состояний: семя, проросток, ювенильное, имматурное, виргинильное, молодое генеративное, зрелое генеративное, старое генеративное, субсенильное, сенильное и отмершее растение.

Виргинильный (прегенеративный) – начальный период развития цветковых растений, в течение которого они приобретают признаки взрослых растений, но еще не образуют генеративных органов. В этой связи виргинильные особи иногда называют девственными. В виргинильном периоде выделяют следующие возрастные состояния растений: проросток, ювенильные и имматурные особи. Имматурные особи – растения, у которых отсутствуют ювенильные признаки, но они еще не вступили в генеративный период онтогенеза.

Объекты и методы исследования

Для получения семенного материала использовали растения золотарника канадского, собранные в феврале в окрестностях агрогородка Сеница Минского района. Соцветия сухих растений обмолачивали, а полученные семена высевали в контейнеры с почвогрунтом. Растения выращивали при освещенности 10000 люкс, при фотопериоде день/ночь 14/10 часов. Морфологические признаки оценивали визуально и под бинокуляром Olympus SZ61, с возможностью проведения фотосъемки.

Результаты и их обсуждение

Для представителей семейства Астровые характерно формирование нижнего сухого парикарпного односемянного плода – семянки, т.е. сухого орешка, имеющего нерастрескивающуюся скорлупу и содержащего всего одно семя.

Просмотренные под микроскопом после обмолачивания соцветий семянки золотарника канадского различались по выполненности, соответственно и по размерам. Длина наиболее развитой семянки доходила до 1 мм, а средние их размеры составляли 0,7 ± 0,15 мм. Вся наружная поверхность семянки покрыта ворсинками длиной до 0,007 мм (рис. 1 А, Б).

Масса 1000 семян колебалась в пределах от 0,05 до 0,1 г, что обусловлено их матрикальной разнокачественностью в пределах сложного соцветия метелки и элементарного соцветия – корзинки. На 1 генеративном побеге золотарника канадского их может сформироваться до 10 тысяч, в зависимости от мощности развития побега, погодных условий и места произрастания растений.

Хохолки (паппусы) развиваются на верхушке семянки (см. рис. 1 А, Б). Они представляют собой видоизмененные чашелистики цветка, а точнее их проводящие пучки [7]. Хохолки также покрыты многочисленными мелкими ворсинками (рис. 1 В). В лабораторных условиях высаженные в почвогрунт семена золотарника канадского прорастали на 3-е сутки. Процесс прорастания начинается с появления корешка (рис. 2 А), через 4–5 суток гипокотиля, который имеет у основания прозрачно-белое окрашивание, а ближе к семядолям – бледно-зеленое (рис. 3 Б). На 5–7-й день семядоли раскрываются. Они ярко-зеленого цвета, слегка выпуклые с внешней стороны. Средние размеры семядолей 1,99±0,19 мм. Спустя сутки после раскрытия семядолей начинает расти первый настоящий лист.

Изменения листовой пластинки на начальных этапах онтогенеза заключаются в следующем. Так, у первого и последующих настоящих листьев края пластинки покрыты трихомами (рис. 3 А).

У 1–4-ого настоящих листьев пластинка цельная, начиная с 5-ого листа, по ее краям появляются рассечения. Форма листовой пластинки также изменяется: от круглой (1–4 листья) до обратнояйцевидной (5-ый и последующие). Длина листа в процессе роста растения также изменяется от наименьшей – 0,5 см у семядольных листьев до 10,5 см у 6–8-го настоящих листьев (см. рис. 3 Б).

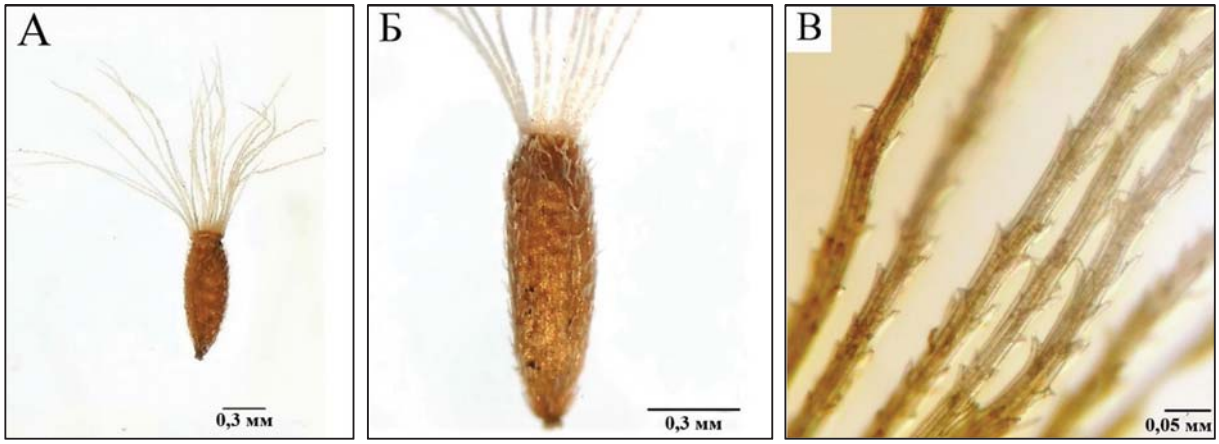


Рис. 1. Семянка золотарника канадского:
А – общий вид; Б – наличие ворсинок на поверхности; В – мелкие ворсинки на хохолках

Fig. 1. Achenes of goldenrod:
А – general view; Б – the presence of trichomes on the pappus; В – small structure of pappus

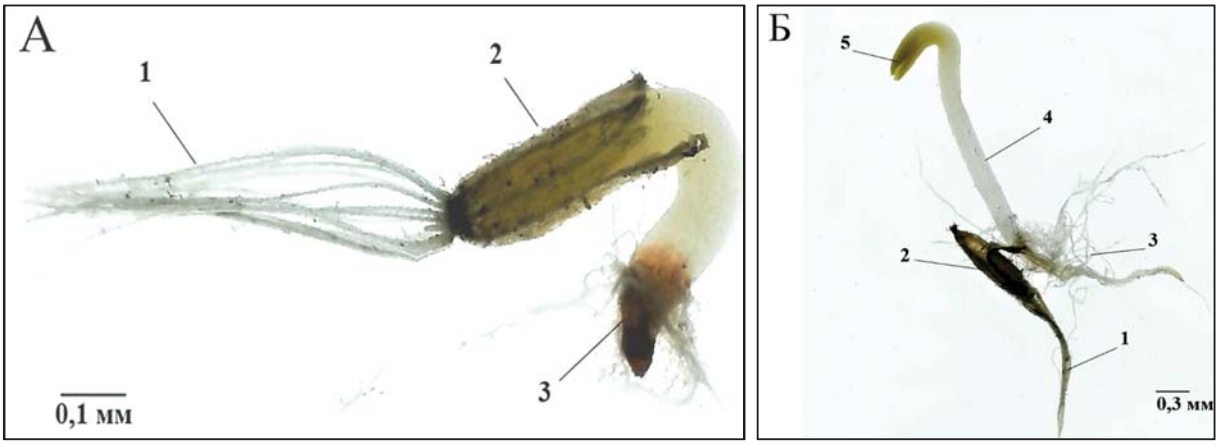


Рис 2. Прорастание семян золотарника:
А 1 – хохолок, А 2 – покровная оболочка семянки, А 3 – рост корня,
Б 4 – выпрямление и интенсивный рост гипокотиля, Б 5 – начало раскрытия семядолей

Fig. 2. Germination of seeds:
А 1 – pappus, А 2 – integument of achene, А 3 – growth of root,
Б 4 – intensive growth of hypocotyl, Б 5 – opening of cotyledons

Нами проведено измерение длины листьев у 15-и растений. На графике представлено усредненное значение этого показателя у золотарника канадского от семядольных до 58-ого настоящего листа (рис. 4).

Морфология листа является одним из признаков в определении видовой принадлежности растения. На нижней поверхности листовой пластинки золотарника канадского ярко выражены три жилки (рис. 5 А). Она также покрыта трихомами, которые располагаются, главном образом, на жилках (рис. 5 Б).

В конце виргинильного периода происходит интенсивный рост боковых цветоносные побегов из пазушных почек верхних листьев, которые формируют сложное соцветие – метелку (рис. 6).

С началом формирования элементов генеративной сферы виргинильный период в развитии растений золотарника канадского заканчивается. К этому времени часть листьев в нижней части стебля отмирает. В процессе ювенильного периода стебель золотарника канадского покрыт трихомами. К фазе цветения они исчезают в нижней его части, и он становится гладким.

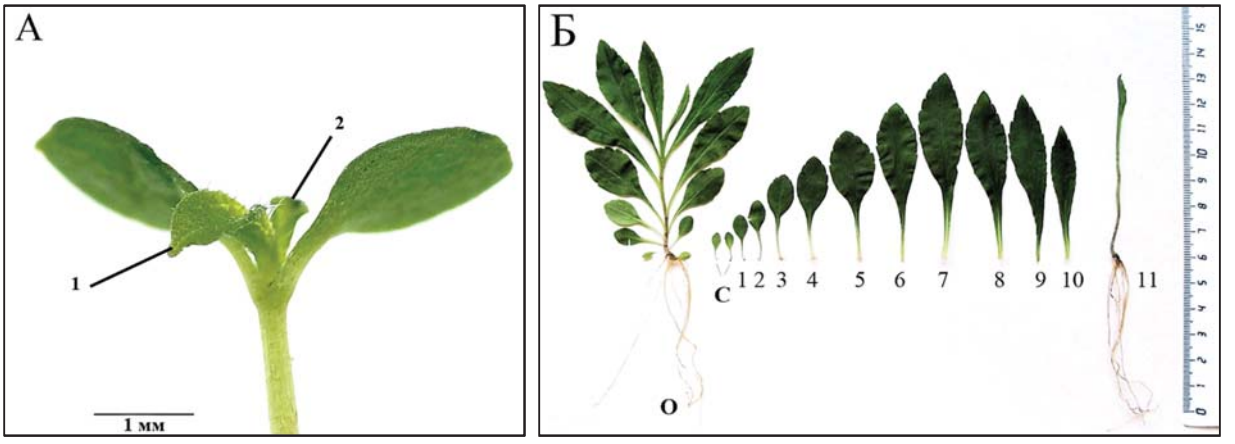


Рис. 3. Морфологические изменения в процессе роста растений золотарника канадского на начальных этапах онтогенеза: А – первый (1) и появляющийся второй (2) настоящие листья. Б – растение золотарника канадского в фазе развертывания 11-ого настоящего листа (о – общий вид, с– 2 семядольных листа, 1–11 – настоящие листья)

Fig. 3. Morphological changes in the process of growth of Canadian goldenrod plants at the initial stages of ontogenesis: A – first and second appearing true leaves. Б – Goldenrod plant in the phase of unfolding the 11th true leaf (o – general view, c – 2 cotyledon leaves, 1–11 – true leaves)

Рис. 4. Длина листьев золотарника канадского в конце виргинильного периода развития растений

Fig. 4. The length of the leaves of goldenrod at the end of the virginal season

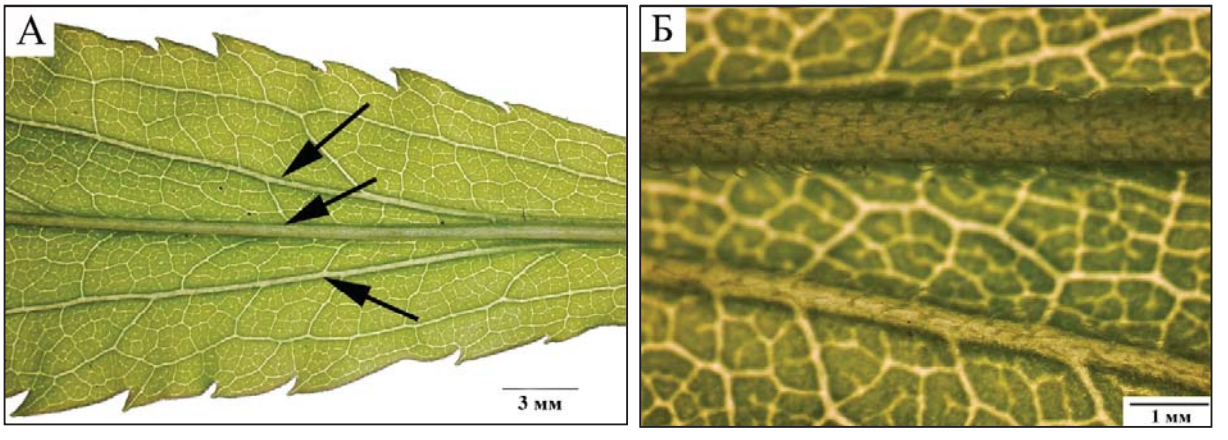


Рис. 5. Морфологические особенности листьев золотарника канадского: А – наличие трех жилок вдоль листовой пластинки (показано стрелками), Б – опушение по жилкам на нижней стороне листа (показано стрелками)

Fig. 5. Morphological features of leaves: A – the presence of three veins along the leaf blade (shown by arrows) Б – pubescence along the veins on the underside of the leaf (shown by arrows)

Рис. 6. Формирование боковых цветоносных побегов из почек в пазухах верхних листьев

Fig. 6. The formation of flowering shoots from the buds in the axils of the leaves

Заключение

Изложенные выше морфологические особенности развития золотарника канадского в виргинильный период исследованы, главным образом, на растениях, выращенных в лабораторных условиях. Не исключено, что развитие растений в условиях естественного местообитания будет иметь некоторые отличия. Они будут затрагивать, на наш взгляд, в основном количественные признаки: общее число сформированных листьев на побеге, их линейные размеры, длительность ювенильного периода, способность перейти к генеративному морфогенезу. Эти особенности будут уточняться по мере изучения морфологической структуры и динамики формирования подземных корневищ золотарника, которые обеспечивают способность этого инвазивного растения к клональному размножению, захвату и удержанию в течение десятилетий мест произрастания, а также расширению вторичного ареала этого вида.

Литература

1. Botta-Dukat, Z. Giant and Canadian goldenrod (Solidago gigantea Ait., S. canadensis L.) / Z. Botta-Dukat , I. Dancza // The most important invasive plants in Hungary – 2008. – P.167–177.

2. The biology of Canadian weeds.: 45. Solidago canadensis L/ Werner P. A. [et al.] //Canadian Journal of Plant Science. – 1980. – Vol. 60. – №. 4. – P. 1393–1409.

3. Виноградова, Ю. К. Инвазионная биология: предмет, гипотезы, задачи, методы/ Ю. К. Виноградова //Проблемы экспериментальной ботаники: сб. ст. – Минск, 2015. – С. 5–79.

4. Дубовик Д. В. Североамериканские виды рода Solidago L.(Asteraceae) во флоре Беларуси / Д. В. Дубовик, А. О. Саулов // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. /Ин-т эксперим. бот. НАН Беларуси. –Минск: Колорград, 2017. – Выпуск 46. – С. 18–25 .

5. Ламан, Н. А. Золотарники / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2020. – С.150–159.

6. Коровкин, О. А. Анатомия и морфология высших растений / О. А. Коровкин. – Москва: Дрофа, 2007. – 268 с.

7. Лотова, Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова. – Москва, 2007. – 510 с.

Поступила в редакцию 12.10.2022 г.

УДК 582.998.2

Н. А. ЛАМАН, А. В. УСИК, Е. Н. ОЛЕШУК, А. Н. ГРИЦ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ АБОРИГЕННОГО И ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ ЗОЛОТАРНИКА (*SOLIDAGO* L.)

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

Аннотация. Сравнительное исследование морфологических особенностей генеративной сферы (соцветия, цветок) трех видов золотарников: аборигенного (*Solidago virgaurea* L.) и двух инвазивных – *Solidago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Ait. Различия между видами наблюдаются в размерах как сложного соцветия, так и простых цветков. Показано, что отличия в генеративных органах золотарника гигантского и канадского сложнее проследить в полевых условиях, эффективнее всего опираться на признаки вегетативных органов, в первую очередь, таких как опушенность стебля.

Ключевые слова: золотарник канадский, *Solidago canadensis* L., золотарник гигантский *Solidago gigantea* Ait., золотарник обыкновенный, золотая розга, *Solidago virgaurea* L., инвазивные виды растений, генеративные органы.

N. A. LAMAN, A. W. USIK, E. N. OLESHUK, A. N. GRIZ.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE GENERATIVE SPHERE OF NATIVE AND INVASIVE SPECIES OF THE GOLDENER (*SOLIDAGO* L.)

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

Annotation. Comparative study of the morphological features of the generative sphere (inflorescence, flower) of three species of goldenrod: native (*Solidago virgaurea* L.) and two invasive *Solidago canadensis* L. and *Solidago gigantea* Ait. Differences between species are observed in the size of both complex inflorescences and simple flowers. It is shown that the differences in the generative organs of the *Solidago canadensis* L. and *Solidago gigantea* Ait. are more difficult to trace in the field, it is most effective to rely on the signs of vegetative organs, primarily, such as the pubescence of the stem.

Keywords: *Solidago canadensis* L., *Solidago gigantea* Ait., *Solidago virgaurea* L., invasive plants, generative organs.

Введение

В Республике Беларусь в настоящее время агрессивными признаны свыше 50 видов чужеродных растений, среди которых и два вида золотарников – канадский (*Solidago canadensis* L.) и гигантский (*Solidago gigantea* Ait.). Золотарники канадский и гигантский внесены также в «Список инвазивных видов, составленный EPPO», где перечислены организмы, наносящие наиболее серьезный ущерб аборигенным видам, окружающей среде и биологическому разнообразию. Странам, в которых данные виды распространяются, рекомендуется применять меры по предотвращению их дальнейшей экспансии [1–3].

Кроме указанных выше двух инвазивных видов на территории Западной Европы и Беларуси произрастает аборигенный вид – золотарник обыкновенный или европейский, золотая розга (*Solidago virgaurea* L.). Наличие на территории нашей страны аборигенного вида несколько усложняет задачу по ограничению распространения инвазивных золотарников, поскольку все три вида образуют смешанные популяции. Кроме этого, золотарник европейский, как лекарственное растение с широким спектром фармакологических действий, в последние два десятилетия привлекает пристальное внимание исследователей. Об этом свидетельствует экспоненциальный рост публикаций по этому виду (рис. 1).

Для достижения поставленной цели ограничения распространения инвазивных золотарников при одновременном сохранении популяций аборигенного вида необходимо иметь четкие критерии их различий (ключи определения).

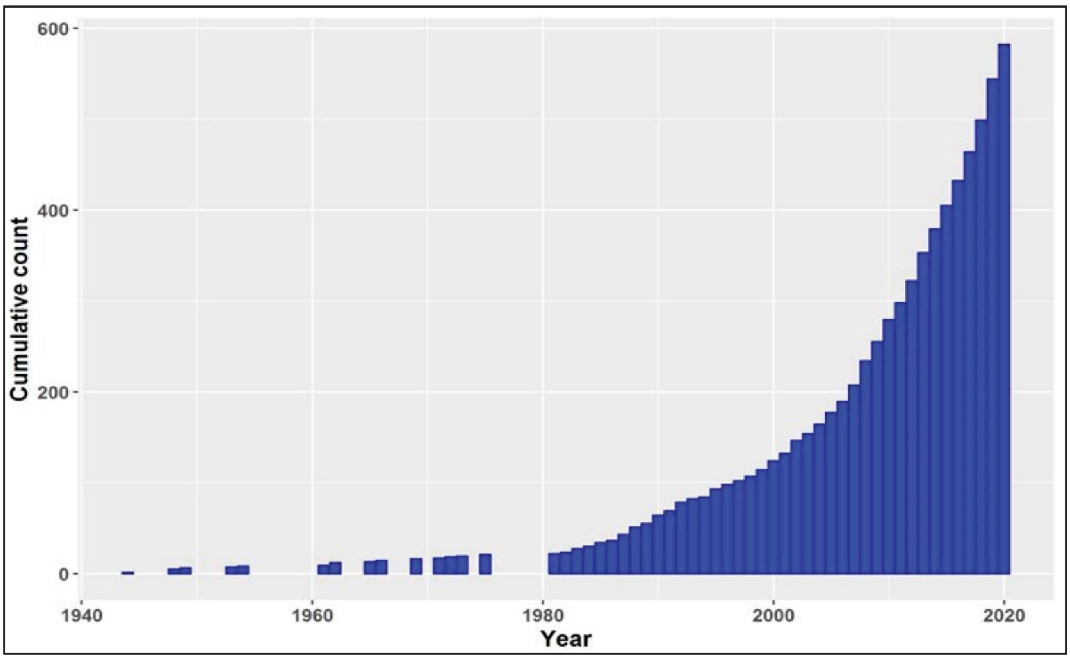


Рис. 1. Совокупное количество опубликованных статей о *Solidago virgaurea* L. за период 1944–2020 гг. [4]

Fig. 1. Total number of articles on *Solidago virgaurea* L. for the period 1944–2020 [4]

В этой связи нами выполнен анализ имеющейся в литературе информации по морфологическим различиям вегетативных (см. статью в этом сборнике) и генеративных органов трех видов золотарника (табл. 1).

Важно отметить, что публикации по морфоанатомическим признакам золотарника европейского (обыкновенного) указывают на полиморфность данного вида, множественность экотипов и наличие тесных корреляций между фенотипическими особенностями растений и местом их обитания.

Из анализа следует, что особое внимание необходимо уделять характеристике поверхностных образований на вегетативных органах растений, однако наиболее надежными критериями различий между видами служат морфологические особенности генеративных органов – форма соцветий, строение цветков, их параметры. Нами проведено сравнительное исследование морфологических особенностей генеративной сферы трех видов золотарников: аборигенного (*Solidago virgaurea* L.) и двух инвазивных (*Soliago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Ait.) видов.

Объекты (материалы) и методы исследования

Соцветия цветущих растений золотарника канадского собраны в г. Минске под ЛЭП в районе ул. Филимонова, золотарников гигантского и обыкновенного в Минском районе на прилегающей к кладбищу «Лесное» территории. Часть измерений генеративных органов проведена на растениях, выращенных в лабораторных условиях.

Морфологические признаки генеративных структур оценивали визуально и под бинокуляром Olympus SZ61 с возможностью проведения измерений и фотосъемки.

Результаты и их обсуждение

Начало цветения золотарников приходится на вторую половину июля – сентябрь и заканчивается образованием семянок. Цветоносные побеги начинают развиваться из пазух верхних листьев, формируя сложное соцветие: у золотарника канадского метелку пирамидальной формы, у гигантского – несколько однобокую пирамидальную метелку. Веточки метелки растопыренные, на которых располагаются простые соцветия – корзинки. Метелка аборигенного вида более компактная, имеет меньшее ветвление по сравнению с инвазивными видами. Длина ножки корзинки у золотарника обыкновенного до 5 мм, у золотарников канадского и гигантского – до 3 мм.

Длина соцветия золотарника канадского может составлять около 25–40% длины всего побега. У золотарника гигантского сложное метельчатое несколько меньшее в длину соцветие.

Таблица 1. Сравнительная характеристика морфологических признаков вегетативных и генеративных органов аборигенного (*Solidago virgaurea* L.) и инвазивных (*Solidago gigantea* Ait. и *Solidago canadensis* L.) видов золотарника по опубликованным в литературе данным

Table 1. Comparative characteristics of morphological features of vegetative and generative organs of native (*Solidago virgaurea* L.) and invasive species (*Solidago gigantea* Ait. and *Solidago canadensis* L.) according to data published in the literature

Признак Feature	Золотарник обыкновенный *Solidago virgaurea* L. [4, 5]	Золотарник гигантский *Solidago gigantea* Ait. [6–10]	Золотарник канадский *Solidago canadensis* L. [7–9,11,12]
Корневище Rhizome	Наклонное одревесневшее корневище цилиндрической формы без узлов	Длинные фиолетовые корневища. Одно растение формирует от 3до 50 корневищ	Короткое, ползучее
Побег Shoot	До 1 м, в верхней части разветвлен и опушён	До 2,5 м в высоту. Гладкие до начала соцветия, пурпурные, покрытые беловатым восковым налетом	До 2 м в высоту. Опушение в верхней части побега, в основании – голый
Листья Leaves	Прикорневые листья имеют яйцевидные или яйцевидно-эллиптические пластинки с острым кончиком и черешком, верхние листья имеют короткие черешки и линейно-ланцетные или эллиптические пластинки с зубчатыми или цельными краями	Продолговато-ланцетные со слабозубчатым краем, чаще всего гладкие сверху и снизу, но изредка может быть опушение на нижней стороне на главной жилке	Ланцетные с зубчатым краем вдоль всего листа с сидячим основанием, снизу опушенные. Наличие трех жилок
Соцветие Inflorescence	Цветки головчатые сгруппированы в простую кисть или в метелки	Пирамидальная метелка с серповидно изогнутыми веточками, более плотная архитектура соцветия	Пирамидально-метельчатое, с многочимсленными мелкими корзинками
Цветоножки Pedicels		1,5–3 мм длиной	3–3,4 мм длиной
Язычковые цветки Marginal flowers		8–18	(5)8–14(18)
Трубчатые цветки Disk flowers	(5–)11–18(–26)	6–10	(2) 3–6 (8)
Плод Fruit	Ребристая семянка цилиндрической формы с хохолком	Ребристая семянка цилиндрической формы с хохолком	Ребристая семянка цилиндрической формы с хохолком
Среда обитания Habitat	Рыхлые, хорошо прогревающиеся почвы	Влажные, иногда тяжелые почвы	Рыхлые, хорошо прогревающиеся почвы вблизи населенных пунктов
Генотипы Genotypes	n=9 Широко распространен диплоид	n=9 Диплоид, тетраплоид и гексаплоид. В Европе широко представлена только тетраплоидная форма. В Англии обнаружены все 3 типа	n=9 Часто гексаплоид, встречается триплоид, тетраплоид. В Европе найдены только диплоидные растения

В процессе проведения лабораторного опыта с растениями золотарника канадского было установлено, что формирование цветоносных побегов начиналось с появления бокового побега из пазухи 54-ого стеблевого листа.

Цветки золотарников собраны в простые соцветия – корзинки. Корзинки изученных видов состоят из двух типов цветков: краевых ложноязычковых и срединных трубчатых, венчик которых состоит из 5 сросшихся лопастей. У цветков имеются видоизменённые чашелистики, а точнее их проводящие пучки, которые при развитии плода формируют хохолок (паппус). Краевые цветки пестичные, срединные – обоеполые, андроцей которых представлен тычинками со сросшимися пыльниками. Столбик пестика с двумя рыльцами, завязь нижняя. Различия между видами наблюдаются в размерах как корзинок, так и простых цветков.

Корзинка золотарника обыкновенного имеет следующие размеры: длина – 7–10 мм, ширина раскрывшегося соцветия до 13 мм. Лепестки трубчатых цветков длиной 6 ± 2 мм, вытянутые с зубчиками (рис. 2).

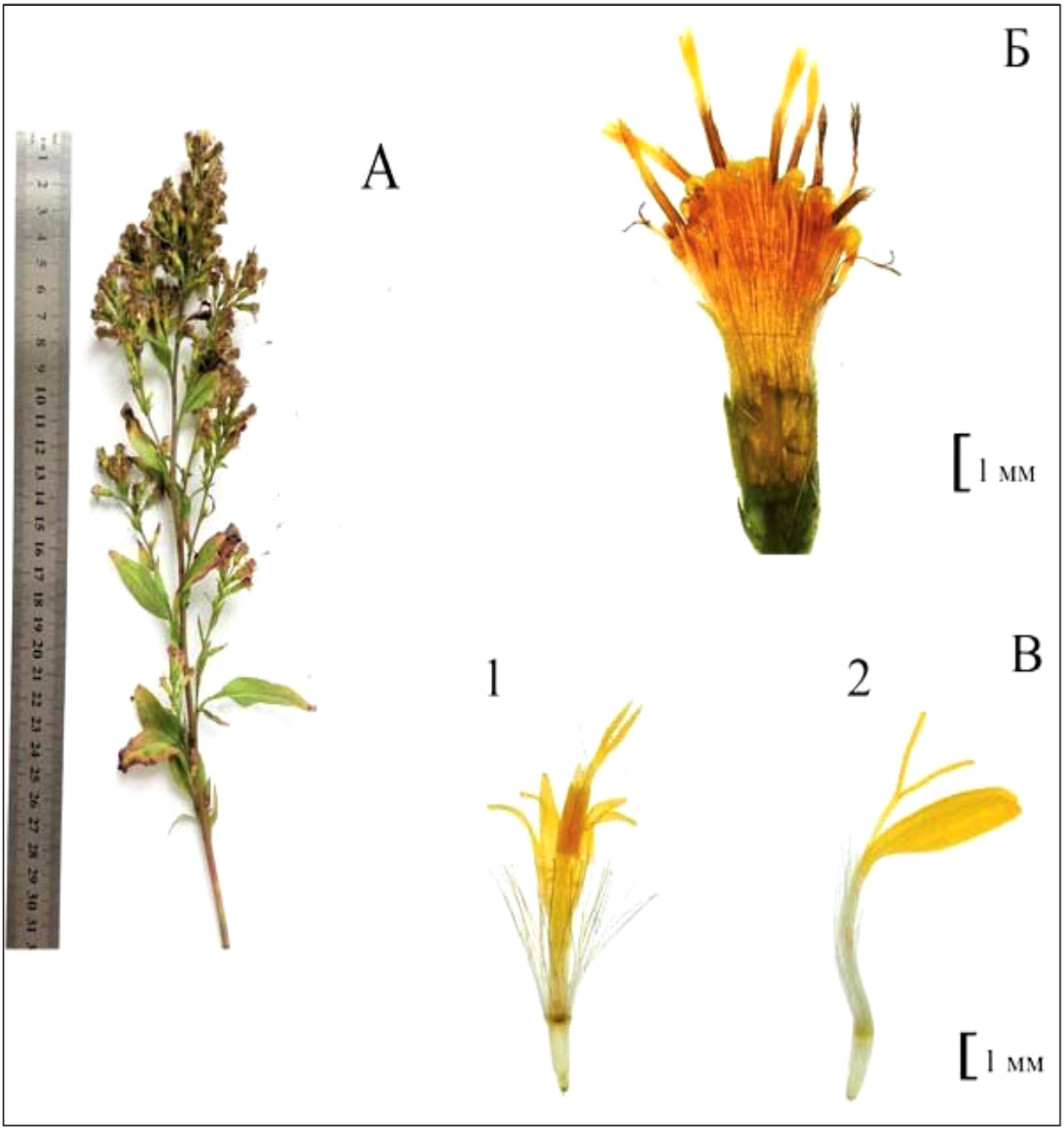


Рис. 2. Генеративные органы растений *Solidago virgaurea* L.: А – общий вид сложного соцветия, Б – простое соцветие в разрезе, В – центральный (1) и краевой (2) цветки

Fig. 2. Generative organs of *Solidago virgaurea* L.: A – general view of a complex inflorescence, Б – simple inflorescence in section, B – central (1) and marginal (2) flowers

Корзинки золотарника канадского имеют длину 4±2 мм и ширину соцветия до 5 мм. Лепестки трубчатых цветков округлые, имеют длину около 1мм и выступают из обвертки соцветия. Край лепестков имеет зубчики (рис. 3).

Размеры корзинки золотарника гигантского имеют среднее значение в сравнении с аборигенным видом и золотарником канадским и составляют по длине 6±2 мм и ширине до 7 мм у раскрывшегося соцветия. Лепестки краевых цветков имеют сходные черты строения с лепестками золотарника канадского. Так, они имеют овальную форму и до 3 мм длиной. На конце лепестка имеются незначительные зубчики (рис.4).

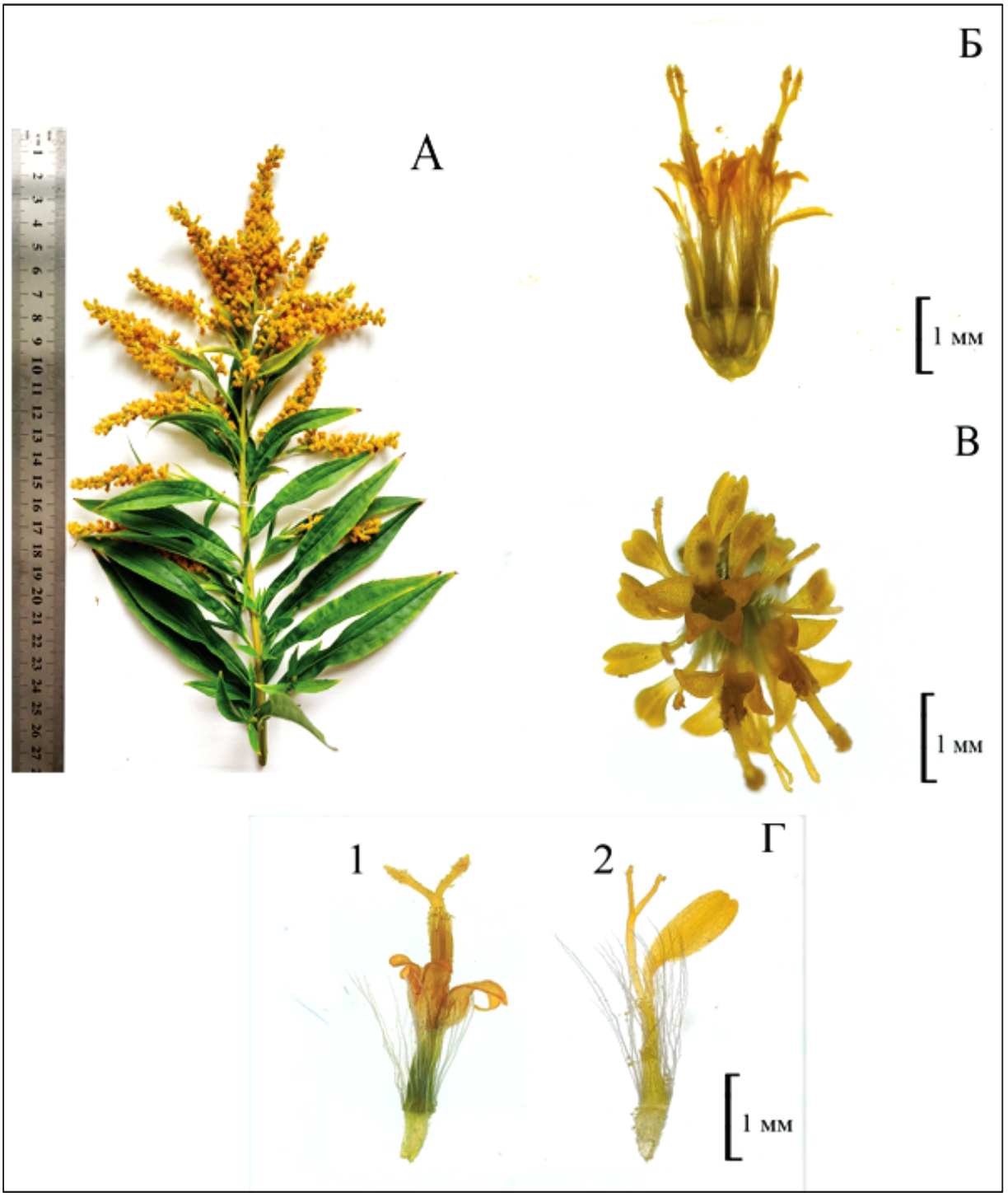


Рис. 3. Генеративные органы растений *Solidago canadensis* L.:
А – общий вид сложного соцветия, Б – простое соцветие – корзинка в разрезе,
В – корзинка, вид сверху, Г – центральный (1) и краевой (2) цветки

Fig. 3 Generative organs of *Solidago canadensis* L.:
А – general view of a complex inflorescence, Б – simple inflorescence in section,
В – simple inflorescence, top view, Г – central (1) and marginal (2) flowers

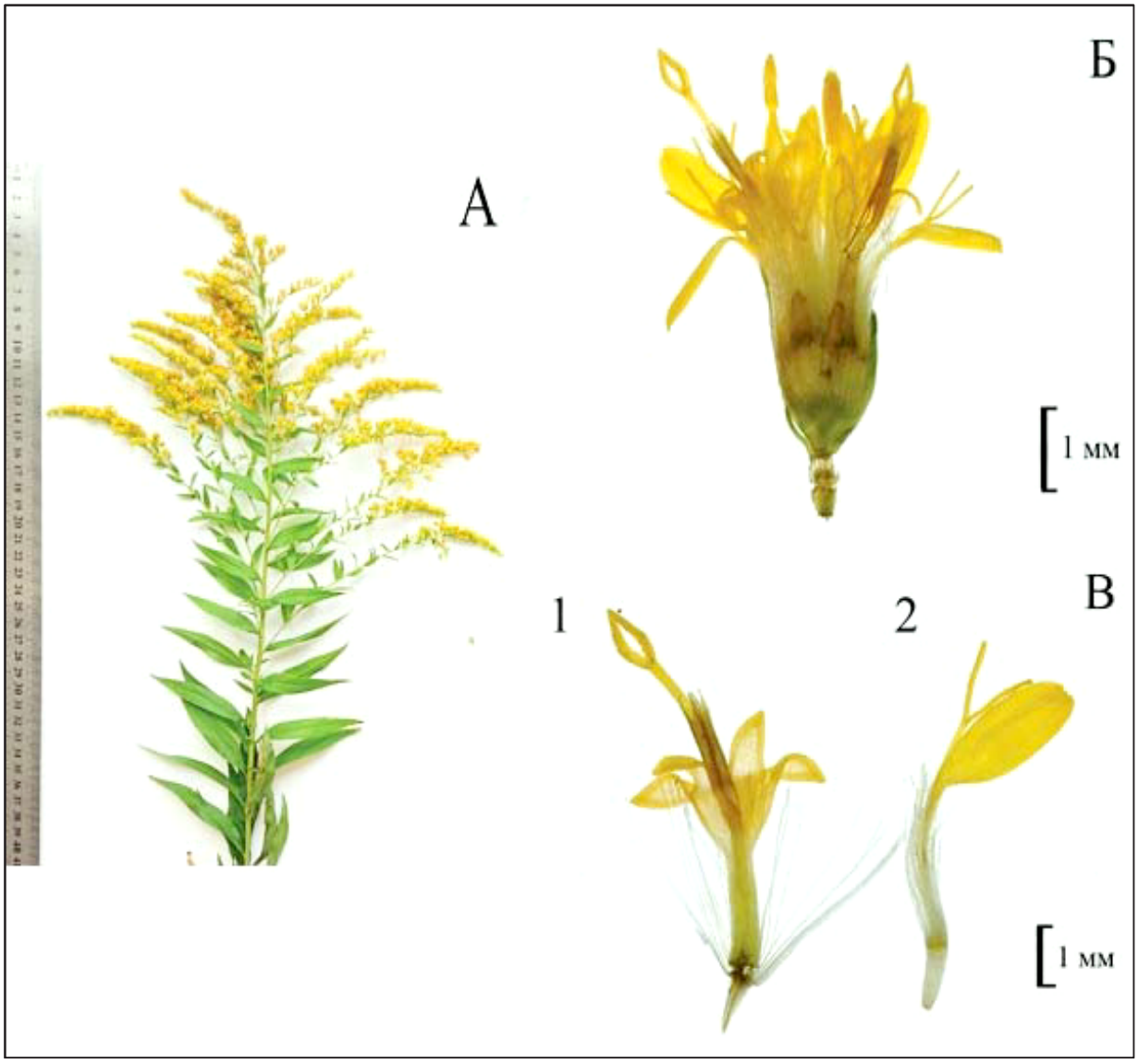


Рис. 4. Генеративные органы растений *Solidago gigantea* Ait.: А – общий вид сложного соцветия, Б – простое соцветие в разрезе, В – центральный (1) и краевой (2) цветки

Fig. 4. Generative organs of *Solidago gigantea* Ait.: A – general view of a complex inflorescence, Б – simple inflorescence in section, B – central (1) and marginal (2) flowers

Заключение

Таким образом, аборигенный вид от инвазивных отличается по размеру соцветий (корзинок), что можно увидеть невооруженным глазом в естественной среде произрастания. Отличия в генеративных органах золотарника гигантского и канадского сложнее проследить в полевых условиях, эффективнее всего опираться на признаки вегетативных органов, в первую очередь, такие как опушенность стебля. Наши предварительные результаты по оценке корневищ трех видов позволяют предположить, что морфологические особенности подземного метамерного комплекса могут оказаться наиболее объективными показателями для определения видовой принадлежности растений.

Литература

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

2. Дубовик, Д. В. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.]. – Минск: Беларусская навука, 2020. – 407с.

3. Прохоров, В. Н. Золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.): биологические особенности, хозяйственное использование и меры ограничения распространения / В. Н. Прохоров, Н. А. Ламан // Ботаника (исследования): сборник науч. трудов /Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Колорград, 2018. – Вып.47. – С. 150–168.

4. Fursenco, C. *Solidago virgaurea* L.: a review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities / C. Fursenco // Biomolecules. – 2020. – Vol. 10. – N 12. – P. 1619–1650.

5. Kiełtyk, P. Taxonomy of the *Solidago virgaurea* group (*Asteraceae*) in Poland, with special reference to variability along an altitudinal gradient / P. Kiełtyk, Z. Mirek // Folia Geobotanica. – 2014. – Vol. 49. – №. 2. – P. 259–282.

6. Виноградова, Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова – М., 2010. – 512 с.

7. Szymura, M. Morphological and cytological diversity of goldenrods (*Solidago* L. and *Euthamia* Nutt.) from south-western Poland // Biodiversity Research and Conservation, 2015. – Vol. 38. – №. 1. – P. 41– 49.

8. Szymura, M. Leaf epidermis traits as tools to identify *Solidago* L. taxa in Poland/ M.Szymura, K. Wolski //Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica, 2011. – Vol. 53. – №. 1. – P. 38–46.

9. Szymura, M. Soil preferences and morphological diversity of goldenrods (*Solidago* L.) from south-western Poland / M. Szymura, T. H. Szymura // Acta societatis botanicorum Poloniae, 2013. – Vol. 82. – N. 2. – P.107–115.

10. Güsewell, S. Native and introduced populations of *Solidago gigantea* differ in shoot production but not in leaf traits or litter decomposition/ S. Güsewell G. Jakobs, E.Weber //Functional Ecology, 2006. – Vol.20. – P. 575–584.

11. Karpavičienė, B. Morphological and anatomical characterization of Solidago niederederi and other sympatric Solidago species / B. Karpavičienė //Weed Science, 2016. – Vol. 64. – N 1. – P. 61–70.

12. Дубовик, Д. В. Североамериканские виды рода Solidago L.(Asteraceae) во флоре Беларуси /, Д. В. Дубовик, А. О. Саулов // Ботаника (исследования): сборник научн. трудов. /Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. –Минск: Колорград, 2017. – Выпуск 46. – С. 18–25.

Поступила в редакцию 12.10.2022 г.

УДК 582.998.1: 581.192

Р. И. ЛУКАШОВ[1], Н. С. ГУРИНА[1], А. В. ТУРОВЕЦ[1], С. С. САВЧУК[2], В. Н. ЛЕБЕДЬКО[2]

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕНОЛЬНОГО СОСТАВА ТРАВЫ *CIRSIUM ARVENSE* И *CIRSIUM OLERACEUM*

[1]Белорусский государственный медицинский университет,
Минск, Беларусь, e-mail: r_lukashov@mail.ru
[2]Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: ovata@yandex.by

Аннотация. Целью исследования явилось изучение фенольного состава травы *Cirsium arvense* и *Cirsium oleraceum* при помощи метода тонкослойной хроматографии. Разделение проведено на хроматографических пластинках со слоем силикагеля и целлюлозы в разных системах растворителей. Проявитель – 2-аминоэтиловый эфир дифенилборной кислоты. Все использованные для разделения системы растворителей разделены на три группы по эффективности. Выявлено шесть систем с наибольшей эффективностью разделения (от трех до шести зон). В траве *C. arvense* и *C. oleraceum* при помощи стандартных образцов флавоноидов и гидроксикоричных кислот обнаружены рутин, гиперозид и хлорогеновая кислота. В траве *C. arvense* дополнительно идентифицирован кемпферол. На хроматографических пластинках также выявлены зоны, характерные для неидентифицированных флавоноидов и гидроксикоричных кислот. Показано, что фенольный состав травы *C. arvense* имеет большее разнообразие по сравнению с *C. oleraceum*, в котором выявлено наличие тушителей флуоресценции (предположительно, дубильных веществ).

Ключевые слова: *Cirsium arvense*, *Cirsium oleraceum*, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, тонкослойная хроматография.

R. I. LUKASHOU[1], N. S. GURINA[1], A. V. TUROVETS[1], S. S. SAVCHUK[2], V. N. LEBEDKO[2]

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE *CIRSIUM ARVENSE* AND *CIRSIUM OLERACEUM* HERBS PHENOLIC COMPOSITION

[1]Belarusian State Medical University,
Minsk, Belarus, e-mail: r_lukashov@mail.ru
[2]V. F. Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: ovata@yandex.by

Annotation. The aim of the study was to study the phenolic composition of *Cirsium arvense* and *Cirsium oleraceum* herbs using thin layer chromatography. Separation was carried out on chromatographic plates with layers of silica gel and cellulose in different solvent systems. The developer is 2-aminoethyl ester of diphenylboronic acid. All solvent systems used for selection are divided into three groups according to efficiency. Six systems with the highest selection efficiency (from three to six zones) were identified. In the herb of *C. arvense* and *C. oleraceum*, rutin, hyperoside, and chlorogenic acid were detected using standard samples of flavonoids and hydroxycinnamic acids. Kaempferol was additionally identified in the herb of *C. arvense*. The chromatographic plates also revealed zones characteristic of unidentified flavonoids and hydroxycinnamic acids. It is shown that the phenolic composition of *C. arvense* herb has a greater diversity compared to *C. oleraceum*, which revealed the presence of fluorescence ink (presumably tannis).

Keywords: *Cirsium arvense*, *Cirsium oleraceum*, flavonoids, hydroxycinnamic acids, thin layer chromatography.

ВВЕДЕНИЕ

Представители рода бодяк (*Cirsium* Hill) широко распространены на территории Республики Беларусь и близлежащих стран. Во флоре Беларуси в настоящее время насчитывается 8 видов этого рода. Три из них (*Cirsium canum* (L.) All., *C. heterophyllum* (L.) Hill. и *C. pannonicum* (L. f.) Link)), включены в национальную Красную книгу (2015), а такой вид как *C. rivulare* (Jacq.) All. находится на северо-восточной границе ареала. Все остальные представители являются тривиальными и встречаются повсеместно, занимая разнообразные экологические ниши. Так, бодяк полевой (*C. arvense* (L.) Scop.) как сорное растение произрастает на полях, огородах, пу-

стырях, пастбищах, по обочинам дорог. Бодяк огородный (*C. oleraceum* (L.) Scop.) встречается в заболоченных лесах, по берегам рек и ручьев, на сырых лугах и низинных болотах [1, 2]. Оба рассматриваемых вида растений имеют хороший ресурсный потенциал для заготовки их частей в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС).

C. arvense и *C. oleraceum* содержат в своем составе фенольные соединения, в частности флавоноиды и гидроксикоричные кислоты (ГКК), которые обусловливают антиоксидантную, антимикробную, противовоспалительную активность извлечений из данных растений [3–10].

В составе *C. arvense* и *C. oleraceum* обнаружены флавоноиды (апигенин, лютеолин, линарин, пектолинарин, кверцетин, кемпферол и их гликозиды) и гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая, кофейная и галловая кислоты) [11–15]. В составе *C. arvense* дополнительно идентифицированы флавоноиды гиспидулин, гиперозид, акацетин и гидроксикоричные кислоты – кумаровая, протокатеховая, неохлорогеновая, ванилиновая и кафтаровая кислоты [12, 14, 15]. В составе *C. oleraceum* выявлен дополнительно изокемпферид и п-гидроксибензойная кислота [11, 13].

О компонентном составе *C. oleraceum* существует меньше литературных сведений по сравнению с *C. arvense*. Химический состав и фармакологические свойства видов растений рода бодяк, произрастающих на территории Республики Беларусь, остаются до сих пор малоизученными. Эти виды не используются в научной медицине, хотя имеют ресурсный потенциал для заготовки сырья, опыт применения в народной медицине и доказанные в эксперименте фармакологические свойства.

Для рассмотрения возможности использования данных видов растений в медицине сначала следует изучить их компонентный состав, в частности фенольный, с которым связывают фармакологические свойства. При этом следует учесть химическую дифференциацию и сходство обоих видов для оценки возможности использования растений как источника разного или одного ЛРС.

Целью работы является сравнение фенольного состава травы *C. arvense* и *C. oleraceum* методом тонкослойной хроматографии (ТСХ).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) Оценить эффективность разделения фенольных соединений извлечений из травы *C. arvense* и *C. oleraceum* в различных системах растворителей и выбрать системы с наилучшей эффективностью разделения.

2) Идентифицировать биологически активные вещества (БАВ) травы *C. arvense* и *C. oleraceum* при помощи стандартных образцов.

3) Выявить сходства и различия в фенольном составе травы *C. arvense* и *C. oleraceum*.

Материалы (объекты) и методы исследования

Траву *C. arvense* и *C. oleraceum* заготавливали в местах естественного произрастания в окрестностях г. Минска в период цветения в 2021 г. и подвергали воздушно-теневой сушке.

Для проведения ТСХ приготавливали водно-спиртовые извлечения из измельченного сырья с использованием 70% этанола при соотношении сырья и экстрагента 3 к 50. Извлечения получали на водяной бане при 65 °С в течение 1 ч.

Для разделения веществ использовали ТСХ пластины со слоем силикагеля ALUGRAM SIL G/UV254 и целлюлозы CEL 300. В качестве систем растворителей изучали следующие смеси (соотношение по объему):

1) Этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (12:1,5:1,5:4), (20:1,5:1,5:4), (30:1,5:1,5:4) (ЭУМВ).

2) Этилацетат – уксусная кислота – вода (7:1:2), (5:1:1) (ЭУВ) – система растворителей с соотношением (5:1:1) описана в Государственной фармакопее Республики Беларусь (ГФ РБ) в частной фармакопейной статье (ЧФС) «Череды трава».

3) Этилацетат – муравьиная кислота – вода (10:2:3) (ЭМВ).

4) Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5) (БУВ).

5) Пропанол-2 – муравьиная кислота – вода (2:5:5) (ПМВ) – в ГФ РБ ЧФС на «Ольхи черной листья».

6) Толуол – этилацетат – уксусная кислота (36:12:5) (ТЭУ) – в ГФ РБ ЧФС на «Девясила цветки».

7) Муравьиная кислота – уксусная кислота – вода – этилацетат (7:7:14:72) (11:11:27:100) (МУВЭ) – в ГФ РБ ЧФС на «Пижмы цветки» и «Фиалки трава» соответственно.

8) Муравьиная кислота – вода – метанол – этилацетат (2,5:4:4:5) (МВМЭ).

9) Муравьиная кислота – вода – метилэтилкетон – этилацетат (10:10:30:50) (МВМКЭ) – в ГФ РБ ЧФС на «Липы цветки».

10) Этилацетат – толуол – уксусная кислота – вода (10:1:10:1) (ЭТУВ) – в ГФ РБ ЧФС на «Рудбекии шершавой цветки».

Для идентификации БАВ в извлечениях из травы *C. arvense* и *C. oleraceum* использовали следующие стандартные образцы: кверцетин (КВ), рутин (РУТ), гиперозид (ГИП), кемпферола 3-глюкозид (КЕМП), лютеолина 7-глюкозид (ЛЮТ), мирицетин (МИРЦ), хлорогеновая кислота (ХЛК), феруловая кислота (ФК) и кофейная кислота (КК).

Для системы пропанол-2 – муравьиная кислота – вода (2:5:5) использовали хроматографические пластины со слоем целлюлозы. Для оценки разделения веществ в системе этилацетат – толуол – уксусная кислота – вода (10:1:10:1) брали пластины со слоем силикагеля и целлюлозы. Для остальных систем – пластины со слоем силикагеля.

Извлечения наносили на пластины в виде точек с помощью капилляров. Хроматографирование проводили в камере, предварительно насыщенной парами растворителей до подъема растворителей не менее 10 см от линии старта. Затем пластинки высушивали на воздухе и проявляли. В качестве проявителя использовали раствор 10 г/л 2-аминоэтилового эфира дифенилборной кислоты в 96% этиловом спирте. Затем высушивали при 100 ºС.

Пластины просматривали в УФ-свете при длине волны 365 нм до и после обработки проявителем. Отмечали цвет, флуоресценцию и расположение хроматографических зон. Рассчитывали величину R_f для зон, соответствующих компонентам извлечений, и сопоставляли ее значение со стандартными образцами.

Результаты исследования и их обсуждение

По эффективности разделения, которая характеризовалась количеством пятен, соответствующих БАВ извлечений из травы *C. arvense* (1) и *C. oleraceum* (2), изученные системы растворителей можно объединить в три группы:

Первая группа. Системы, в которых происходило эффективное разделение, зоны распределены равномерно по всей хроматографической пластине, количество зон составляло от 3 до 6: ПМВ (2:5:5); ЭУМВ (12:1,5:1,5:4); ЭУМВ (20:1,5:1,5:4); ЭМВ (10:2:3); ЭТУВ (10:1:10:1) (при использовании пластин со слоем силикагеля); БУВ (4:1:5).

Вторая группа. Системы, в которых наблюдалось малоэффективное разделение, почти все зоны расположены вверху пластинки, количество пятен от 1 до 3: ЭУВ (5:1:1); ЭУВ (7:1:2); ЭУМВ (30:1,5:1,5:4); МУВЭ (7:7:14:72); МВМКЭ (10:10:30:50).

Третья группа. Системы, в которых разделение БАВ не произошло: ТЭУ (36:12:5); МВМЭ (2,5:4:4:5); МУВЭ (11:11:27:100); ЭТУВ (10:1:10:1) (при использовании пластин со слоем целлюлозы).

После проявления на хроматографических пластинах обнаруживали зоны с желтой флуоресценцией различной интенсивности, которые могут соответствовать флавоноидам. Зоны с голубой флуоресценцией различной интенсивности выявлены до проявления, они могут соответствовать ГКК. Дополнительно выявлены черные пятна – тушители флуоресценции, которые могут соответствовать дубильным веществам.

Результаты хроматографического анализа в системах растворителей, в которых происходило наиболее эффективное разделение компонентов извлечений, представлены ниже.

1) Этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (12:1,5:1,5:4): после разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* на хроматографической пластинке обнаружены следующие зоны: три зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,14; 0,59; 0,63) и одна зона с голубой флуоресценцией (R_f = 0,71). В результате ТСХ извлечений из травы *C. oleraceum* выявлены четыре зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,15; 0,51; 0,58; 0,63) (рис. 1). Во всех извлечениях идентифицирован рутин (R_fст = 0,57; R_f (1) = 0,59, R_f (2) = 0,58), в извлечениях из травы *C. arvense* – хлорогеновая кислота (R_fст = 0,71; R_f= 0,71).

Таким образом, в системе растворителей этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (12:1,5:1,5:4) в извлечениях из травы *C. oleraceum* не обнаруживались ГКК. В то же время это извлечение имело на одну зону, соответствующую флавоноидам, больше; остальные зоны, соответствующие флавоноидам, совпадали.

2) Этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (20:1,5:1,5:4): после разделения компонентов извлечения из травы *C. arvense* на пластине обнаружено три зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,18; 0,43; 0,61) и две зоны с голубой флуоресценцией (R_f = 0,50; 0,91). Для извлечений из травы *C. oleraceum* характерны следующие зоны: три зоны, соответствующие флавоноидам (R_f = 0,18; 0,39; 0,43), и одна зона – ГКК (R_f = 0,90) (рис. 2). В извлечениях из травы *C. arvense* идентифицированы хлорогеновая кислота (R_fст = 0,51; R_f = 0,50) и гиперозид (R_fст = 0,58; R_f = 0,61).

Таким образом, в системе растворителей этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (20:1,5:1,5:4) для извлечений из

травы *C. arvense* и *C. oleraceum* совпадало количество зон, относящихся к флавоноидам, однако отличалось их расположение: для травы *C. arvense* характерна зона с R_f = 0,61, для травы *C. oleraceum* – R_f = 0,39. Остальные зоны, относящиеся к флавоноидам, для обоих извлечений совпадали. Для *C. arvense* выявлена дополнительная зона, соответствующая ГКК.

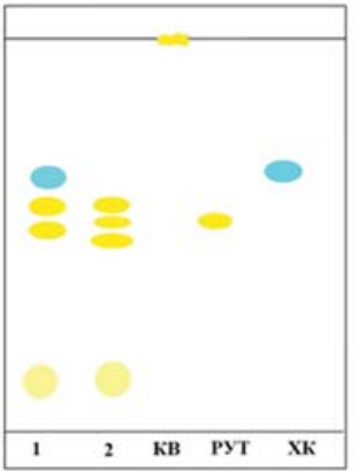


Рис. 1. Результаты ТСХ в системе ЭУМВ (12:1,5:1,5:4)

Fig. 1. TLC results in the EFAW system (12:1,5:1,5:4)

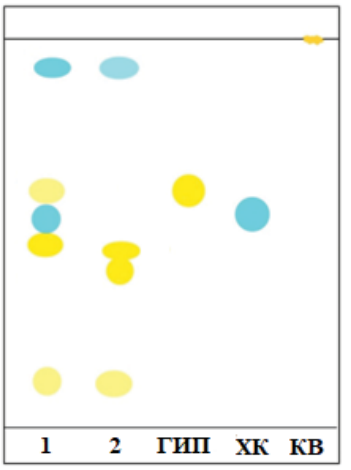


Рис. 2. Результаты ТСХ в системе ЭУМВ (20:1,5:1,5:4)

Fig. 2. TLC results in the EFAW system (20:1,5:1,5:4)

3) Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5): после разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* обнаружены следующие зоны: четыре зоны с голубой флуоресценцией (R_f = 0,35; 0,57; 0,62; 0,91) и одна зона с желтой флуоресценцией (R_f = 0,67). Для извлечений из травы *C. oleraceum* характерны следующие зоны: две зоны, соответствующие флавоноидам (R_f = 0,63; 0,67), и одна зона, соответствующая ГКК (R_f = 0,33) (рис. 3). Во всех извлечениях идентифицирован рутин (R_fст = 0,64, R_f (1) = 0,67, R_f (2) = 0,63).

Эту систему растворителей целесообразно использовать для определения состава ГКК извлечений из травы *C. arvense.* В извлечениях из травы *C. oleraceum* выявлено большее количество зон, соответствующих флавоноидам.

4) Пропанол-2 – муравьиная кислота – вода (2:5:5): после разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* обнаружены пять зон: три зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,59; 0,70; 0,76) и две зоны с голубой флуоресценцией (R_f = 0,44; 0,82). Компоненты извлечений из травы *C. oleraceum* разделились следующим образом: одна зона с желтой флуоресценцией (R_f = 0,74), одна зона с голубой флуоресценцией (R_f = 0,82) и одна зона черного цвета (R_f = 0,89) (рис. 4). Во всех извлечениях идентифицирована хлорогеновая кислота (R_fст = 0,81; R_f (1) = 0,82; R_f (2) = 0,82) и рутин (R_fст = 0,74; R_f(1) = 0,76; R_f(2) = 0,74), в извлечениях из травы *C. arvense* также выявлен кемпферол (R_fст = 0,72; R_f = 0,70).

Наибольшее количество зон после разделения компонентов в данной системе растворителей выявлено для извлечений из травы *C. arvense*. Среди компонентов извлечений из травы *C. oleraceum* выявлены тушители флуоресценции: на хроматограмме обнаруживались в виде зон черного цвета.

5) Этилацетат – толуол – уксусная кислота – вода (10:1:10:1): после разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* выявлены следующие зоны: две зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,57; 0,79), одна зона с желто-зеленой флуоресценцией (R_f = 0,87) и три зоны с голубой флуоресценцией (R_f = 0,64; 0,71; 0,75). После разделения компонентов извлечений из травы *C. oleraceum* обнаружены одна зона с желтой флуоресценцией (R_f = 0,89), одна зона с желто-зеленой флуоресценцией (R_f = 0,79) и зона черного цвета (R_f = 0,73) (рис. 5). В извлечениях из травы *C. arvense* выявлен кемпферол (R_fст = 0,86; R_f = 0,87); в извлечения из травы *C. oleraceum* – гиперозид (R_fст = 0,80; R_f = 0,79). В извлечениях из травы *C. arvense* также идентифицирован гиперозид (R_f = 0,79), однако зона имела более яркую флуоресценцию по сравнению со стандартом и аналогичной зоной *C. oleraceum.*

Таким образом, в системе растворителей этилацетат – толуол – уксусная кислота – вода (10:1:10:1) произошло наиболее эффективное разделение компонентов извлечений из травы *C. arvense*. В извлечениях из травы *C. oleraceum*

снова обнаружены тушители флуоресценции (предположительно, дубильные вещества).

6) Этилацетат – муравьиная кислота – вода (10:2:3): после разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* выявлены три зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,14; 0,54; 0,62) и одна зона с голубой флуоресценцией (R_f = 0,73). Для извлечений из травы *C. oleraceum* характерны три зоны с желтой флуоресценцией (R_f = 0,20; 0,55; 0,63) и одна зона с голубой флуоресценцией (R_f = 0,72) (рис. 6). В извлечениях идентифицированы рутин (R_fст = 0,54, R_f (1) = 0,54, R_f (2) = 0,55) и хлорогеновая кислота (R_fст = 0,71, R_f (1) = 0,73, R_f (2) = 0,72).

После разделения компонентов извлечений из травы *C. arvense* и травы *C. oleraceum* в данной системе на хроматограмме обнаруживались схожие зоны с близкими значениями R_f.

Таким образом, в результате проведения ТСХ в траве *C. arvense* и *C. oleraceum*, заготовленной на территории Республики Беларусь, выявлены рутин, гиперозид и хлорогеновая кислота. В траве *C. arvense* дополнительно идентифицирован кемпферол. Данные результаты совпадали с литературными данными, описанными ранее в источниках [11–15]. Однако впервые оценена эффективность разделения БАВ *C. arvense* и *C. oleraceum* в разных системах растворителей, что можно использовать для разработки методик контроля качества травы данных растений при помощи ТСХ. При этом была показана дифференциация фенольных метаболитов данных видов растений, что говорит о целесообразности их рассмотрения как разных источников ЛРС.

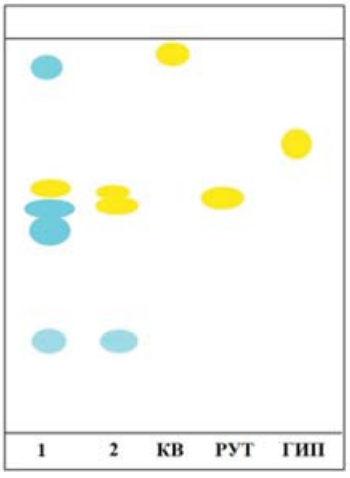


Рис. 3. Результаты ТСХ в системе БУВ (4:1:5)

Fig. 3. TLC results in the BAW system (4:1:5)

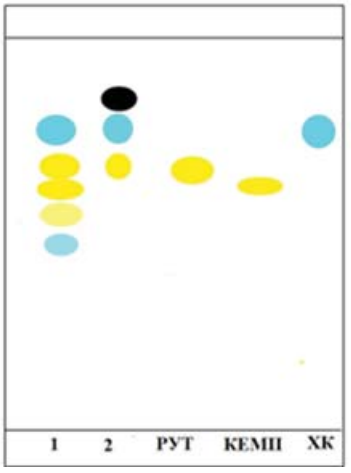


Рис. 4. Результаты ТСХ в системе ПМВ (2:5:5)

Fig. 4. TLC results in the PFW system (2:5:5)

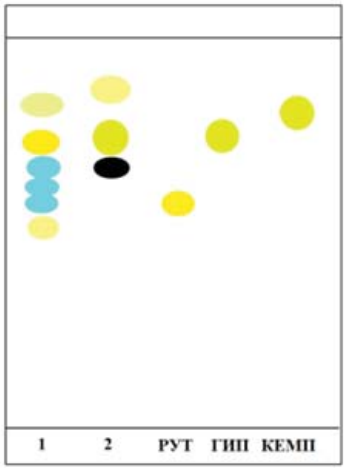


Рис. 5. Результаты ТСХ в системе ЭТУВ (10:1:10:1)

Fig. 5. TLC results in the ETAW system (10:1:10:1)

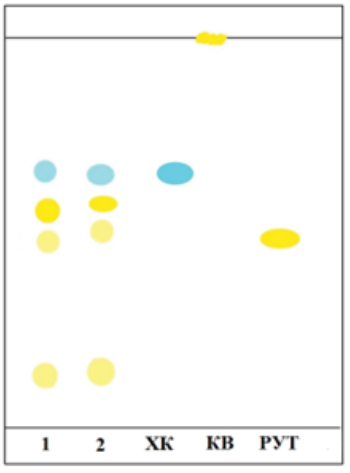


Рис. 6. Результаты ТСХ в системе ЭМВ (10:2:3)

Fig. 6. TLC results in the EFW system (10:2:3)

Заключение

Все представленные в работе системы растворителей по эффективности разделения были распределены на три группы. Для исследования фенольного состава *C. arvense* и *C. oleraceum* целесообразно использовать системы, в которых количество зон после разделения компонентов составляет от трех до шести: ЭУМВ (12:1,5:1,5:4); ЭУМВ (20:1,5:1,5:4); БУВ (4:1:5); ПМВ (2:5:5); ЭТУВ (10:1:10:1) и ЭМВ (10:2:3).

В траве *C. arvense* и *C. oleraceum* при помощи стандартных образцов обнаружены рутин, гиперозид и хлорогеновая кислота. В траве *C. arvense* дополнительно идентифицирован кемпферол. В обоих видов растений также обнаружены зоны неидентифицированных флавоноидов и ГКК. В траве *C. oleraceum* выявлены тушители флуоресценции, предположительно, относящиеся к дубильным веществам.

Практически во всех системах растворителей после разделения компонентов для извлечений из травы *C. arvense* количество хроматографических зон больше по сравнению с результатами для извлечений из травы *C. oleraceum*, что указывает на то, что трава *C. arvense* имеет более разнообразный фенольный состав, чем *C. oleraceum*. При использовании изученных видов бодяков как источников ЛРС следует рассматривать данные представители отдельно друг от друга.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн Про, 1999. – 471 с.

2. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11 изд. / П. Ф. Маевский. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с.

3. Сравнительная оценка антиоксидантной активности травы и корней бодяка полевого / С. Р. Шамсутдинова [и др.] // Медицинский вестник Башкотостана. – 2016. – № 5 (65). – С. 120–124.

4. Studies on the antioxidant and antiproliferative potentials of *Cirsium arvense* subsp. *Vestitum* / I. Demirtas [et al.] // Journal of Food Biochemistry. – 2016. – № 41 (1). – P. 1–10.

5. Polyphenolic compounds and *in vitro* antimicrobial and antioxidant activity of aqueous extracts from leaves of some *Cirsium* species / J. Nazaruk [et al.] // Natural product research. – 2008. – № 22 (18). – P. 1583–1588.

6. *In vitro* antimicrobial activity of the chemical constituents of *Cirsium arvense* (L.) Scop / S. Khan [et al.] // Journal of Medicinal Plant Research. – 2013. – № 7 (25). – P. 1894–1898.

7. Natural Products – New Antimicrobial Constituents Derived from *Cirsium arvense* / S. Khan [et al.] // Journal of Medicinal Plant Research. – 2014. – № 4 (1). – P. 5–10.

8. Изучение противовоспалительной активности водных извлечений из травы и корней бодяка полевого / С. Р. Шамсутдинова [и др.] // Медицинский вестник Башкотостана. – 2015. – № 6 (60). – С. 51–53.

9. Determination of the flavonoids/antioxidant levels in *Cirsium oleraceum* and *Cirsium rivulare* extracts with cerium(IV)-rhodamine 6G chemiluminescence detection / E. Nalewajko-Sieliwoniuk [et al.] // Talanta. – 2012. – № 96. – P. 216–222.

10. Kozyra, M. Chemical composition and variability of the volatile components from inflorescences of *Cirsium* species / M. Kozyra, M. Mardarowicz, J. Kochmanska // Natural product research. – 2015. – № 29 (20). – P. 1942–1944.

11. Кастерова, Е. А. Триба *Cynareae* (семейство *Asteraceae*) флоры Южной Сибири как перспективный источник биологически активных соединений / Е. А. Кастерова / Вестник Нац. Иссл. Томский гос. Ун-т. – Томск, 2021 – 220 с.

12. Попова, Я. В. Фармакогностичне вивчення *Cirsium arvense* (L.) Scop. I *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. Флори Украіни : автореф. Дис. Канд. фармац. Наук / Я. В. Попова; Запорізький держ. Мед. Ун-т. – Запоріжжя, 2020. – 27 с.

13. TLC Profiles of Selected *Cirsium* Species with Chemometrics in Construction of Their Fingerprints / A. Hawryl [et al.] // Journal of Chromatographic Science. – 2016. – № 54 (7). – P. 1096–1104.

14. Phytochemical study on the constituents from *Cirsium arvense* / Z. H. Khan [et al.] // Mediterranean Journal of Chemistry. – 2011. – № 2 (2). – P. 64–69.

15. Studies on the antioxidant and antiproliferative potentials of *Cirsium arvense* subsp. *Vestitum* / I. Demirtas [et al.] // Journal of Food Biochemistry. – 2016. – № 41 (1). – P. 1–10.

Поступила в редакцию 15.06.2022 г.

УДК 581.14:(632.51+633/635)

В. Н. ПРОХОРОВ, Е. Н. КАРАСЕВА, А. В. БАБКОВ, М. М. САК, М. Д. АЗЗА

ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА МЕЛКОЛЕПЕСТНИК (*ERIGERON* L.)

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

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы влияния эколого-биологических особенностей роста и развития 3-х видов растений: мелколепестничка канадского (*Erigeron canadensis* L.), мелколепестника однолетнего (*Erigeron annuus* (L.) Pers.s.l.) и мелколепестника едкого (*Erigeron acris* L.) из рода Мелколепестник (*Erigeron* L.) на их инвазионный потенциал. Приводятся результаты изучения аллелопатической активности и роли содержащихся в надземной биомассе растений фенольных соединений в проявлении у этих видов свойств инвазивности. Установлено, что наибольшее общее содержание фенольных соединений отмечается в наземной биомассе инвазивных видов – мелколепестника однолетнего (5,85%) и мелколепестничка канадского (4,74%). Общее содержание фенольных соединений в аборигенном виде – мелколепестнике едком значительно ниже по сравнению с инвазивными видами и составляет 1,13%.

Ключевые слова: мелколепестничек канадский, мелколепестник однолетний, мелколепестник едкий, аллелопатические свойства, фенольные соединения, инвазионный потенциал.

V. N. PROKHOROV, E. N. KARASEVA, A. V. BABKOV, M. M. SAK, M. D. AZZA

INVASIVE POTENTIAL OF SOME PLANT SPECIES FROM THE GENUS SMALL PARTY *ERIGERON* L.

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

Annotation. The paper deals with the influence of ecological and biological features of the growth and development of 3 plant species from the genera Small-scale (*Erigeron* L.) – Canadian small-scale (*Erigeron canadensis* L.), annual small-scale (*Erigeron annuus* (L.) Pers. s. l.), pungent caustic (*Erigeron acris* L.) on their invasive potential. The results of the study of allelopathic activity and the role of phenolic compounds in the manifestation of invasiveness in three species from the genus Small-leaf are presented. The experimental data obtained show that the highest total content of phenolic compounds is observed in plants of invasive species – the annual small-scale and Canadian small-scale. Among the studied species from the genus Small-flowered, the highest total content of phenolic compounds was noted in the terrestrial biomass of the small-flowered annual, which is 5.85%. Relatively close values of this indicator have another species with a high invasive activity – the Canadian small-sized petal (4.74%). The total content of phenolic compounds in the native species, the small-flowered caustic, was significantly lower compared to the invasive species and amounted to 1.13%.

Keywords: Small-sized canadian, small-sized annual, small-sized caustic, allelopathic properties, phenolic compounds, invasive potential.

Введение

Биологические инвазии оказывают более негативное и длительное воздействие на окружающую среду, чем химическое загрязнение. Для многих стран инвазивные чужеродные виды представляются даже более серьезной по сравнению с изменением климата угрозой [1]. Недавно опубликованные результаты исследований группы ученых на основе анализа данных с 1970 г. показали [2], что стоимость ущерба, причиняемого вторжением инвазивных видов по всему миру, утраивается каждое десятилетие, причем быстрорастущие расходы не имеют тенденции к замедлению и более чем в 10 раз превышают финансирование для предотвращения или борьбы с этими биологическими вторжениями. Особенно большими были затраты на борьбу с инвазивными видами в США, Китае, Индии, Бразилии.

Отмечается, что распространение инвазивных видов – одна из основных угроз сохранению биологического разнообразия [3, 4]. Считается, что они входят в пятерку основных угроз биоразнообразию во всем мире [5, 6]. Инвазивные виды

часто являются причиной исчезновения аборигенных растений и животных, деградации редких и находящихся под угрозой экосистем, неурожаев и снижения продуктивности сельскохозяйственных культур, утраты многих сортов растений и пород животных, 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 моновидовые сообщества, что негативно сказывается на природном биоразнообразии [7]. В связи с этим, очень важно понять, какие биотические и абиотические факторы оказывают решающее влияние на увеличение уровня их инвазионности. Почему инвазивные растения часто более конкурентоспособны в новом ареале, чем в их родном, является центральным вопросом в понимании инвазивной биологии растений [8].

Одним из наиболее перспективных и информативных подходов в этом направлении исследований является филогенетический или когерентный подход, который представляет собой сравнение инвазивных видов с местными в пределах одного и того же рода, или же близкородственных, среди которых есть инвазивные и аборигенные виды [9].

Цель настоящей работы – изучение эколого-биологических особенностей роста и развития 3-х видов растений из рода Мелколепестник (*Erigeron* L.), различающихся по статусу инвазионности.

Объекты (материалы) и методы исследования

Объекты исследований – адвентивные виды с высокой инвазионной активностью на территории Беларуси: мелколепестничек канадский (*Erigeron canadensis* L.) и мелколепестник однолетний (*Erigeron annuus* (L.) Pers.), а также аборигенный вид мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.).

Мелколепестничек канадский (эригерон канадский) (*Coniza canadensis* (L.) Cronq., *Erigeron canadensis* L.) – однолетнее или зимующее растение из семейства Астровые (*Asteraceae*) с высокой инвазионной активностью [10]. Североамериканский вид с космополитическим ареалом. Обнаружен уже в 47 странах Европы, в 33 из которых полностью натурализовался [11]. В настоящее время входит в состав синантропной флоры почти во всех странах Европы, Азии и Северной Африки, а также Австралии и Японии. В 1862 г. зарегистрирован в Китае, где в настоящее время почти во всех его провинциях образует обширные монодоминантные заросли и считается одним из самых вредных инвазивных видов растений [12]. На родине в Канаде и на большей части США вид относят к агрессивным сорным видам, наносящим большой экономический ущерб сельскому хозяйству. В начале XVII в. попал в ботанические сады Европы, а уже в XVIII в. этот вид был довольно широко распространен в Западной и Центральной Европе. Один из самых распространённых в мире сорняков, засоряющий посевы более 40 сельскохозяйственных культур [13]. При высокой плотности может снизить продуктивность сои на 90% [14]. Является альтернативным хозяином большого количества возбудителей болезней [15] и вредителей [16].

Пионерный вид, играющий в отдельных случаях решающую роль на первых этапах формирования растительности и процесса почвообразования на нарушенных песчаных землях [17]. В основном встречается на необрабатываемых землях, а также на пахотных, где почва обрабатывается редко, или обработка вообще не проводится. Высокая фитоценотическая активность мелколепестничка канадского отмечена на средневлажных, слабокислых, умеренно богатых минеральным азотом нарушенных песчаных почвах, испытывающих регулярную антропогенную нагрузку [18].

Среди основных факторов, способствующих распространению данного вида в новые среды обитания и регионы – генетическое разнообразие [19], эволюционная адаптация [20] и аллелопатические эффекты [21].

Размножается только семенами, которые формируются в период с августа и до конца сентября. Семянки мелкие – 1–2 мм длиной, с хохолком-летучкой (рис. 1), который способствует распространению ветром (анемохории) на большие расстояния [22].

Количество цветочных корзинок и, следовательно, общий объем формируемых семян пропорционален высоте стебля. При высоте 65 см количество корзинок в среднем 700 и выше. Семенная продуктивность одного растения сильно зависит от плотности популяции. Одно растение формирует до 100 000 семян при плотности 200 растений на м^2 и 200 000 семян при низкой плотности (10 растений на м^2) [23].

Плотность популяции в осенний период достигает 200 и более ювенильных растений на 1 м^2 (рис. 2), что позволяет мелколепестничку канадскому в последующем практически в течение всей вегетации подавлять прорастание семян, рост и развитие других видов.

Успех инвазии мелколепестничка канадского определяется и высокой долей репродуктивной биомассы в общей биомассе растения [24]. Средняя сухая биомасса на фазе цветения растений составляет около 3,5 г. В этот период у растений отмечается в среднем 50 фотосинтезирующих листовых пластинок.

В настоящее время основные исследования этого вида направлены на изучение его аллелопатических эффектов [25], физиологических [26], экологических [27] характеристик и химического состава [28]. Аллелопатические свойства мелколепестничка мало изучены, однако, как показали исследования Y. Lu et al. (2020), аллелопатическая активность этого вида может быть выше даже, чем у другого широко распространенного инвазивного вида – золотарника канадского [29]. Проявление аллелопатических свойств связывают с наличием в растении фенольных соединений. Аллелопатический эффект может наблюдаться и в естественных фитоценозах, где мелколепестничек ингибирует прорастание и рост сопутствующих видов растений [21, 30].

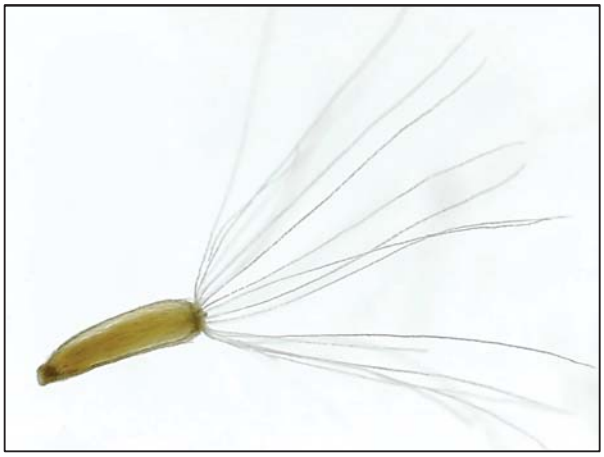


Рис. 1. Плоды-семянки мелколепестника канадского с хохолком летучкой

Fig. 1. Fruits-achenes of *Erigeron canadensis* (L.) with a tufted fly

а б

Рис. 2. Популяция мелколепестничка канадского в разные периоды вегетации: а – всходы растений в осенний период, б – ювенильные растения в начале весенней вегетации

Fig. 2. Population of the *Erigeron canadensis* L. in different periods of vegetation: a – seedlings of plants in the autumn period, b – juvenile plants at the beginning of the spring vegetation

Мелколепестник однолетний (*Erigeron annuus* (L.) Pers.s.l.), (*Phalacroloma annum* (L.) Dumort., *Stenactis annua* Nees.), (*Phalacroloma septentrionale* (Fern. et Wieg.) Tzvel., *Erigeron septentrionalis* (Fern. et Wiegand) Holub, *Erigeron strigosus* Muhl.ex Willd.). Однолетник или двулетник высотой до 100 см из семейства Астровые (*Asteraceae*) (рис. 3).

Инвазивный для Беларуси вид. Естественный ареал распространения – высокотравные прерии Северной Америки [31]. В Европу (Франция) попал из Канады в 1623–1633 гг. как декоративное растение [32], которое ранее активно выращивали в усадьбах, подворьях и особенно на старых сельских кладбищах. В настоящее время успешно распространился также в Азии и Австралии. В Беларуси известен с 1903 г. [33]. Входит в число ста пятидесяти наиболее распространенных чужеродных видов растений в Европе [34], особенно многочислен в лесных массивах, нарушенных и рудеральных местообитаниях, таких как обочины дорог, железнодорожные пути и свалки [35].

Средняя сухая биомасса на фазе цветения растений около 1,4 г. В этот период у растений отмечается в среднем около 20 фотосинтезирующих листовых пластинок.

Успех *E. annuus* как успешного колонизатора обусловлен способностью к быстрому росту и высокой семенной продуктивностью. Одно соцветие может дать более 10 000 очень легких семян [36], а наличие у них хохолка облегчает распространение на огромные расстояния [37] (рис. 4).

Неблагоприятное воздействие на окружающие местные растения может быть также связано с выделением в почву алеллопатически активных соединений [38–39].

Рис.3. Растение мелколепестника однолетнего

Fig.3. Plant *Erigeron annuus* L.

Рис. 4. Плоды – семянки мелколепестника однолетнего с хохолком летучкой

Fig. 4. Fruits – achenes (*Erigeron annuus* L. with a tufted fly

Мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.) двулетнее или многолетнее травянистое растение семейства *Asteraceae.* Ксеромезофит, анемохор, имеющее широкий ареал распространения. Распространен в Западной Европе, Европейской части Сибири, Средней Азии, Монголии, Китае, Дальнем Востоке, Северной Америке. Для Беларуси аборигенные вид. Растет на суходольных лугах, лесных полянах, боровых опушках и пустошах, в разреженных сосняках и на вырубках, залежах и пустырях, на обочинах дорог, по травянистым сухим склонам. Более часто встречается на сухих песчаных почвах, известняках. Обычен на злаково-разнотравных пойменных и суходольных лугах, но больших зарослей не образует; обилие его заметно возрастает на нарушенных участках, вырубках. Пионерный вид, часто характерен для ранних стадий формирования растительности на антропогенно нарушенных землях. Очень изменчивый вид, внутри которого выделяют множество форм (подвидов), отдельные из которых рассматриваются даже в качестве отдельных видов. Цветет с мая по август. Соцветие метельчатое, с многочисленными (до 20 штук) корзинками (рис. 5).

Размножается семенами. Семенная продуктивность одного растения около 2000 семян. Семянки длиной 1,5–1,8 мм, с двойным хохолком из белых длинных волосков (рис. 6).

Общее содержание фенольных соединений в растительном материале определяли спектрофотометрически в этанольных экстрактах с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [40].

Аллелопатическую активность растений определяли путем изучения влияния водных экстрактов, полученных из надземной биомассы каждого из трех модельных видов на тест-культуры (редис посевной) [40]. Оценку аллелопатического влияния водных экстрактов на энергию прорастания, всхожесть и на линейный рост анализируемых тест-культур проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [41]. В каждую чашку Петри помещали по 20 семян редиса посевного (сорт Французский завтрак) (рис. 7). В чашках Петри были сделаны по 2 продольные прорези в которые закладывалась полоса фильтровальной бумаги, концы которой опускали в воду, залитую в поддон, над которым на специальных решетках находились чашки Петри. Семена проращивали в термостате при температуре 22 С^{o}.

Водный экстракт (на примере 10%-го) готовили следующим образом: 10 г сухого сырья заливали 100 мл кипятка и настаивали 1 час, затем процеживали, доводили до исходного объема

(100 мл) и помещали в холодильник. В дальнейшем полученный настой разбавляли до нужной концентрации и добавляли на каждый фильтр в чашки Петри по 2 мл водного экстракта в различных концентрациях (0,001%, 0,01%, 0,1%, 1%, 10%), в контрольные чашки – 2 мл дистиллированной воды. Повторность опыта 3-х кратная. Обработку полученных экспериментальных данных проводили стандартными методами вариационной статистики.

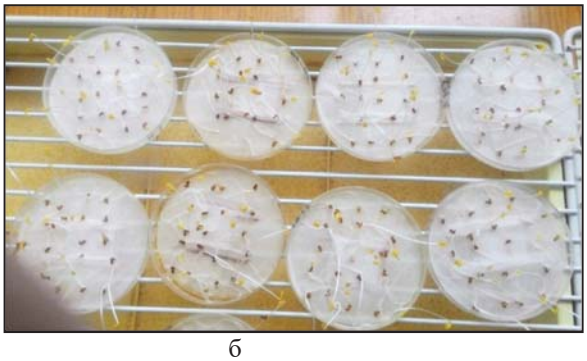
Рис. 5. Растение мелколепестника едкого

Fig. 5. Plant *Erigeron acris* L.

Рис. 6. Плоды – семянки мелколепестника едкого с хохолком летучкой

Fig. 6. Fruits – achenes (*Erigeron acris* L.) with a tufted fly

а



б

Рис. 7. Вид лабораторных опытов по изучению влияния водных экстрактов, полученных из надземной биомассы модельных видов, на прорастание и рост проростков тест-культуры (а – общий вид опыта, б – общий вид проростков редиса посевного во время съема информации)

Fig. 7. Type of laboratory experiments to study the effect of water extracts obtained from the above-ground biomass of model species on the germination and growth of seedlings of the test culture (a – general view of one of the experiment options, b – general view of radish seedlings during the removal of information)

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных лабораторных опытов показали наличие высокой аллелопатической активности у водных экстрактов, полученных из надземной части изучаемых видов растений (табл. 1).

Установлено, что высокие концентрации (10%) водных экстрактов, полученных из надземной биомассы всех трех видов, оказывают сильное ингибирующее действие на рост проростков тест-культур. С уменьшением концентрации экстракта ингибирующий эффект снижается и имеет тенденцию к стимулированию процессов прорастания тест-культуры.

Наибольшее снижение линейных параметров корней и побегов у тест-культуры наблюдается при обработке семян редиса 10% экстрактами из надземной части мелколепестничка канадского и мелколепестника однолетнего, меньшее – мелколепестника едкого (табл. 1).

По литературным данным [42, 43], инвазивные виды растений характеризуются более высо-

кими концентрациями фенольных соединений в надземной фитомассе, чем аборигенные виды. Полученные нами экспериментальные данные подтвердили это заключение (табл. 2).

Среди изученных видов из рода Мелколепестник наибольшее общее содержание фенольных соединений отмечено в наземной биомассе мелколепестника однолетнего, которое составляет 5,85%. Относительно близкие значения данного показателя имеет другой вид с высокой инвазионной активностью – мелколепестничек канадский (4,74%). Общее содержание фенольных соединений в аборигенном виде – мелколепестнике едком было значительно ниже по сравнению с инвазивными видами и составило 1,13%. Это говорит о том, что высокая конкурентоспособность агрессивных видов из рода Мелколепестник и их инвазионный потенциал обусловлены не только высокой семенной продуктивностью и способностью формировать плотные моновидовые сооб-щества, но и их высокой аллелопатической активностью.

Это подтверждают и данные по аллелопатической активности трех видов из рода Мелколепестник, согласно которым наибольшее ингибирование ростовых процессов у тест-культуры вызывает обработка семян 10% экстрактом из надземной биомассы мелколепестника однолетнего (см. табл.1).

На энергию прорастания семян тест-культуры обработка экстрактами оказывала меньшее влияние, чем на линейный рост корней и побегов, что подтверждают и результаты, полученные китайскими учеными [44]. В наших опытах только при обработке растворами с самой высокой (10%) концентрацией отмечается достоверное снижение данного показателя (81–88%) по сравнению с контролем (96,6%). Обработка семян редиса экстрактами с концентрациями от 0,001 до 1% к достоверным изменениям энергии прорастания не приводила.

Таблица 1. Влияние различных концентраций водных экстрактов из растений рода Мелколепестник на длину проростков и корней тест-культуры, % к контролю (вода)

Table 1. The effect of various concentrations of water extracts from plants of the genus Small-flowered plant on the length of seedlings and roots of the test culture, % to control (water)

Часть растения	Концентрация водного экстракта, %				
	10	1	0,1	0,01	0,001
	Мелколепестничек канадский				
Корни	64,0*	93,2	98,8	107,4*	100,1
Побеги	58,5*	89,6*	96,2	87,1*	85,9*
	Мелколепестник однолетний				
Корни	60,1*	85,5*	94,9	112,3*	115,0*
Побеги	52,8*	72,7*	95,5	98,3	100,4
	Мелколепестник едкий				
Корни	72,1*	101,8	102,8	101,3	102,8
Побеги	67,8*	97,1	100,1	100,5	101,7
Примечание. * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p<0,05$					

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в растениях видов из рода Мелколепестник (*Erigeron* L.)

Table 2. The total content of phenolic compounds in plants of species from the genera Small-scale (*Erigeron* L.)

Вид	Общее содержание фенольных соединений, %
Мелколепестник однолетний	5,85 ± 0,06
Мелколепестничек канадский	4,74 ± 0,04
Мелколепестник едкий	1,13 ± 0,03

Заключение

Проведенные исследования по изучению видов из рода Мелколепестник, различающихся по уровню инвазионной активности, позволили оценить вклад различных факторов в их инвазионный потенциал. Показано, что высокое содержание фенольных соединений в тканях растений коррелирует с их аллелопатической и инвазионной активностью.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б22–034).

Литература

1. 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. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.04.038

2. Diagne, C. High and rising economic costs of biological invasions worldwide / C. Diagne [et all.] // Nature. – 2021. – Vol. 592. – P.571–576.

3. Powell, K. Invasive plants have scale-dependent effects on diversity by altering species-area relationships / K. Powell [et al.] // Science. – 2013. – Vol. 339. – P. 316–318. https://doi.org/10.1126/science.1226817

4. Vilà, M. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems / M. Vilà [et al.] // Ecol. Lett. – 2011. – Vol. 14. – P. 702–708. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x

5. Sala, O. E. Global biodiversity scenarios for the year 2100 / O. Sala [et al.] // Science. – 2000. – Vol. 287. – P. 1770–1774. DOI:b 10.1126 / science.287.5459.1770.

6. Butchart, S. H. Global biodiversity: indicators of recent declines / S. Butchart [et all.] // Science. – 2010. – N 328. – P.1164–1168. DOI:10.1126 / science.1187512

7. Richardson, D. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions / D. Richardson [et al.] // Diversity and Distributions. – 2000. – Vol. 3. – N 6. – P. 14–93. DOI:10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x

8. Blossey, B. Evolution of increased competitive ability in invasive non-indigenous plants: A hypothesis / B. Blossey, R. Nötzold // J. Ecol. – 1995. – Vol. 83. – N 5. – P. 887–889. DOI:10.2307 / 2261425.

9. Feng, Y. L. Nitrogen allocation, partitioning and use efficience in three invasive plant species in comparison with their native congeners / Y. L. Feng, G. Fu // Biol Invasions. – 2008. – Vol. 10. – P. 891–902.

10. Hu, G. Aqueous tissue extracts of Conyza canadensis inhibit the germination and shoot growth of three native herbs with no autotoxic effects / G. Hu, Z. Zhang // Planta Daninha. – 2013. – Vol.31. – N 4. – P. 805–811.

11. Виноградова, Ю. К. Черная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова [и др.] – М.: ГЕОС, 2009. – 494 с.

12. Прохоров, В. Н. Аллелопатическая активность мелколепестничека канадского (*Coniza canadensis* (L.) Crong.) – адвентивного вида с высокой инвазионной активностью в Беларуси / В. Н. Прохоров // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2020. – N 4. – С. 61–68.

13. Holm, L. World weeds: Natural histories and distribution / L. Holm [et al.]. – John Wiley & Sons, Inc., Toronto. – 1997. – P. 226–235.

14. Bruce, J. A. Horseweed (*Conyza canadensis*) control in no-tillage soybeans (Glycine max) with preplant and preemergence herbicides / J. A. Bruce, J. Kells // Weed Technol. – 1990. – N 4. – P. 642–647.

15. Regehr, D. L. The Population Dynamics of Erigeron Canadensis. A Successional Winter Annual / D. L. Regehr, F. Bazzaz. // J. Ecol. – 1979. – Vol. 67. – N 3. – P. 923–933.

16. Weaver, S. E. The biology of Canadian weeds. 115. *Conyza canadensis.* Canadian / S. Weaver // Journal of Plant Science. 2001 – Vol.81. – P.867–875. http://dx.doi.org/10.4141/P00-196.

17. Callaway, R. M. Novel weapons: Invasive Success and the Evolution of Increased Competitive Ability / R. M. Callaway, W. Ridenour // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2004 – N 2 – P.436–443. http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0436:NWISAT]2.0.CO;2

18. Ивенкова, И. М. Фитоценотическая активность *Coniza canadensis* (L.) Cronquisi в растительных сообществах Брянской области / И. М. Ивенкова // Вестник Брянского государственного университета. – 2013. – N 4. – С.99–104.

19. Circunvis, B. C. Genetic characterization of *Conyza* sp. samples in the state of Parana / B. C. Circunvis [et al.] // Planta Daninha. – 2014. – Vol. 32. – P. 173–179.

20. Nandula, V. K. Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*) / V. K. Nandula [et al.] // Weed Science – 2006. – Vol. 54. – P. 898–902.

21. Zhang, H. Y. Allelopatic potential of flavonoids identified from invasive plant *Conyza canadensis* on *Agrostis stonifera* and Lactuca sativa / H. Zhang [et al.] // Allelopathy Journal. – 2017. – Vol. 41. – N 2. – P. 223–238.

22. Антипов, Е.М. *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (*Erigeron canadensis* L.) – Мелколепестничек канадский / Е. М. Антипова [и др.] // Черная книга флоры Сибири. Новосибирск – 2016. – С. 96–102.

23. Bhowmik, P. Horseweed (*Conyza canadensis*) seed production, emergence, and distribution in no-tillage and conventional-tillage corn (*Zea mays*) / P. Bhowmik // Agronomy (Trends in Agril. Sci.). – 1993. – N 1. – P. 67–71.

24. Wang, J. Atmospheric pollen dispersion from herbicide-resistant horseweed (*Conyza canadensis* L.) / J. Wang [et al.] // Aerobiologia. – 2017. – Vol. 33. – P. 393–406. doi.org/10.1007/s10453-017-9477-3.

25. Wang, C. Allelopathic effects of Canada goldenrod leaf extracts on the seed germination and seedling growth of lettuce reinforced under salt stress / C. Wang, B. Wu, K. Jiang // Ecotoxicology – 2019. – Vol. 28. – P.103–116. 10.1007/s10646-018-2004-7

26. Page E. R. Refuge facilitates the preservation and accumulation of herbicide resistance traits in *Conyza canadensis* / E. R. Page [et al.] // Can. J. Plant Sci. – 2019. – Vol. 99 – N.6. – P.852–861. 10.1139/CJPS-2019-0113

27. Fried, G. Relative importance of environmental factors and farming practices in shaping weed communities structure and composition in French vineyards / G. Fried [et al.] // Agric. Ecosyst. Environ. – 2019. – Vol. 275. – P. 1–13. 10.1016/j.agee.2019.01.006

28. Xi, Y. Selenium enhances *Conyza canadensis* phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil / Y. Xi [et al.] // J. Soils and Sediments. – 2019. – Vol. 19. – P. 2823–2835. 10.1007/s11368-019-02274-x

29. Lu, Y. Allelopathy of three Compositae invasive alien species on indigenous *Lactuca sativa* L. enhanced under / Y. Lu [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2020. – Vol. 267. 109–323. doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109323.

30. Wang, C. Y. Functional traits and reproductive allocation strategy of *Conyza canadensis* as they vary by invasion degree along a latitude gradient / C. Wang [et al.] // Polish Journal of Environmental Studies. – 2017. – Vol. 26. – N 3. – P. 1289–1297.

31. Stratton, D. A. Life-cycle components of selection in *Erigeron annuus*: I. phenotypic selection / D. A. Stratton // Evol. – 1992. – Vol. 46. – P. 92–106.

32. Rothmaler, W. Rothmaler exkursions flora von Deutschland / W. Rothmaler, R. Schuber, W. Vent // Gefässpflanzen: Kritischer Band. – Vol. 8. – N 4. – G. Fischer, Jena, 1994. – 81 p.

33. Дубовик, Д. В. Мелколепестник однолетний // Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения. – Под общей ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского. – Минск: Беларуская навука, 2020. – С. 193–198.

34. Jogan, N. Handbook for systematic mapping of invasive alien plant species / N. Jogan, K. Eler, Š. Novak // Zavod Symbiosis in Botanično društvo Slovenije. 2012. – P. 52.

35. Edwards, P. J. Genetic variation in native and invasive populations of *Erigeron annuus* as assessed by RAPD markers / P. J. Edwards [et al.] // Int. J. Plant Sci. – 2006. – Vol. 167. – P. 93–101.

36. Stratton, D. A. Competition prolongs expression of maternal effects in seedlings of *Erigeron annuus* (*Asteraceae*) / D. Stratton // Am. J. Bot. – 1989. – Vol. 76. – P. 1646–1653.

37. Andersen, M. C. Diaspore morphology and seed dispersal in several wind-dispersed Asteraceae / M. C. Andersen // Am. J. Bot. – 1993. – Vol. 80. – P.487–492.

38. Fabbro, C. D. Allelopathic effects of three plant invaders on germination of native species: a field study / C. D. Fabbro, S. Gusewell, D. Prati // Biol. Invasions. – 2013. – 8 p. DOI 10.1007/s10530-013-0555-3

39. Tunaitienė, V. Genetic and allelopathic differences between populations of daisy fleabane *Erigeron annuus* (L.) Pers. (*Asteraceae*) from disturbed and stable / V. Tunaitienė [et al.] // Biochemical Systematics and Ecology. – 2017. – Vol. 70. – P.294–303.

40. Гродзинский, А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: основы химического взаимодействия растений / А. М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – 200 с.

41. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1985.

42. Kim, Y. O. Comparison of phenolic compounds and the effects of invasive and native species in East Asia: support for the novel weapons hypothesis / Y. O. Kim, E. Lee // Ecol. Res. – 2011. – Vol. 26. – P. 87–94. doi.org/10.1007/s11284-010-0762-7

43. Nalewajko-Sieliwoniuk, E. Comparative analysis of phenolic compounds in four taxa of *Erigeron acris* s.l. (*Asteraceae*) / E. Nalewajko-Sieliwoniuk [et al.] // Biologia. – 2019. – Vol. 74. – P. 1569–1577. https://doi.org/10.2478/s11756-019-00332-w

44. Zhang, Z. Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis / Z. Zhang [et al.] // Ecol. Lett. – 2021. – Vol.24. – P. 348–362. https://doi.org/10.1111/ele.13627.

Поступила в редакцию 19.09.2022 г.

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. РУПАСОВА, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, Н. Б. КРИНИЦКАЯ,
В. С. ЗАДАЛЯ, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Л. В. ГОНЧАРОВА

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: J. Rupasova@cbg.org.by

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного исследования в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода биохимического состава плодов по 14-ти показателям – содержанию ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений 6 новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – из раннеспелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из среднеспелых – Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel для комплексной оценки которого в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott. Установлено, что наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, а наименьшим – сорт Rubel. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов Harrison и Rubel, а наиболее кислым – сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов отличались сорта Harrison и в большей степени Rubel, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. На основании сравнительного исследования биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высокорослой установлено, что лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

Ключевые слова: голубика высокорослая (*Vaccinium corimbosum* L.), южная агроклиматическая зона Беларуси, интродуцированные сорта, биохимический состав плодов, питательная и витаминная ценность.

ZH. A. RUPASOVA, T. I. VASILEUSKAYA, N. B. KRINYTSKAYA,
V. S. ZADALIA, L.V. GONCHAROVA, N. B. PAVLOVSKY

THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE FRUITS OF INTRODUCED BLUEBERRY VARIETIES (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN AGRICULTURAL AND CLIMATIC ZONE OF BELARUS

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

Annotation. The article presents the results of a comparative study in the conditions of the southern agricultural and climatic zone of Belarus against the background of typical for the region weather conditions of the growing season of the biochemical composition of fruits according to 14 indicators – the content of a number of organic acids, carbohydrates and phenolic compounds 6 new introduced varieties of tall blueberry of different ripening periods – from early ripening – Chanticleer, Hannah's Choice, mid-ripening – Bluegold, Harrison and late-ripening – Aurora, Rubel for a comprehensive assessment of which the corresponding zoned varieties Weymouth, Bluecrop and Elliott were used as comparison standards. It has been established that the highest content of organic acids in fruits, including ascorbic and hydroxycinnamic acids, was characterized by varieties Hannah's Choice and Aurora, and the lowest by variety Rubel. At the same time, the fruits of the Harrison and Rubel varieties were noted as the sweetest, and the most sour were the varieties Hannah's Choice, Bluegold and Aurora. The varieties Harrison and, to a greater extent, Rubel were distinguished by the greatest richness of the bioflavonoid complex of fruits, and the varieties Hannah's Choice, Bluegold and *Aurora* should be recognized as the least provided with them. Based on a comparative study of the biochemical composition of the fruits of new tested varieties of blueberry, it was found that the leading position in terms of the integral level of their nutritional and vitamin value among early-ripening varieties belonged to the

Chanticleer variety, among the mid-ripening ones – to the Bluegold variety, and among the late-ripening ones – to the Rubel variety.

Keyworld: blueberry (*Vaccinium corimbosum* L.), the southern agrj-climatic zone of Belarus, introduced varieties, biochemical composition of fruits, nutritional and vitamin value.

Введение

Важнейшей задачей интродукционных исследований в Республике Беларусь является введение в культуру новых высоковитаминных нетрадиционных плодово-ягодных растений за счет привлечения сортов и гибридов отечественной и зарубежной селекции. Развитие исследований в данном направлении является составной частью работ, проводимых Центральным ботаническим садом НАН Беларуси уже на протяжении нескольких десятилетий. Ключевым аспектом этой деятельности является пополнение генофонда нетрадиционных для региона хозяйственно-ценных видов, перспективных в качестве источников лекарственного и пищевого растительного сырья. Особое место в ряду интродуцентов, являющихся перспективными источниками биологически активных соединений, занимает голубика высокорослая, плоды которой издавна находят применение в пищевых и медицинских целях благодаря высокому содержанию физиологически активных соединений, что делает их весьма привлекательными для комплексного практического использования.

В настоящее время коллекционный фонд интродуцированных растений ЦБС НАН Беларуси пополнился рядом новых сортов данного вида зарубежной селекции, для обоснования перспективности которых в целях районирования и введения в промышленную культуру в условиях Беларуси, а также вовлечения в селекционный процесс, возникла необходимость в оценке их способности к биосинтезу в плодах широкого спектра действующих веществ. В связи с этим были выполнены сравнительные исследования биохимического состава плодов новых интродуцентов по содержанию широкого спектра органических соединений, в том числе титруемых, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, пектиновых и дубильных веществ, а также основных групп биофлавоноидов.

Объекты (материалы) и методы исследования

Исследования выполнены в южной агроклиматической зоне республики на научно-экспериментальной базе ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский район Брестской области) на осушенной торфяно-болотной почве на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода, характеризовавшихся в летние месяцы жаркой и сухой погодой с обилием солнечных дней.

Объектами исследований являлись растения 6 новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: из раннеспелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из среднеспелых – Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel, для комплексной оценки которых в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott.

В период созревания плодов опытных растений осуществляли исследование их биохимического состава по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [2]. В высушенных при температуре 60ºС пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [3]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [4]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [2]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [5], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [6]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [2, 7]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [2]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [8]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Выявление сортов голубики с наиболее высоким интегральным уровнем питательной и витаминной ценности плодов осуществляли с использованием авторского способа ранжирования объектов по совокупности анализируемых признаков, защищенного патентом [9].

Результаты и их обсуждение

Определение основных биохимических характеристик плодов опытных таксонов голубики показало, что содержание сухих веществ в ряду раннеспелых сортов варьировалось в диапазоне 12,4–13,8%, среднеспелых – 14,5–17,8% и позднеспелых – 12,4–17,9%. При этом содержание органических кислот, в значительной мере определявшее вкусовые и полезные свойства ягодной продукции голубики, варьировалось в обозначенных сортовых рядах в довольно широких диапазонах значений, составлявших для титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту) соответственно 2,5–5,6%, 2,6–8,7% и 3,7–14,8% сухой массы, для аскорбиновой кислоты –362–433 мг/100 г, 315–371 мг/100 г и 261–410 мг/100 г, для гидроксикоричных кислот – 513–768 мг/100 г, 626–954 мг/100 г и 828–1238 мг/100 г.

Сходные с приведенными выше данные о содержании в плодах *V. corymbosum* аскорбиновой и свободных органических кислот приводят также польские исследователи [10]. Обращает на себя внимание сравнительно низкое содержание в плодах голубики аскорбиновой кислоты, на что есть указание и в работе немецких ученых [11]. Вместе с тем содержание в их сухой массе гидроксикоричных кислот оказалось весьма значительным и было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов *V. corymbosum* [12, 13]. Плоды *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием углеводов, в первую очередь, растворимых сахаров, суммарное содержание которых в исследуемых таксономических рядах изменялось в близких диапазонах, составлявших у раннеспелых сортов 47–53%, среднеспелых – 47–52% и позднеспелых – 43–50% сухой массы при показателях сахарокислотного индекса соответственно 8,5–21,1, 5,4–19,7 и 2,9–13,7. Как видим, несмотря на сходное содержание растворимых сахаров, плоды голубики в пределах каждой группы скороспелости характеризовались существенными различиями данного показателя, что свидетельствовало о различиях их вкусовых свойств, обусловленных несопоставимостью темпов биосинтеза свободных органических кислот. При этом плоды исследуемых таксонов голубики были весьма богаты пектиновыми веществами, содержание которых в анализируемых сортовых рядах изменялось в сходных диапазонах значений – 5,7–6,3%, 5,9–6,1% и 4,5–7,9% сухого вещества при содержании дубильных веществ (танинов) 1,5–2,1%, 0,8–3,1% и 1,5–2,7% соответственно.

Заметим, что приведенные данные о содержании в плодах голубики органических кислот, углеводов и дубильных веществ оказались достаточно близки к установленным нами ранее для других сортов из соответствующих групп спелости данного вида [12–15]. Значительное внимание в наших исследованиях было уделено исследованию биофлавоноидного комплекса плодов новых интродуцированных сортов *V. corymbosum*, благодаря Р-витаминному действию на организм человека, оказываемому входящими в него соединениями [16–18]. Общеизвестно, что плоды представителей рода *Vaccinium* являются природными источниками этих чрезвычайно ценных биологически активных веществ многостороннего фармакологического и лечебно-профилактического действия.

Исследованиями ученых Центрального ботанического сада НАН Беларуси, выполненными в разные годы во всех агроклиматических зонах республики, была подтверждена повышенная способность интродуцированных сортов голубики высокорослой к биосинтезу в плодах биофлавоноидов, но вместе с тем была показана выраженная зависимость параметров их накопления от генотипа растений и основных абиотических факторов – эдафического, географического и метеорологических [12–15, 19–22]. Как и следовало ожидать, плоды интродуцированных сортов *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием биофлавоноидов, изменявшимся в ряду раннеспелых сортов от 6756 до 7856 мг/100 г сухой массы, среднеспелых – от 12078 до 13555 мг/100 г и позднеспелых – от 13137до 20404 мг/100 г при расхождении крайних позиций в приведенных диапазонах соответственно в 1,2, 1,1 и 1,6 раза, что было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов голубики при их выращивании на мелиорированных землях и торфяных выработках Беларуси [12,13,23] и что убедительно свидетельствовало об определенных генотипических различиях в накоплении полифенолов.

Нетрудно убедиться, что общее содержание в плодах данных соединений существенно возрастало в ряду от раннеспелых к позднеспелым сортам голубики, что косвенно свидетельствовало о соответствующем усилении в данном направлении их антиоксидантных свойств, поскольку именно все компоненты Р-витаминного комплекса являются общепризнанными антиоксидантами. На наш взгляд, выявленные различия в содержании биофлавоноидов в плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики обуслов-

лены разными сроками их созревания. Очевидно, регуляция темпов биосинтеза данных соединений в значительной мере определялась сочетанием внешних факторов и продолжительностью периода формирования плодов.

Доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса последних у всех исследуемых сортов голубики принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах, соответствовавшем 4385–5547 мг/100 г, 9464–10539мг/100 г и 10192–16623 мг/100 г, варьировалась от 65–71% у раннеспелых сортов до 78–81% у среднеспелых и позднеспелых (табл. 1).

Превалирующей фракцией антоциановых пигментов являлись собственно антоцианы, содержание которых, составлявшее в сортовых рядах 3933–4947 мг/100 г, 5453–6800 мг/100 г и 5480–10570 мг/100 г соответственно, существенно превосходило таковое лейкоантоцианов, особенно у раннеспелых сортов (в 5–29 раз), тогда как у среднеспелых и позднеспелых сортов этот разрыв был значительно меньше и составлял лишь 1,2–1,8 раза. Подобный состав антоцианового комплекса плодов голубики был показан нами и в более ранних исследованиях [12, 13, 23]. При этом долевое участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1642–1843 мг/100 г, 1843–2314 мг/100 г и 2096–2598 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 21–26%, 16–17% и 13–16%, тогда как относительная доля катехинов при содержании 641–702 мг/100 г, 702–771 мг/100 г и 849–1183 мг/100 г изменялась от 8–10% у раннеспелых сортов до 5–6% у среднеспелых и позднеспелых (см. табл. 1). Как видим, раннеспелые сорта голубики характеризовались заметно меньшим долевым участием антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса плодов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

Вместе с тем значительная ширина диапазонов варьирования содержания основных компонентов биофлавоноидного комплекса плодов в исследуемых сортовых рядах указывала на существенные генотипические различия в этом плане, но во всех случаях у представителей каждой группы сортов наблюдалось заметное сходство в составе данного комплекса, определявшееся относительным подобием соотношения в нем отдельных соединений, представление о котором можно составить по данным табл. 1. Обращает на себя внимание заметно более низкое участие в его составе антоциановых пигментов у раннеспелых сортов по сравнению со среднеспелыми и позднеспелыми, обусловленное, главным образом, существенным ингибированием биосинтеза лейкоантоцианов в пользу собственно антоцианов, что, очевидно, связано с ранними сроками созревания плодов и расходованием лейкоформ антоциановых пигментов на их окрашивание.

Для новых тестируемых сортов *V. corymbosum* были показаны весьма выразительные различия по биохимическому составу плодов с соответствующими срокам их созревания стандартными районированными сортами – раннеспелым Weymouth, среднеспелым Bluecrop и позднеспелым Elliott (табл. 2). Так, в большинстве случаев было установлено превышение эталонных значений в накоплении свободных органических и аскорбиновой кислот, составлявшее у раннеспелых сортов, особенно у сорта Hannah,s Choice, соответственно 16–124% и 8–20%. У среднеспелых и позднеспелых сортов голубики более высоким (на 53 и 54%), чем у

Таблица 1. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов интродуцированных таксонов *Vaccinium corymbosum*, %

Table 1. A quota of the main bioflavonoid clusters in the P- vitamin complex of the introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* fruits, %

Сорт	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциан. пигментов	Катехины	Флавонолы
Weymouth (st)	**63**	**8**	**71**	**8**	**21**
Chanticleer	54	11	65	10	25
Hannah,s Choice	63	2	65	9	26
Bluecrop (st)	**42**	**36**	**78**	**5**	**17**
Bluegold	47	31	78	6	16
Harrison	50	28	78	5	17
Elliott (st)	**50**	**29**	**79**	**6**	**15**
Aurora	42	36	78	6	16
Rubel	52	29	81	6	13

эталонных объектов, содержанием в плодах титруемых кислот характеризовались лишь сорта Bluegold и Aurora, тогда как у сортов Harrison и Rubel, напротив, было выявлено отставание от них по данному показателю на 54 и 62%. При этом относительные размеры превышения эталонных значений содержания аскорбиновой кислоты в плодах среднеспелых сортов голубики (в пределах 4–18%) были сопоставимы с установленными у раннеспелых сортов, а в группе позднеспелых сортов более высоким, чем у сорта Elliott, содержанием аскорбата был отмечен только сорт Aurora, тогда как сорт Rubel уступал ему в этом плане на 28%. Заметим, что для обоих раннеспелых сортов голубики, особенно сорта Hannah,s Choice, было показано не только более активное, чем у сорта Weymouth, накопление в плодах титруемых и аскорбиновой, но и гидроксикоричных кислот, при относительных размерах данных различий в пределах 30–50%. Аналогичная картина наблюдалась и у позднеспелого сорта Aurora, отмеченного на 47% более высоким, чем у сорта Elliott, содержанием в плодах гидроксикоричных кислот, на фоне отсутствия достоверных различий с ним в этом плане у сорта Rubel. При этом для обоих среднеспелых сортов голубики было показано отставание от сорта Bluecrop в накоплении в плодах данных соединений на 11–34%, наиболее выраженное у сорта *Harrison*.

Как следует из табл. 2, различия тестируемых сортов голубики с эталонными объектами в содержании в плодах растворимых сахаров проявились менее выразительно, чем в таковом органических кислот, но, как и в первом случае, были неоднозначными. Так, у ряда новых интродуцированных сортов (Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora) обнаружено отставание на 8–10% от соответствующих их группам спелости стандартных сортов в накоплении этих углеводов, что при активизации биосинтеза свободных органических кислот обусловило на 41–60% более низкие значения сахарокислотного индекса плодов, указывавшие на их более кислый вкус. Заметим, что у сорта Chanticleer, несмотря на весьма незначительное, но все достоверное превышение эталонного уровня растворимых сахаров, тем не менее, величина данного показателя на 13% уступала таковой у эталонного сорта Weymouth, что было обусловлено более активным накоплением свободных органических кислот. Лишь у двух таксонов голубики – Harrison и Rubel, из-за меньшего, чем у соответствующих эталонных объектов, содержания титруемых кислот, установлены на 112 и 180% более высокие, чем у них, значения данного показателя.

При относительном сходстве содержания в плодах голубики пектиновых веществ различия тестируемых раннеспелых и среднеспелых сортов с соответствующими эталонными объектами по данному признаку оказались маловыразительными (в пределах 5–6%) и указывали в первом случае на его превышение у сорта *Chanti cleer* и отставание у сорта Hannah,s Choice, то

Таблица 2. Относительные различия интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с соответствующими срокам их созревания районированными сортами Weymouth, Bluecrop и Elliott по характеристикам биохимического состава плодов, %

Table 2. Relative distinctions between the introduced and zoned varieties of *Vaccinium corymbosum* with the same ripening period *by the* characteristics of the biochemical composition of fruits

Показатель	Раннеспелые сорта		Среднеспелые сорта		Позднеспелые сорта	
	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluegold	Harrison	Aurora	Rubel
Сухие вещества	-5,1	-10,1	-3,3	**+18,7**	-8,8	**+31,6**
Свободные органические кислоты	**+16,0**	**+124,0**	**+52,6**	-54,4	**+54,2**	-61,5
Аскорбиновая кислота	**+8,3**	**+19,5**	**+3,9**	**+17,9**	**+13,8**	-27,6
Гидроксикоричные кислоты	**+30,3**	**+49,8**	-11,3	-34,4	**+47,2**	-
Растворимые сахара	**+2,5**	-8,5	-9,6	-	-9,1	**+5,7**
Сахарокислотный индекс	-13,3	-59,7	-41,9	**+111,8**	-40,8	**+179,6**
Пектиновые вещества	**+5,2**	-5,5	**+3,4**	-	-17,9	**+44,2**
Собственно антоцианы	-20,5	-14,3	**+3,4**	**+24,7**	-27,1	**+40,6**
Лейкоантоцианы	**+33,1**	-75,8	-16,9	-18,7	**+7,0**	**+37,4**
Сумма антоциановых пигментов	-14,7	-20,9	-5,9	**+4,8**	-14,5	**+39,4**
Катехины	**+5,2**	-3,9	**+9,1**	-	-8,4	**+27,6**
Флавонолы	**+12,2**	**+5,3**	-15,3	**+41,0**	-4,4	**+18,5**
Сумма биофлавоноидов	-7,4	-14,0	-6,6	**+4,8**	-12,7	**+35,6**
Дубильные вещества	-23,2	-29,9	**+152,9**	-31,4	**+8,3**	-41,3

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с соответствующим стандартным сортом при P< 0,05

гда как во втором случае незначительное, хотя и достоверное, превышение на 3–4% выявлено лишь у сорта Bluegold при отсутствии различий со стандартным сортом Bluecrop у сорта Harrison. У позднеспелых сортов голубики влияние генотипа растений на накопление в плодах пектиновых веществ проявилось намного выразительнее, чем у раннеспелого и среднеспелого сортов, что подтверждалось более значительными расхождениями тестируемых объектов с эталонным сортом Elliott по данному признаку при отставании от него сорта Aurora на 18% и превышении на 44% у сорта Rubel (см. табл. 2). При этом большинство тестируемых сортов голубики были отмечены на 3–10 и 23–41% менее значительным, чем у эталонных объектов, содержанием в плодах сухих и дубильных веществ на фоне более активного накопления первых у сортов Harrison и Rubel (на 19–32%) и вторых у сортов Aurora и Bluegold (на 8–153%). Поскольку важнейшим показателем качества плодов голубики является повышенное содержание в них биофлавоноидов, то особое внимание в данных исследованиях было уделено выявлению различий со стандартными сортами по данному признаку.

Как следует из табл. 2, из шести новых интродуцированных сортов только два – Harrison и Rubel превосходили соответствующие их группам спелости эталонные объекты по общему содержанию в плодах биофлавоноидов соответственно на 4,8 и 35,6%. Остальные же тестируемые таксоны голубики уступали им в этом плане на 7–14%. Поскольку суммарное содержание полифенолов является своеобразным интегральным показателем, отражающим подобные различия в содержании их основных компонентов, то учитывая доминирующую роль антоциановых пигментов в формировании Р-витаминного комплекса плодов голубики, основной причиной данного отставания у ряда тестируемых объектов являлся более низкий, чем у стандартных сортов, уровень накопления данных соединений при отставании от последних на 6–21%. При этом в большинстве случаев определенный вклад в нивелирование различий новых сортов с эталонными сортами по общему выходу полифенолов вносило более активное накопление в их плодах катехинов и флавонолов, наиболее выраженное у раннеспелого сорта Chanticleer и позднеспелого Rubel.

На основании результатов биохимического скрининга исследуемых сортов *V. corymbosum* были выявлены объекты с наибольшими и соответственно наименьшими показателями качественного состава ягодной продукции в пределах соответствующих групп спелости (табл. 3). Оказалось, что среди раннеспелых сортов районированный сорт Weymouth характеризовался наибольшим содержанием в ней сухих и дубильных веществ, а также биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и катехинов, и наиболее высоким показателем сахарокислотного индекса, тогда как сорт Chanticleer – рас

Таблица 3. Интродуцированные сорта *Vaccinium corymbosum* с наибольшими (**max**) и наименьшими (*min*) в пределах групп спелости характеристиками биохимического состава плодов

Table 3. The introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* with the greatest (max) and the least (min) characteristics of the biochemical composition of fruits

Показатель	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Weymouth (st)	Chanti-cleer	Hannah,s Choice	Bluecrop (st)	Blue-gold	Harri-son	Elliott (st)	Aurora	Rubel
Сухие вещества	**max**		*min*		*min*	**max**		*min*	**max**
Свободные органические кислоты	*min*		**max**		**max**	*min*		**max**	*min*
Аскорбиновая кислота	*min*		**max**	*min*		**max**		**max**	*min*
Гидроксикоричные. кислоты	*min*		**max**	**max**		*min*	*min*	**max**	*min*
Растворимые сахара		**max**	*min*	**max**	*min*	**max**		*min*	**max**
Сахарокислотный индекс	**max**		*min*		*min*	**max**		*min*	**max**
Пектиновые вещества		**max**	*min*	*min*	**max**	*min*		*min*	**max**
Собственно антоцианы	**max**	*min*		*min*		**max**		*min*	**max**
Лейкоантоцианы		**max**	*min*	**max**		*min*	*min*		**max**
Сумма антоциановых пигментов	**max**		*min*		*min*	**max**		*min*	**max**
Катехины	**max**		*min*	*min*	**max**	*min*		*min*	**max**
Флавонолы		**max**	*min*		*min*	**max**		*min*	**max**
Сумма биофлавоноидов	**max**		*min*		*min*	**max**		*min*	**max**
Дубильные вещества	**max**		*min*		**max**	*min*		**max**	*min*

творимых сахаров, пектиновых веществ, лейкоантоцианов и флавонолов, а сорт Hannah,s Choice – свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот.

Среди среднеспелых сортов районированный сорт Bluecrop занимал лидирующие позиции в накоплении в плодах гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров и лейкоантоцианов, сорт Bluegold – в таковом свободных органических кислот, катехинов, пектиновых и дубильных веществ, а сорт Harrison – в накоплении сухих веществ, аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров и биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и флавонолов, при наиболее высоком показателе сахарокислотного индекса.

Среди позднеспелых сортов голубики сорт Aurora был отмечен наибольшим содержанием в ягодной продукции дубильных веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, тогда как сорт Rubel – сухих и пектиновых веществ, растворимых сахаров при наиболее высоком показателе сахарокислотного индекса, а также всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что косвенно свидетельствовало о чрезвычайно высоком уровне ее антиоксидантной активности.

Вместе с тем в соответствующих сортовых рядах голубики были выявлены таксоны с минимальными значениями биохимических характеристик плодов (см. табл. 3). Так, в группе ранних сортов для районированного сорта Weymouth было показано наименьшее содержание в них свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, для сорта Chanticleer – собственно антоцианов, а для сорта Hannah,s Choice – сухих, пектиновых и дубильных веществ, растворимых сахаров при наиболее низком показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе лейкоантоцианов, флавонолов и катехинов.

Среди среднеспелых сортов голубики районированный сорт Bluecrop характеризовался минимальным накоплением аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ, собственно антоцианов и катехинов, сорт Bluegold – сухих веществ и растворимых сахаров при наименьшем показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов и флавонолов, а сорт Harrison был отмечен самым низким в этой группе сортов содержанием титруемых и гидроксикоричных кислот, дубильных веществ, лейкоантоцианов и сопоставимым с установленным у стандартного сорта Bluecrop минимальным содержанием пектиновых веществ и катехинов.

Среди позднеспелых сортов голубики районированный сорт Elliott в наибольшей степени отставал от сравниваемых с ним сортов лишь в содержании в плодах гидроксикоричиых кислот и лейкоантоцианов, а сорт Aurora был отмечен наиболее выраженным отставанием от них в накоплении сухих и пектиновых веществ, растворимых сахаров при наименьшем показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов, катехинов и флавонолов, тогда как сорт Rubel отличался минимальным накоплением дубильных везществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот (см. табл. 3).

Как видим, среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, а наименьшим – сорт Rubel. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов Harrison и Rubel, а наиболее кислым – сорта Hannah*,s* Choice, Bluegold и Aurora. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов с их выраженным Р-витаминным действием отличались сорта *Harrison* и в большей степени *Rubel*, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

С целью проведения ранжирования новых интродуцированных сортов *V. corymbosum* по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, нами был использован методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых объектов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от эталонных значений количественных характеристик плодов [17]. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о выразительности различий каждого тестируемого таксона с эталонным сортом по совокупности всех анализируемых признаков, что позволяло провести их ранжирование в порядке снижения степени данных различий.

Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с ним являлось оценочным критерием степени преимуществ каждого тестируемого объекта относительно других сравниваемых с ним сортов голубики в биохимическом составе плодов в целом. Представленные в табл. 4 данные, характеризующие направленность и степень выразительности различий новых ин

Таблица 4. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий в биохимическом составе плодов новых интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с районированными сортами Weymouth, Bluecrop и Elliott, %

Table 4. Relative sizes, amplitudes and correlations of differentorientated distinctions in the biochemical composition of fruits of the new introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* and zoned varieties Weymouth, Bluecrop and Elliott

Сорт	Относительные различия, %			
	положительные	отрицательные	амплитуда	положительные / отрицательные
Chanticleer	112,8	84,2	197,0	**1,3**
Hannah,s Choice	198,6	242,6	441,2	0,8
Bluegold	225,3	110,8	336,1	**2,0**
Harrison	223,7	138,9	362,6	**1,6**
Aurora	130,5	143,7	274,2	0,9
Rubel	460,2	130,4	590,6	**3,5**

тродуцированных сортов голубики с соответствующими их группам спелости районированными сортами в биохимическом составе плодов по 14-ти показателям, свидетельствовали о заметных генотипических различиях в этом плане, а следовательно – о несопоставимости уровней питательной и витаминной ценности их плодов.

При этом амплитуда относительных размеров выявленных различий тестируемых раннеспелых сортов голубики со стандартным сортом Weymouth по совокупности 14-ти анализируемых признаков, указывавшая на степень их проявления независимо от ориентации варьировалась в диапазоне 197,0–441,2% при наибольшей величине у сорта Hannah,s Choice. У обоих среднеспелых сортов аналогичная амплитуда различий со стандартным сортом Bluecrop была примерной одинаковой и соответствовала области значений 336,1–362,6%, тогда как в группе позднеспелых сортов относительные различия со стандартным сортом Elliott по совокупности биохимических характеристик составляли 274,2–590,6% при наибольшей величине у сорта Rubel.

Вместе с тем данный признак не мог служить критерием преимуществ каждого тестируемого объекта относительно других в пределах обозначенных групп сортов в содержании в плодах действующих веществ, поскольку указывал лишь на размах выявленных расхождений со стандартным сортом в ту и другую стороны. Наиболее же объективное представление в этом плане мог дать кратный размер соотношения относительных величин совокупностей положительных и отрицательных различий с ним в биохимическом составе плодов. Если условно принять за единицу интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов стандартных сортов голубики, принятых за эталоны сравнения, то из двух тестируемых раннеспелых сортов только сорт Chanticleer характеризовался в 1,3 раза более высоким, чем у сорта Weymouth, значением данного показателя, тогда как у сорта Hannah,s Choice он, напротив, уступал ему в 1,3 раза, а сорту Chanticleer в 1,6 раза. При этом оба среднеспелых сорта превосходили в этом плане эталонный сорт Bluecrop в 1,6–2,0 раза при наибольших различиях у сорта Bluegold, превосходившего сорт Harrison по качественному составу плодов в 1,3 раза. В группе позднеспелых сортов голубики сорт Aurora незначительно (в 1,1 раза) уступал эталонному сорту Elliott по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, тогда как сорт Rubel, напротив, превосходил его в этом плане в 3,5 раза, а сорт Aurora в 3,9 раза (см. табл. 4).

Таким образом, на основании сравнительного исследования в условиях сезона 2021 г. биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высокорослой по 14-ти показателям, лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

Заключение

В результате сравнительного исследования в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода биохимического состава плодов 6-ти новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – из раннеспелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из среднеспелых –

Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel для комплексной оценки которого в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott, установлено следующее. На фоне отчетливо выраженных генотипических различий 14-ти биохимических характеристик плодов установлено существенное увеличение в них общего содержания биофлавоноидов в ряду от раннеспелых к позднеспелым сортам, косвенно свидетельствовавшее о соответствующем усилении в данном направлении их антиоксидантных свойств. При этом в составе Р-витаминного комплекса плодов у раннеспелых сортов показано заметно меньшее долевое участие антоциановых пигментов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания, обусловленное существенным ингибированием биосинтеза лейкоантоцианов в пользу собственно антоцианов, на фоне более значительного участия в нем катехинов и особенно флавонолов.

Показано, что среди новых тестируемых сортов голубики наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, а наименьшим – сорт Rubel. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов Harrison и Rubel, а наиболее кислым – сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов отличались сорта Harrison и в большей степени Rubel, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

Установлено, что из двух тестируемых раннеспелых сортов только сорт Chanticleer характеризовался в 1,3 раза более высоким, чем у стандартного сорта Weymouth, интегральным уровнем питательной и витаминной ценности плодов, тогда как у сорта Hannah,s Choice он, напротив, уступал ему в 1,3 раза, а сорту Chanticleer в 1,6 раза. При этом оба среднеспелых сорта превосходили в этом плане эталонный сорт Bluecrop в 1,6–2,0 раза при наибольших различиях у сорта Bluegold, превосходившего сорт Harrison по качественному составу плодов в 1,3 раза. В группе позднеспелых сортов голубики сорт Aurora незначительно (в 1,1 раза) уступал эталонному сорту Elliott по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, тогда как сорт Rubel, напротив, превосходил его в этом плане в 3,5 раза, а сорт Aurora в 3,9 раза.

Таким образом, на основании сравнительного исследования биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высокорослой по 14-ти показателям, лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

Литература

1. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2–82. – Введен 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.

2. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.

3. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники / Н. Г. Марсов. – Дисс. канд. фармацевт. наук. – Пермь, 2006. – С. 99–101.

4. Кусакина, М. Г. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова.; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.

5. Swain, T. The phenolic constituents of Prunus Domenstica. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.

6. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.

7. Андреев, В. Ю. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация, 2013. – № 3.– С. 19–21.

8. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа // Государственная фармакопея СССР. Медицина, 1987. – С. 286–287.

9. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова [и др.] / Мн.: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.

10. Lenartowiez, W. The quality of highbush blueberry fruit / W. Lenartowiez [et al.] // Fruit sci. repts. – 1990. – Vol. 17, № 2. – P. 77–85.

11. Haffner, K. Qualitat – seigenshaften von Kulturheidelbeersorten *Vaccinium corymbosum* L. / K. Haffner [et al.]. // Erwerbs – Obstbau. – 1998. – Bd. 40, №4. – S. 112–116.

12. Голубика высокорослая. Оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси. / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. В.И.Парфенова – Минск.: Беларуская наука, 2007. – 442 с.

13. Формирование биохимического состава плодов видов семейства *Ericaceae* (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 307 с.

14. Рупасова, Ж. А. Генотипические различия биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vaccinia-ceae* в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. биял. навук. – 2010 а. – № 1. – С. 5–11.

15. Рупасова, Ж. А. Генотипические различия вариабельности биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* в зависимости от абиотических факторов в условиях Беларуси / Ж А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2010 б. – № 1. – С. 60–70.

16. Барабой, В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений / В. А. Барабой. – Киев: Наукова думка, 1976. – 260 с.

17. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.

18. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.

19. Шапиро, Д. К. Биохимическая оценка плодов голубики, выращиваемой в Белорусском Полесье /Д. К. Шапиро [и др.] // Растительные ресурсы. – 1984. – Вып. 3. – С.119–124.

20. Рупасова, Ж. А. Взаимозависимость компонентов биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Ericaceae* в многолетнем цикле наблюдений в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. // Плодоводство: научные труды/ Национальная академия наук Беларуси, РУП "Институт плодоводства". – Самохваловичи, 2011. – Т. 23. – С. 258–276.

21. Рупасова, Ж. А. Итоги исследований биохимического состава плодов видов сем. *Ericaceae* при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / В. В. Титок [и др.]; под. ред. В. В. Титка, В. Н. Решетникова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 237–251.

22. Рупасова, Ж. А. Сравнительная оценка влияния биотического и абиотических факторов на биохимический состав плодов интродуцированных в Беларуси видов сем. Ericaceae / Ж. А. Рупасова [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2011. – Том 55, № 1. – С. 81–85.

23. Рупасова, Ж. А. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Мн.: Беларуская навука, 2021. – 229 с.

Поступила в редакцию 22.02.2022 г.

УДК 577.3:577.1:631.8

С. М. САВИНА, И. А. ДРЕМУК, А. В. ЕМЕЛЬЯНОВА,
Ю. В. ПРИЩЕПЧИК, Н. Г. АВЕРИНА

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОЙ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА БИОСИНТЕЗ АНТОЦИАНОВ И МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси,
Минск,Беларусь, e-mail: irinadremuk@yandex.ru

Аннотация. Установлено, что экзогенная 5-аминолевулиновая кислота (ALK) стимулировала накопление антоцианов в колеоптилях проростков озимой пшеницы сорта ЭтW5 с красным окрасом и содержанием антоцианов 412 мкмол/г сырой массы. Стимуляция накопления антоцианов сопровождалась увеличением уровней экспрессии генов *PAL, CHS и PAP-1.* Предварительное замачивание семян пшеницы сорта ЭтW5 и сорта Влади, характеризующегося зеленым окрасом колеоптилей и в 33 раза меньшим содержанием антоцианов по сравнению с сортом ЭтW5, в растворе АЛК в концентрации 50 мг/л в течение 2 ч приводило к повышению морозоустойчивости проростков обоих сортов, что обеспечивалось повышением содержания антоцианов и пролина у сорта ЭтW5 и значительным, в 2,3 раза большим содержанием пролина в колеоптилях сорта Влади по сравнению с сортом ЭтW5.

Ключевые слова: растения озимой пшеницы, сорт ЭтW5, сорт Влади, колеоптили, морозоустойчивость, рост, адаптация, антоцианы, 5-аминолевулиновая кислота, пролин, экспрессия генов.

S. M. SAVINA, I. A. DREMUK, A. V. YEMELYANAVA,
YU. V. PRISCHEPCHIK, N. G. AVERINA

INFLUENCE OF EXOGENOUS 5-AMINOLEVULIC ACID ON ANTHOCYANIAN BIOSYNTHESIS AND FROST RESISTANCE OF WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail:irinadremuk@yandex.ru

Annotation. It was established that exogenous ALA stimulated the accumulation of anthocyanins in the coleoptiles of winter wheat seedlings of the EtW5 variety with a red color and anthocyanin content of 412 μmol/g fresh weight. Stimulation of anthocyanin accumulation was accompanied by an increase in the expression levels of the *PAL*, *CHS*, and *PAP-1* genes. Preliminary soaking of wheat seeds of the “EtW5” variety and the “Vladi” variety, which is characterized by a green color of coleoptiles and 33 times lower anthocyanin content compared to the “EtW5” variety, in an ALA solution at a concentration of 50 mg/l for 2 hours, led to an increase in frost resistance of seedlings of both varieties, which was ensured by an increase in the content of anthocyanins and proline in the variety "EtW5" and a significant, 2.3 times higher content of proline in the coleoptiles of the "Vlady" variety compared to the variety "EtW5".

Keywords: winter wheat plants, variety 'EtW5', variety 'Vladi', coleoptiles, frost resistance, growth, adaptation, anthocyanins, 5-aminolevulinic acid, proline, gene expression.

Введение

Антоцианы представляют собой нефотосинтетические пигменты растений, относящиеся к классу флавоноидов, вторичных метаболитов растений. Они играют важную физиологическую и экологическую роль в развитии растений, их защите от патогенов и неблагоприятных факторов внешней среды, в том числе и от воздействия низких температур [1]. Так, обладая мощной антиоксидантной активностью, антоцианы непосредственно участвуют в детоксикации свободных радикалов. Очищенные растворы антоцианов удаляют практически все виды активных форм кислорода и азота с эффективностью в четыре раза большей, чем аскорбат и α-токоферол [2].

В настоящее время большое внимание уделяется изучению роли обогащенных антоцианами разных тканей и органов растений в формировании их стрессоустойчивости, в частности холодо-

и морозоустойчивости. Так, в работах [3,4] было показано, что накопление антоцианов увеличивает антиоксидантную активность растений, тем самым уменьшая окислительный стресс, вызванный низкой температурой. В работе [5] было отмечено, что определение содержания антоцианов в коре однолетних побегов плодовых культур зимой можно считать одним из маркеров при оценке их зимо- и морозостойкости.

Известно, что ключевыми ферментами синтеза антоцианов являются фенилаланин аммиак-лиаза (PAL), халконсинтаза (CHS), халконизомераза (CHI), флаванон-3-гидроксилаза (F3H), дигидрофлавонол-4-редуктаза (DFR) и антоцианидинсинтаза (ANS) [2]. В условиях низкотемпературного стресса в растениях значительно повышается экспрессия генов, кодирующих CHS, CHI, F3H, DFR, ANS, что сопровождается повышением активности и содержания данных ферментов, накоплением антоцианов и повышением устойчивости растений к низким температурам [6-8]. Таким образом, индукция накопления антоцианов в хозяйственно ценных сельскохозяйственных культурах, в том числе в озимых, может стать весьма эффективным способом повышения холодо- и морозоустойчивости растений.

5-аминолевулиновая кислота (АЛК) – важнейший предшественник в системе биосинтеза тетрапирролов (хлорофиллов и гема), экологически безопасный природный регулятор роста растений и антистрессор, а также высокоэффективный индуктор накопления антоцианов. В литературе показано, что АЛК усиливает обусловленную антоцианами окраску плодов, улучшает не только товарный вид, но и вкусовые качества яблок, персиков, груш, китайской сливы [9-11]. В кожуре яблок и винограда, обработанных АЛК, отмечено повышение экспрессии генов ключевых ферментов системы биосинтеза антоцианов – *PAL, CHS, CHI, DFR* [12, 13]. Наряду со структурными генами, кодирующими ферменты пути биосинтеза антоцианов, функционируют регуляторные гены, кодирующие транскрипционные факторы, которые контролируют тканеспецифическую экспрессию структурных генов. В частности, под действием экзогенной АЛК отмечено повышение экспрессии некоторых транскрипционных факторов: HY5, участвующего в передаче светового сигнала, усиливающего накопление антоцианов [14], MdMYB10 и MdMYB9, участвующих в контроле структурных генов антоцианов [13]. Однако, молекулярные механизмы, лежащие в основе АЛК-индуцированной экспрессии указанных выше генов, сложны и все еще далеки от полного понимания. Отсутствуют данные и о влиянии экзогенной АЛК на систему биосинтеза антоцианов в злаковых культурах. Мы предположили, что с помощью экзогенной АЛК можно индуцировать повышение уровня экспрессии генов, кодирующих ключевые ферменты биосинтеза флавоноидов, и тем самым повысить содержание антоцианов в растениях озимой пшеницы, что, в свою очередь, может привести к повышению их морозоустойчивости.

Таким образом, целью данного исследования явилось изучение влияния экзогенной АЛК на накопление антоцианов в двух различающихся по окраске колеоптилей сортах озимой пшеницы, на экспрессию структурных генов пути биосинтеза антоцианов – PAL, кодирующего ключевой фермент фенилпропаноидного участка пути фенилаланин-аммоний-лиазу, *CHS*, кодирующего начальный фермент флавоноидного участка пути халконсинтазу, и на экспрессию регуляторного гена *PAP-1*, кодирующего транскрипционный фактор PAP1/TaMYB75. Также проводилась оценка влияния экзогенной АЛК на формирование морозоустойчивости исследуемых сортов озимой пшеницы.

Объекты (материалы) и методы исследования

Объектом исследования служили колеоптили 8-дневных проростков озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Эт W5 (с красной окраской) и сорта Влади (с зеленой окраской). Семена пшеницы были любезно предоставлены Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр земледелия Национальной академии наук Республики Беларусь». Семена пшеницы предварительно замачивали в дистиллированной воде (контроль) или в растворе АЛК в концентрации 50 мг/л (вариант «АЛК») на 2 ч при температуре 25±2°С, затем семена высаживали в грунт «Восторг» и выращивали в лабораторных условиях при температуре 25±2°С до 8-дневного возраста.

Содержание антоцианов определяли согласно методу [15]. Навеску 0,1 г свежего растительного материала растирали в предварительно охлажденной фарфоровой ступке в 0,5 мл дистиллированной воды, содержащей 1% HCl. Остаток в ступке еще раз смывали 0,5 мл раствора. К экстракту добавляли 1 мл хлороформа и центрифугировали в течение 10 мин на центрифуге с охлаждением Sigma 1-15 K («Sigma Laborzentrifugen», Германия) при 3000g и при температуре 4ºС. Супернатант отбирали и изме-

ряли оптическую плотность при 510 нм на спектрофотометре Solar PB 2201(ЗАО "Спектроскопия, оптика и лазеры – авангардные разработки", Беларусь). Содержание антоцианов рассчитывали в мкмолях на г сырой массы (в эквиваленте цианидин-3-глюкозида), используя коэффициент молярной экстинкции 29,6 $М^{-1}см^{-1}$.

Для определения *содержания пролина* навеску колеоптилей (0,1 г) растирали в 1 мл 3% сульфосалициловой кислоты и центрифугировали в течение 10 мин при 18000g на центрифуге с охлаждением Sigma 1-15 K. К 0,25 мл образовавшегося супернатанта добавляли равные объемы ледяной уксусной кислоты и кислого нингидринового реагента. Для получения кислого нингидринового реагента 0,25 г нингидрина (Sigma-Aldrich, США) растворяли в 10 мл раствора, содержащего ледяную уксусную кислоту, дистиллированную воду и 85% ортофосфорную кислоту в соотношении 6:3:1. Полученные пробы инкубировали в течение 1 ч при 90ºС, используя термошейкер BIOSANTS-100 (BiosanItd., Латвия). От оптической плотности раствора при 515 нм [16] переходили к содержанию пролина, используя калибровочную кривую.

Уровень экспрессии генов PAL, *CHS* и *PAP-1* оценивали методом ПЦР в реальном времени с использованием термоциклера C1000 Touch с оптическим модулем CFX96 (Bio-Rad, США). Суммарную РНК выделяли из свежих колеоптилей с помощью Tri-reagent (Sigma-Aldrich, США) и количественно определяли с помощью спектрофотометра ND-2000 (Thermo Scientific, США). Для получения кДНК на матрице РНК использовали реакцию обратной транскрипции с применением обратной транскриптазы вируса мышиной лейкемии Молони. Синтез кДНК проводили с помощью набора реагентов ProtoScript II Reverse-Transcriptase (New England BioLabsing, США) в амплификаторе MJ Mini (Bio-Rad, США) [14]. Реакцию ПЦР проводили с помощью 2,5-кратной реакционной смеси для ПЦР в реальном времени в присутствии EVA Green (Синтол, Россия) с использованием ген-специфичных праймеров для целевых генов *PAL* – CGCCGAGGCTATTGACATCT (прямой) и GTTCCTCACCGCTGTCTTCA (обратный), *CHS* – AAAGGCGATCAAGGAGTGGG (прямой) и GGCGAAGACCGAGCATCTTA (обратный), *PAP-1*– ACAAGAAGCGCCCTGAAACT (прямой) и ACAGCGTTGGACCTGATGAA (обратный) и гена-нормализатора *act*– TGGACGTCACCAAC (прямой) и AGGTCAAGACGAAGGATGGC (обратный).

Для оценки влияния АЛК на *устойчивость проростков к отрицательным температурам* 8-дневные проростки помещали в климатическую камеру (ClimaCell, Чехия) и выдерживали при температуре -8ºС в течение 5 ч. Затем проростки переносили в нормальные условия выращивания при +25±2ºС на 24 ч и оценивали % выживших (выживаемость) или погибших проростков.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартного пакета программ «Excel 2010» и программы Bio-Rad CFX Maestro. Различия считали статистически достоверными при $p \leq 0,05$. Результаты анализа представляли в виде относительной нормализованной экспрессии в отн. ед. (относительно контрольного варианта для сорта Эт W5).

Результаты и их обсуждение

В качестве объекта исследования были отобраны два сорта озимой пшеницы, различающиеся по окраске колеоптилей: сорт Эт W5 с красной окраской колеоптилей и сорт Влади с зеленой окраской колеоптилей (рис. 1).

Оценка содержания антоцианов в колеоптилях 8-дневных проростков двух сортов озимой пшеницы показала, что у сорта Эт W5 оно составило в среднем 412±52 мкмоль/г сырой массы, что практически в 33 раза превышало таковое в сорте Влади с зелеными колеоптилями – 12,5±1,2 мкмоль/г сырой массы (табл.).

При предварительном замачивании семян пшеницы исследуемых сортов в растворе АЛК в концентрации 50 мг/л содержание антоцианов в колеоптилях 8-дневных проростков возрастало по сравнению с контрольными вариантами каждого сорта.

При этом под действием экзогенной АЛК колеоптили проростков сорта Эт W5 приобретали более интенсивное окрашивание ткани, что было обусловлено повышением содержания в них антоцианов в 1,5 раза по сравнению с контролем (см. табл.). Напротив, в сорте Влади визуальных изменений в окраске колеоптилей под действием АЛК не было зафиксировано. Среднее содержание антоцианов в колеоптилях этого сорта осталось низким и было в 27 раз ниже по сравнению с данным показателем в сорте Эт W5.

С целью выявления взаимосвязи между способностью к накоплению антоцианов под действием экзогенной АЛК и экспрессией ряда структурных и регуляторных генов пути биосинтеза антоцианов в исследуемых сортах озимой пшеницы методом ПЦР в реальном времени оценивали уровни экспрессии гена *PAL*, *CHS* и гена

PAP-1. Проведенный анализ показал, что в колеоптилях пшеницы сорта Эт W5 под действием АЛК в 1,4 раза возрастает уровень относительной нормализованной экспрессии гена *PAL* и в 17 раз этот показатель возрастает для гена *CHS* по сравнению с уровнем экспрессии данных генов в колеоптилях растений контрольного варианта (рис. 2). При этом в колеоптилях растений сорта Влади достоверных изменений под действием АЛК экспрессии гена *PAL* зафиксировано не было, а уровень экспрессии *CHS* снижался относительно контроля.

Можно сделать вывод, что положительное действие экзогенной АЛК на экспрессию структурных генов биосинтеза антоцианов в колеоптилях пшеницы является сортоспецифичным и определяется начальным уровнем содержания антоцианов в данной ткани.

Далее мы изучили влияние экзогенной АЛК на экспрессию регуляторного гена *PAP-1*, кодирующего транскрипционный фактор PAP1/TaMYB75, который контролирует тканеспецифическую экспрессию структурных генов биосинтеза антоцианов. Результаты исследования показали, что уровень экспрессии *PAP-1* в колеоптилях пшеницы сорта Эт W5, характеризующегося красной окраской колеоптилей, был в 20 раз выше, чем уровень экспрессии данного гена в колеоптилях сорта Влади, характеризующегося зеленой окраской колеоптилей. Под действием экзогенной АЛК наблюдалось в 1,4 раза увеличение экспрессии *PAP-1* в колеоптилях растений сорта ЭтW5, при этом в колеоптилях растений сорта Влади экспрессию *PAP-1* детектировать не удалось.

Ранее в работе [14] на растениях озимого рапса Н. Г. Авериной с соавторами было показано, что

Сорт Эт W5 **Сорт Влади**

Рис. 1. Внешний вид (колеоптили и часть проростков над колеоптилем) 8-дневных проростков озимой пшеницы сортов Эт W5 и Влади

Fig. 1. Appearance (coleoptiles and part of seedlings above the coleoptile) of 8-day-old seedlings of winter wheat varieties Et W5 and Vladi

Таблица. Содержание антоцианов (мкмоль/г сырой массы) в колеоптилях 8-дневных проростков пшеницы сортов Эт W5 и Влади, семена которых предварительно перед посевом замачивали в течение 2 ч в растворах АЛК в концентрации 50 мг/л, либо в воде (контроль)

Table. The content of anthocyanins (µmol/g fresh weight) in coleoptiles of 8-day-old wheat seedlings of the Et W5 and Vladi varieties, the seeds of which were pre-soaked for 2 hours before sowing in ALA solutions at a concentration of 50 mg/l, or in water (control)

Концентрация АЛК, мг/л ALA concentration, mg/l	Сорт Эт W5 Variety EtW5	Сорт Влади Variety Vladi
0 (контроль)	411,7±51,6	12,5±1,2
50	591,6±78,6	21,6±7,5

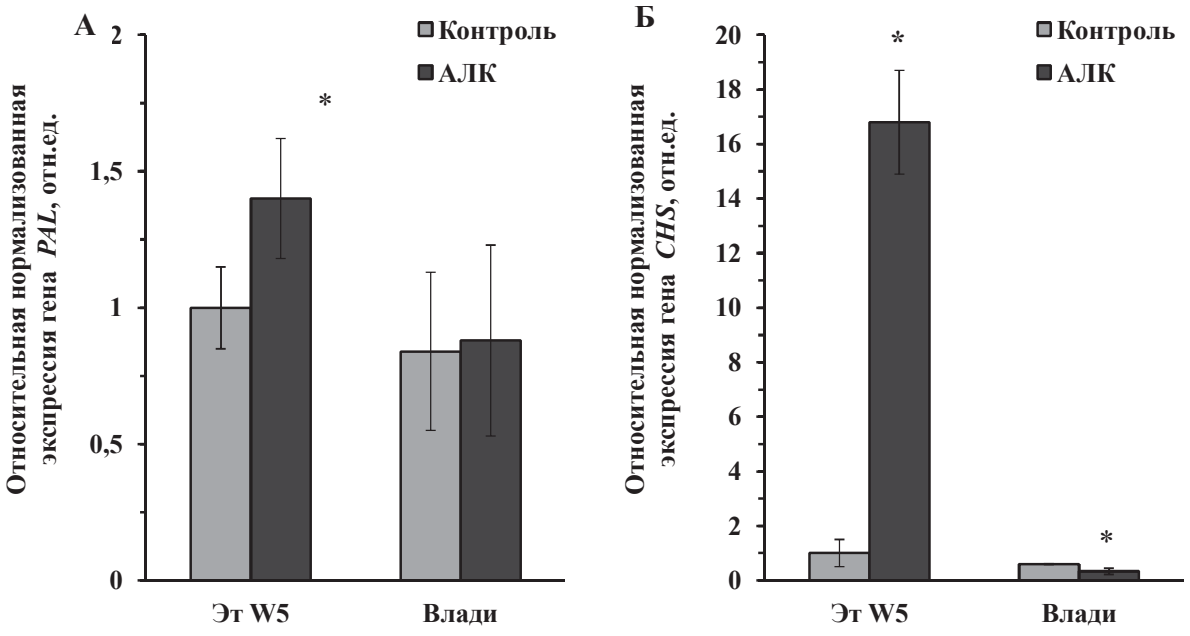


Рис. 2. Влияние экзогенной АЛК в концентрации 50 мг/л на экспрессию генов *PAL* (*А*) и *CHS* (Б) в колеоптилях озимой пшеницы сортов ЭтW5 и Влади

Fig. 2. The effect of exogenous ALA at a concentration of 50 mg/l on the expression of the PAL (A) and CHS (B) genes in coleoptiles of winter wheat varieties EtW5 and Vladi

экзогенная АЛК контролирует экспрессию структурного гена синтеза антоцианов *DFR*, кодирующего 4-дегидрофлавонолредуктазу, и регуляторного гена *HY5* транскрипционного фактора HY5. Отмеченное нами положительное действие экзогенной АЛК на экспрессию генов *PAL* и *CHS* в колеоптилях озимой пшеницы указывает на то, что АЛК влияет не только на экспрессию «поздних» структурных генов биосинтеза антоцианов, но и на экспрессию начальных структурных генов фенилпропаноидного (*PAL)* и флавоноидного (*CHS*) участков пути биосинтеза антоцианов.

Наряду с вышеизложенными исследованиями, была проведена оценка морозоустойчивости изучаемых сортов, контрастных по содержанию антоцианов. Проростки озимой пшеницы в возрасте 8-ми дней выдерживали в течение 5 ч при температуре -8ºС и подсчитывали потерявшие тургор стебли сразу после выноса растений из климатической камеры и % погибших проростков на следующие сутки после окончания действия отрицательной температуры. Оба сорта показали разную морозоустойчивость – высокую в случае ЭтW5 (88% выживших проростков) и более низкую у сорта Влади (80 % выживших проростков).

При предварительном замачивании семян пшеницы в растворе АЛК в концентрации 50 мг/л морозоустойчивость обоих сортов повышалась. Так, выживаемость проростков сорта ЭтW5 через сутки после действия отрицательной температуры составила 97±1%, а сорта Влади – 93±3%. Небольшие различия в морозоустойчивости изучаемых сортов озимой пшеницы, существенно различающихся по содержанию в колеоптилях растений антоцианов, может свидетельствовать и о других механизмах формирования устойчивости к отрицательным температурам, не связанных с содержанием антоцианов. Известно, что под действием экзогенной АЛК в некоторых сельскохозяйственных культурах, таких как ячмень и озимый рапс, возрастает содержание универсального стресс-протектора пролина [17, 18]. В настоящее время пролин рассматривается как универсальный антистрессор, выполняющий целый ряд защитных функций, в частности, участвуя в качестве тушителя синглетного кислорода и H_2O_2, а также перехватчика свободных радикалов [19, 20]. Нами была проведена оценка содержания пролина в колеоптилях пшеницы сортов ЭтW5 и Влади и изучено влияние экзогенной АЛК на его содержание. В колеоптилях сорта Эт W5 уровень пролина (89±18 мкг/г сырой массы) составил лишь 42% по сравнению с таковым у сорта Влади (212±15 мкг/г сырой массы) – рис. 3, что указывает на положительную роль антоцианов в поддержании морозоустойчивости растений этого сорта. Предварительное замачивание семян в растворе АЛК приводило к одинаковому возрастанию содержания пролина в колеоптилях ЭтW5 и Влади – в 1,43 и 1,36 раза соответственно (см. рис. 3), а в колеоптилях

сорта ЭтW5 еще и возрастанию содержания антоцианов в 1,5 раза (см. табл.). Несомненно, что оба фактора – и антоцианы, и пролин – играют положительную роль в формировании морозоустойчивости. По-видимому, в условиях низкого уровня антоцианов в растениях сорта Влади основную роль в морозоустойчивости растений играет универсальный антистрессор пролин, который в условиях стресса берет на себя функцию основного защитного агента.

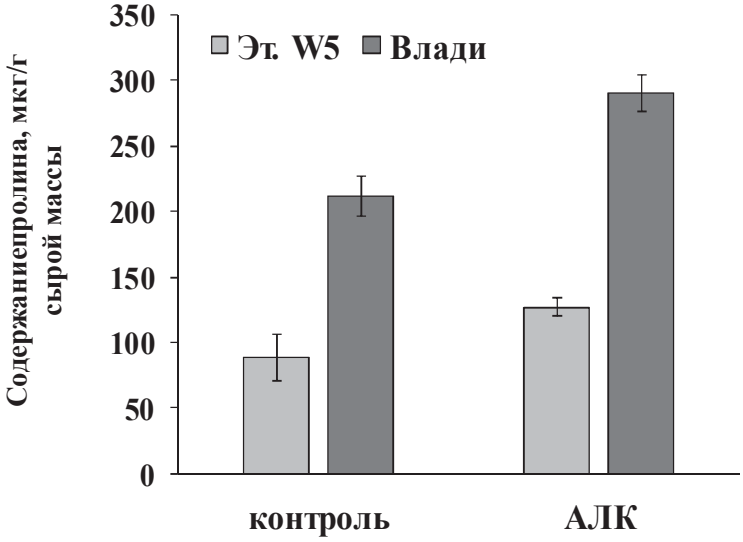


Рис. 3. Содержание пролина в колеоптилях 8-дневных проростков озимой пшеницы сортов ЭтW5 и Влади, семена которых перед посевом предварительно замачивали в течение 2 ч в растворе АЛК с концентрацией 50 мг/л (АЛК), или в воде (контроль)

Fig.3. The content of proline in coleoptiles of 8-day-old seedlings of winter wheat varieties EtW5 and Vladi, the seeds of which were pre-soaked for 2 hours before sowing in an ALA solution with a concentration of 50 mg/l (ALA), or in water (control)

Заключение

Таким образом, установлено, что экзогенная АЛК является индуктором накопления антоцианов в колеоптилях проростков озимой пшеницы сорта ЭтW5, характеризующегося красным окрасом колеоптилей. Ее действие усиливало красную окраску колеоптилей, в 1,5 раза увеличивало содержание в них антоцианов и приводило практически к 27-кратному превышению их содержания по сравнению с сортом Влади с зелеными колеоптилями. Стимуляция накопления антоцианов под действием экзогенной АЛК на молекулярном уровне сопровождалась увеличением уровней экспрессии генов фенилпропаноидного и флавоноидного участков пути биосинтеза антоцианов – *PAL, CHS,* а также гена *PAP-1* транскрипционного фактора PAP-1/TaMYB75, который контролирует тканеспецифическую экспрессию структурных генов биосинтеза антоцианов. Установлено, что предварительное замачивание семян пшеницы в растворе АЛК в концентрации 50 мг/л в течение 2 ч приводило к повышению морозоустойчивости проростков пшеницы обоих сортов, что обеспечивалось повышением содержания антоцианов и антистрессора пролина у сорта ЭтW5 и значительным, в 2,4 раза большим содержанием пролина в колеоптилях сорта Влади по сравнению с сортом ЭтW5.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор № Б20ГРМГ-001) в рамках международного проекта «Расшифровка взаимозависимых механизмов управления биосинтезом хлорофилла и антоцианов в условиях абиотического стресса». Авторы также выражают искреннюю благодарность кандидату биологических наук, доценту С. И. Гордею – руководителю отдела озимых зерновых культур в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» за предоставление семян сортов озимой пшеницы.

Литература

1. Peer, W. A. Flavonoids as Signal Molecules: Targets of Flavonoid Action / W. A. Peer, A.S. Murphy // The Science of Flavonoids. – 2008. – P. 239–268.

2. Zhao, H. J. Protective effects of exogenous antioxidants and phenolic compounds on photosynthesis of wheat leaves under high irradiance and oxidative stress / H. J. Zhao, Q. Zou // Photosynthetica. – 2002. – V. 40. – N 4. – P. 523–527.

3. Zhand, O. Accumulation of Anthocyanins: An Adaptation Strategy of Mikania micrantha to Low Temperature in Winter / O. Zhand // Front. Plant Sci. – 2019. – P. 1–9.

4. Sivankalyani, V. Increased anthocyanin and flavonoids in mango fruit peel are associated with cold and pathogen resistance / V. Sivankalyani [et al.] // Postharvest Biol. Technol. – 2016. – V. 111. – P. 132–139.

5. Goncharovska, I. V. Content of anthocyanins in the bark of fruit and berry plants due to adaption to low temperatures / I. V.Goncharovska, V. F. Levon // Chemistry of plant raw materials. – 2021. – N 1. – P. 233–239.

6. Lo Piero, A. R. Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature storage / A. R. Lo Piero [et al.] // Agric. Food Chem. – 2005. – V. 53. – P. 9083–9088.

7. Hasegawa, H. Anthocyanin accumulation and related gene expression in Japanese parsley (*Oenanthe stolonifera,* DC.) induced by low temperature / Hasegawa H. [et all.] // Journal of Plant Physiology. – 2001. – V. 158, N 1.– P. 71–78.

8. Schulz, E. Flavonoids are determinants of freezing tolerance and cold acclimation in Arabidopsis thaliana / E. Schulz, T. Tohge, E. Zuther // Sci Rep. – 2016. – V. 23(6). – P. 34027.

9. Guo, L. The mechanism analysis of anthocyanin accumulation in peach accelerated by ALA / L. Guo [et al.] // Acta Hortic. Sin. – 2013. – V. 40. – P. 1043–1050.

10. Xie, L. 5-Aminolevulinic acid promotes anthocyanin accumulation in Fuji apples / L. Xie, Z. H. Wang, X. H. Cheng // Plant Growth Regul. – 2013. – V. 69. – P. 295–303.

11. Feng, S. 5-Aminolevulinic acid affects fruit coloration, growth, and nutrition quality of Litchi chinensis Sonn. cv. Feizixiao in Hainan, tropical China / S. Feng, M.F. Li, F. Wu // Sci. Hortic. – 2015. – V. 193. – P. 188–194.

12. Zheng, J. Transcriptomic Profiling of Apple Calli With a Focus on the Key Genes for ALA-Induced Anthocyanin Accumulation /J. Zheng [et al] // Front. Plant Sci. – 2021. – V.12 –P.1–16.

13. Zhang, Zh. Effects of 5-aminolevulinic acid on Anthocyanin synthesis in Vitis Vinifera ‘Crimson Seedless’ grapes at the transcriptomics level / Zh. Zhang [et al] // Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2021. – V. 96, N. 6. – P.1–11.

14. Аверина, Н. Г. Молекулярно-генетические механизмы регуляции дигидрофлавонол редуктазы и транскрипционного фактора HY5 экзогенной 5-аминолевулиновой кислотой в проростках озимого рапса / Н. Г. Аверина [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 3. – С. 317–324.

15. Mabry, T. J. The systematic identification of flavonoids / T. J. Mabry, K. R. Markham, M. B. Thomas. – Springer Berlin, Heidelberg, 1970. – 354 p.

16. Misra N. Effect of Salt Stress on Proline Metabolism in Two High Yielding Genotypes of Green Gram / N. Misra, A. K. Gupta // Plant Sci. – 2005. – Vol. 169. – P. 331–339.

17. Аверина, Н.Г. Роль метаболизма азота в формировании солеустойчивости растений ячменя / Н.Г. Аверина [и др.] // Физиология растений. – 2014. – Т. 61. – С. 106–113.

18. Аверина, Н. Г. Индукция накопления антоцианов и состояние защитной системы в растениях озимого рапса, обработанных 5-аминолевулиновой кислотой / Н. Г. Аверина [и др.] // Физиология растений. – 2017. – Т. 64. – С. 173–182.

19. Кузнецов, В. В. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция / В. В. Кузнецов, Н. И. Шевякова // Физиол. раст. – 1999. – Т. 46. – С. 321–336.

20. Kishor, P. V. K. Regulation of Proline Biosynthesis, Degradation, Uptake and Transport in Higher Plants: Its Implication in Plant Growth and Abiotic Stress Tolerance / P. V K. Kishor [et al.] // Curr. Sci. – 2005. – Vol. 88. – P. 424–438.

Поступила в редакцию 29.09.2022 г.

УДК 630*443.2*414

В. П. ШУКАНОВ, И. А. МАШКИН, С. Н. ПОЛЯНСКАЯ,
Е. В. МЕЛЬНИКОВА, Л. А. КОРЫТЬКО

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ У ДВУХЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

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

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований влияния комплексной обработки регуляторами роста Экосил Микс, Экосил Плюс, а также фунгицидом Винцит Форте семян и сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на втором году жизни в условиях постоянного питомника. С целью выявления действия препаратов на физиолого-биохимические и морфологические параметры сеянцев определяли содержание в их тканях продуктов перекисного окисления липидов, целостность мембран клеток, количество и соотношение пигментов фотосинтеза, длину надземной и подземной частей, толщину корневой шейки. Установлено, что наиболее заметное положительное влияние оказала инкрустация семян регулятором роста Экосил Микс и фунгицидом Винцит Форте с последующей обработкой сеянцев Экосилом Микс.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, семена, предпосевная обработка, сеянцы с открытой корневой системой, внекорневая обработка, регуляторы роста, фунгициды, пигменты фотосинтеза, перекисное окисление липидов, мембраны клеток, морфобиометрические параметры.

U. P. SHUKANAU, I. A. MASHKIN, S. N. POLJANSKAJA,
E. V. MELNIKOWA, L. A. KARYTSKO

PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES IN SEEDLINGS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AT THE AGE OF TWO YEARS UNDER THE INFLUENCE OF PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

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

Annotation. The article presents the results of studies of the effect of complex treatment with growth regulators Ecosil Mix, Ecosil Plus, fungicide Vincit Forte of seeds and seedlings of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) at the age of two years in a nursery. To identify the effect of drugs on the physiological, biochemical and morphological parameters of seedlings, the content of lipid peroxidation products in their tissues, the integrity of cell membranes, the number and ratio of photosynthesis pigments, the length of the aboveground and underground parts, and the thickness of the root collar were determined. We found that the most noticeable positive effect on seedlings was provided by presowing seed encrustation with growth regulator Ecosil Mix and fungicide Vincit Forte, followed by seedlings treatment with Ecosil Mix.

Keywords: Scots pine, seeds, pre-sowing treatment, seedlings with open root system, foliar application, growth regulators, fungicides, photosynthesis pigments, lipid peroxidation, cell membranes, morph biometric parameters.

Введение

В Республике Беларусь одной из приоритетных задач устойчивого развития является рациональное использование природных ресурсов и их успешное восстановление. Так, например, стратегической целью развития лесного хозяйства является повышение ресурсного потенциала лесов и обеспечение устойчивого, экологически ответственного и социально ориентированного лесопользования, базирующегося на принципах постоянства и неистощимости лесных ресурсов в интересах живущих и будущих поколений людей [1]. Исходя из данных принципов, в Министерстве лесного хозяйства Республики Беларусь уже создана достаточно эффективная система использования, лесоразведения и лесовосстановления основных лесообразующих по-

род – от заготовки, переработки лесосеменного сырья и хранения семян лесных растений, выращивания стандартного посадочного материала до ухода за лесными насаждениями и ввода их в категорию ценных лесных насаждений [2]. Тем не менее, поскольку большая часть мировых ландшафтов разрушена, деградировала или пришла в упадок из-за увеличения населения и связанного с этим растущим спросом на сельскохозяйственные продукты, энергию и биоресурсы [3], согласно концепции Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь в период до 2025 г. планируется внедрить новые технологии в лесохозяйственное производство, оптимизировать соотношения площадей защитных и эксплуатационных лесов, завершить процесс совершенствования возрастной структуры лесов [1], схожая мысль нашла отражение и в Десятилетнем плане ООН по восстановлению экосистем на 2021–2030 гг. [3].

Процесс создания и внедрения новых эффективных технологий требует обширных научных исследований в соответствующей области. Нами на протяжении многих лет исследовалось влияние физиологически активных веществ, в частности, тритерпеновых регуляторов роста под торговой маркой Экосил, Экосил Микс и Экосил Плюс в сочетании с фунгицидами и пленкообразователями на рост и болезнеустойчивость хвойных пород растений [4–6]. В данной статье представлены окончательные результаты серии опытов, проведенных на сеянцах сосны обыкновенной в условиях постоянного питомника.

Использование именно сосны обыкновенной в качестве объекта исследования представляет особую важность, так как это самая распространенная сосна в мире, имеющая высокий экономический потенциал. Так, например, в Европе и Азии сосна обыкновенная, в виду большой прочности, используется для балансовой древесины, жердей, пиловочника и шпона. Помимо этого, возможно вторичное использование древесины, например, для получения скипидара, красок [4, 6, 7].

Объекты (материалы) и методы исследования

Объектами исследования являлись семена и двухлетние сеянцы с открытой корневой системой сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Материал для посева был заготовлен в 2019 г. в Логойском районе и соответствовал первому классу качества. Опыты проводили в условиях открытого грунта на базе постоянного питомника ГЛХУ "Логойский лесхоз" в 2020 и 2021 г. Посевной материал сосны обыкновенной высевали в мае 2020 г. безгрядковым ленточным посевом по пятистрочной схеме с шириной строки равной 5 см и расстоянием 25 см [6, 8]. Общая занимаемая площадь опытного участка, в пределах которого случайным образом были разбиты делянки (повторность 4-х кратная) площадью 80 м^2, составила 0,3 га. Согласно схеме опыта (табл. 1) часть семян перед посевом инкрустировали защитно-стимулирующими смесями, включающими регулятор роста Экосил Микс и протравитель фунгицидного действия Винцит Форте (10 л рабочего р-ра на 1 тонну семян). Летом 2020 и 2021 г. проводили внекорневые обработки растений с интервалом в 20–30 дней, посредством опрыскивания сеянцев рабочими растворами препаратов Экосил Микс или Экосил Плюс.

Экосил Микс, ВЭ (5 г/л тритерпеновых кислот) – природный полифункциональный препарат, обогащенный комплексом макро- и микроэлементов и широким спектром биологически активных соединений: модифицированных гуминовых кислот, фульвокислот, аминокислот (глицин, лизин, треонин, метионин, тирозин и др.) и биогенных аминов (тирамин и др.), низкомолекулярных органических кислот (янтарная, малоновая, яблочная, щавелевая, и др.), фенолкарбоновых кислот (салициловая, бензойная, феруловая, кумаровая, ванилиновая, галловая и др.). Экосилы относятся к 4-му классу опасности, нефитотоксичны и безвредны для пчел [4, 6].

Экосил Плюс, ВЭ (2,5 г/л тритерпеновых кислот) – природный полифункциональный препарат, регулятор роста и индуктор иммунитета растений. Фитоактиватор физиологических, биохимических, формообразовательных, продукционных и иммуномодулирующих процессов в растениях. В результате применения препарата стабилизируется метаболизм, за счет снижения затрат энергии на гомеостаз, идущей на образование органического вещества в виде углеводов, жиров и белков. Помимо тритерпеновых кислот в состав препарата входят биологически активная сумма нейтральных изопреноидов, состоящая из более чем 30 легколетучих малополярных, моно- и сесквитерпеновых соединений [4, 6].

Винцит Форте, КС (флутриафол 37,5 г/л + тиабендазол 25 г/л + имазалил 15 г/л) – системный фунгицид для защиты семян от комплекса заболеваний, передающихся воздушным путем и через почву. Препарат оказывает фунгицидное действие в течение нескольких часов после обработки семян. Действующие вещества, входящие в состав Винцита Форте, обладают профи

лактическим и лечащим системным действием. Флутриафол нарушает биосинтез стеринов и проницаемость клеточных мембран, тиабендазол нарушает процесс деления клеточных ядер, имазалил ингибирует биосинтез эргостерина и подавляет образование мембран в клетках грибов. Имеет 3-й класс опасности, практически не токсичен для животных [6].

Влияние обработок на физиолого-биохимическом уровне оценивали путем анализа таких параметров растений как количество и соотношение пигментов фотосинтеза в хвое, содержание продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) (ТБК-продукты) клеточных мембран и их целостность.

Содержание фотосинтетических пигментов в хвое сеянцев определяли трехволновым методом из ацетоновой вытяжки [9–14]. Концентрацию хлорофиллов *a* и *b* и их сумму рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс для ацетона [4–6]. Концентрацию каротиноидов в вытяжке пигментов вычисляли с использованием уравнения Веттштейна [4, 9–14]. Перекисное окисление липидов мембран оценивалось при помощи спектрофотометрического метода, основываясь на способности 2-тиобарбитуровой кислоты (ТБК) связываться с липидными перекисями (малоновый диальдегид). Количество ТБК-продуктов (в мкМ/г свежей массы) рассчитывали, используя молярный коэффициент экстинкции – $1{,}55 \cdot 10^5$ $М^{-1}$ $см^{-1}$ [4, 6, 15–18]. Изменение проницаемости мембран определяли по выходу водорастворимых веществ из тканей растений (хвоя сеянцев) с помощью кондуктометра HI-8734 (в мг/л) [4–6, 15].

Также у случайно отобранного посадочного материала определяли длину корня и надземной части, диаметр прикорневой шейки. Обмер производили измерительными инструментами: длину надземной и подземной части – с помощью линейки с миллиметровыми делениями, диаметр прикорневой шейки – штангенциркулем (точность до 0,1 мм). Длину надземной части измеряли по оси стволика от прикорневой шейки до основания верхушечной почки, а подземной части – от прикорневой шейки до окончания корня [4, 8].

Интенсивность накопления органических веществ растениями выявлена путем измерения масса абсолютно сухого органического вещества сеянцев (отдельно для хвои, стеблей и корней) на основании ГОСТ 16483.7–71 [19] в стеклянных бюксах со снятыми крышками, помещенными в сушильный шкаф при температуре 103±2°С (минимальное время составляло 6 ч) [6, 19].

Для анализа данных, полученных в ходе исследования, использована программа Microsoft Excel 2013. С целью проверки достоверности полученных данных рассчитана ошибка среднего и парный двухвыборочный t-критерий Стьюдента (уровень значимости 0,05) [20].

Таблица 1. Схема опытов по обработке семян и сеянцев

Table 1. Scheme of experiments on the treatment of seeds and seedlings

Вариант опыта Experience option	Способ обработки Treatment method	Расход препарата (на 1 м^2, мл) Drug consumption (per 1 m^2, ml)	Расход рабочего р-ра (на 1 м^2, мл) Solution consumption (per 1 m^2, ml)
Контроль (сухие семена)	-	-	-
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	Внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	Внекорневая	0,1	30
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	Внекорневая	0,15	30
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	Внекорневая	0,15	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	Предпосевная (инкрустация)	-	-
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,1	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,15	30
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	Предпосевная (инкрустация) + внекорневая	0,15	30

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние физиологически активных веществ на организм растений наиболее заметно по изменению первичного метаболизма. Считается, что тритерпеновые кислоты, входящие в состав Экосила Микс и Экосила Плюс, стимулируют рост растений, прежде всего, благодаря схожести их структуры с порфириновым ядром хлорофилла [4–6], поэтому при исследовании данных препаратов необходимо в первую очередь оценивать протекание фотосинтетических процессов. Спектрофотометрический анализ содержания пигментов фотосинтеза в хвое сеянцев после обработки посевного и посадочного материала регуляторами роста и фунгицидом показал, что статистически значимое отклонение количества хлорофилла *a* и каротиноидов от контрольных значений наблюдается в большинстве экспериментальных вариантов, а хлорофилла *b* – только в трех (табл. 2). При этом для хлорофиллов прослеживается тенденция к увеличению их концентрации в вытяжке, а для каротиноидов, напротив, отмечено заметное снижение данного показателя относительно варианта без обработки. Как правило, высокое содержание каротиноидов может свидетельствовать о наличии определенного стресса, оказываемо на растения, как биотическими, так и абиотическими факторами окружающей среды, в том числе, и при неправильном дозировании защитно-стимулирующих препаратов [4–5]. В нашем случае видно, что произведенные обработки посевного и посадочного материала способствуют синхронному повышению содержания в хвое сеянцев хлорофиллов, прежде всего «главного» хлорофилла *a* на фоне уменьшения концентрации каротиноидов. Наибольшее содержание хлорофилла *a* достигнуто при инкрустации семян защитно-стимулирующим составом, включающим Экосил Микс и Винцит Форте при одновременной двукратной внекорневой обработке растений Экосилом Микс, а минимальное при отдельной внекорневой обработке вегетирующих растений регулятором роста Экосил Плюс, как однократно, так и двукратно, а также при сочетании инкрустации семян защитно-стимулирующими составами и однократном экзогенном внесении регулятора роста Экосил Микс. Стоит отметить, что в этих же вариантах отмечено сравнительно низкое содержание каротиноидов, которое, возможно, указывает на уменьшение оказываемого стресса под влиянием препаратов.

Уровень содержания пигментов в исследуемом материале отражает количественную, но не качественную характеристику фотосинтетического аппарата растений [4- 6, 12]. Поэтому не менее важным показателем является соотношение пигментов фотосинтеза. Для растений, у которых ассимиляция CO_2 происходит по типу C_3, соотношение хлорофилла *a* к *b* в норме колеблется в диапазоне от 2 до 5, а хлорофиллов *a* и *b* к каротиноидам от 2,2 до 8,0 [9–10]. При внесе-

Таблица 2. Действие препаратов на содержание фотосинтетических пигментов в хвое сеянцев сосны обыкновенной

Table 2. The effect of treatments on the content of photosynthetic pigments in the needles of Scots pine seedlings

Вариант опыта Experience option	Хлорофилл *a*, мг/г (*M*±*m*) Chlorophyll *a*, mg/g (*M*±*m*)	Хлорофилл *b*, мг/г (*M*±*m*) Chlorophyll *b*, mg/g (*M*±*m*)	Каротиноиды, мг/г (*M*±*m*) Carotenoids, mg/g (*M*±*m*)
Контроль (сухие семена)	0,87±0,02	0,34±0,02	0,67±0,02
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	1,04±0,02*	0,37±0,01*	0,65±0,01
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	1,05±0,01*	0,37±0,01*	0,62±0,01*
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	0,98±0,01*	0,35±0,01	0,59±0,01*
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	0,98±0,02*	0,37±0,01*	0,61±0,01*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	1,01±0,01*	0,34±0,01	0,61±0,01*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	0,98±0,01*	0,33±0,01	0,57±0,01*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	1,10±0,01*	0,34±0,01	0,64±0,01*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	1,01±0,01*	0,33±0,01	0,62±0,01*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	1,04±0,01*	0,34±0,01	0,60±0,01*
Примечание: * – данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента			

нии испытываемых защитно-стимулирующих препаратов прослеживается увеличение превалирования хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, а также суммарного количества хлорофиллов по отношению к каротиноидам (табл. 3). Также отмечено закономерное возрастание доли хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* при сочетании предпосевных и внекорневых обработок с максимальным показателем в варианте, предполагающим инкрустацию Экосилом Микс и Винцитом Форте на фоне двукратных экзогенных обработок вегетирующих растений Экосилом Микс. Соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам ниже нормы только в контрольном варианте, а в экспериментальных находится в пределах минимально допустимых значений.

Таблица 3. Действие препаратов на соотношение фотосинтетических пигментов в хвое сеянцев сосны обыкновенной

Table 3. The effect of treatments on the ratio of photosynthetic pigments in the needles of Scots pine seedlings

Вариант опыта Experience option	Хлорофилл *a* / *b* Chlorophyll *a* / *b*	Хлорофиллы / каротиноиды Chlorophylls / carotenoids
Контроль (сухие семена)	2,6	1,8
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	2,8	2,2
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	2,9	2,3
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	2,8	2,3
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	2,7	2,2
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	3,0	2,2
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	3,0	2,3
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	3,2	2,3
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	3,1	2,2
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	3,1	2,3

Стрессовые факторы, как правило, влияют на антиоксидантный статус растений и, прежде всего, на активность перекисного окисления липидов (ПОЛ). Свободнорадикальное окисление нарушает структуру белков, аминокислот, ДНК, а также активирует в клетке протеолитические ферменты, гидролизующие поврежденные белки. Основным субстратом ПОЛ являются липопротеины и цепи полиненасыщенных жирных кислот, входящие в состав клеточных мембран [6, 15, 21]. Исходя из ранее сказанного, очевидно, что при оценке болезнеустойчивости растений на физиолого-биохимическом уровне необходимо учитывать не только протекание окислительных процессов, но и целостность мембран клеток. Проведенные опыты по обработке посевного и посадочного материала сосны обыкновенной защитно-стимулирующими составами, включающими фунгицид Винцит Форте, регуляторы роста Экосил Микс и Экосил Плюс, способствовали значительному снижению содержания ТБК-продуктов в тканях двухлетних сеянцев и сокращению выхода водорастворимых веществ из их хвои (табл. 4), что указывает на стабилизацию клеточных мембран и уменьшение окислительного стресса. Минимальное количество ТБК-продуктов обнаружено в пробах, взятых в варианте с инкрустацией семян смесью Экосила Микс и Винцита Форте и двукратной внекорневой обработкой растений Экосилом Микс. Однако наименьшая интенсивность выхода водорастворимых веществ из тканей сеянцев отмечена при отдельном двукратном внесении рабочих растворов Экосила Микс во время вегетации.

Действие физиологически активных веществ на растительный организм, как правило, заметно не только на физиолого-биохимическом уровне, но отражается и на морфобиометрических показателях. Исследованные препараты оказали заметное стимулирующее влияние на размер двухлетних сеянцев сосны обыкновенной (табл. 5). Статистически достоверное увеличение по отношению к контрольным значениям длины побега и корня, а также толщины корневой шейки растений наблюдалось в большинстве вариантов эксперимента. Лишь при экзогенной обработке сеянцев Экосилом Плюс без предпосевной инкрустации семян отмечено незначительное колебание длины надземной части посадочного материала. Согласно «Инструкции о требованиях по выращиванию посадочного

Таблица 4. Действие препаратов на перекисное окисление липидов и целостность мембран клеток сеянцев сосны обыкновенной

Table 4. The effect of treatments on lipid peroxidation and the integrity of cell membranes in Scots pine seedlings

Вариант опыта Experience option	Содержание ТБК-продуктов, мкМ/г (*M*±*m*) Concentration of TBA-products, μM/g (*M*±*m*)	Выход водорастворимых веществ, мг/л/г (*M*±*m*) The output of water-soluble substances, mg/l/g (*M*±*m*)
Контроль (сухие семена)	55,19±0,50	6,4±0,12
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	49,75±0,34*	3,6±0,12*
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	48,36±0,44*	3,3±0,04*
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	43,37±0,83*	5,2±0,06*
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	44,77±0,68*	5,1±0,05*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	47,10±0,32*	4,1±0,03*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	42,57±0,39*	5,1±0,05*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	41,29±0,38*	5,1±0,05*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	45,64±0,46*	5,0±0,03*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	43,97±0,42*	5,2±0,04*
Примечание: * – данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента		

Таблица 5. Действие препаратов на морфобиометрические параметры сеянцев сосны обыкновенной

Table 5. The effect of treatments on the morph biometric parameters of Scots pine seedlings

Вариант опыта Experience option	Длина побега, мм Shoot length, mm	Длина корня, мм Root length, mm	Толщина корневой шейки, мм Thickness of the root collar, mm
Контроль (сухие семена)	185,40±5,48	117,08±3,23	2,10±0,05
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	202,75±1,85*	139,38±4,11*	2,70±0,10*
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	233,55±2,73*	131,45±4,10*	2,84±0,07*
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	199,85±3,82*	135,20±2,97*	2,36±0,09*
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	189,78±2,04	135,05±3,13*	2,48±0,07*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	241,10±3,60*	138,60±3,34*	2,91±0,04*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	261,90±3,00*	150,20±1,74*	2,95±0,06*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	258,53±3,60*	141,45±2,34*	2,86±0,07*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	203,13±3,84*	134,53±3,58*	2,33±0,03*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	211,75±3,57*	138,05±3,66*	2,52±0,038*
Примечание: * – данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента			

материала лесных растений, утвержденной постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016 № 76», сеянцы сосны обыкновенной с открытой корневой системой в возрасте 2-х лет должны иметь толщину стволика у корневой шейки не менее 2,0 мм и высоту надземной части не менее 12 см [22]. Таким образом, исходя из полученных экспериментальных данных, видно, что во всех вариантах опыта растения достигли требуемых величин морфобиометрических показателей.

Изменения, вызываемые физиологически активными соединениями в организме растений на клеточном уровне, также должны повлиять и на интенсивность накопления органических веществ, которая наглядней всего видна по массе абсолютно сухого вещества. В ходе проведенных испытаний установлено, что, как правило, абсо-

лютно сухая масса хвои, стебля и корня двухлетних сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой значительно возрастала в сравнении с контролем после внесения защитно-стимулирующих составов (табл. 6). Статистически не значимые по *t*-критерию Стьюдента показатели отмечены только в варианте с однократной внекорневой обработкой сеянцев регулятором роста Экосил Микс, в котором фактически неизменной по отношению к необработанным образцам оказалась абсолютно сухая масса стебля. Однако в этом же варианте зафиксирована и самая высокая абсолютно сухая масса хвои. Интересно и то, что максимальные показатели абсолютно сухой массы не соотносятся с вариантами, в которых отмечена наибольшая длина надземной и подземной части растений, что, возможно, обусловлено разной влажностью навески.

Таблица 6. Действие препаратов на накопление органических веществ сеянцами сосны обыкновенной

Table 6. The effect of treatments on the accumulation of organic matter by Scots pine seedlings

Вариант опыта Experience option	Масса хвои, г Needles weight, g	Масса стебля, г Stem weight, g	Масса корня, г Root weight, g
Контроль (сухие семена)	0,532±0,002	0,259±0,001	0,238±0,001
Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	0,684±0,007*	0,277±0,008	0,321±0,006*
Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	0,657±0,008*	0,296±0,006*	0,351±0,008*
Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	0,664±0,008*	0,292±0,009*	0,331±0,009*
Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	0,667±0,009*	0,298±0,007*	0,309±0,010*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,681±0,009*	0,302±0,010*	0,341±0,009*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (1 обработка)	0,679±0,007*	0,284±0,009*	0,326±0,009*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Микс 1,0 л/га (2 обработки)	0,675±0,007*	0,293±0,005*	0,334±0,007*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (1 обработка)	0,637±0,008*	0,304±0,009*	0,305±0,008*
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Экосил Плюс 1,5 л/га (2 обработки)	0,631±0,007*	0,299±0,007*	0,282±0,007*
Примечание: * – данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента			

Заключение

В ходе проведенных исследований влияния физиологически активных веществ на двухлетние сеянцы сосны обыкновенной с открытой корневой системой в условиях постоянного питомника было доказано, что инкрустация семян защитно-стимулирующими составами, включающими регуляторы роста Экосил Микс или Экосил Плюс и фунгицид Винцит Форте, а также внекорневая обработка растений рабочими растворами Экосила Микс и Экосила Плюс позволяют активировать ростовые процессы и повысить морфобиометрические показатели посадочного материала. Наиболее заметные положительные изменения на физиолого-биохимическом уровне отмечены в вариантах с инкрустацией семян смесью регулятора роста Экосил Микс и фунгицида Винцит Форте с последующей экзогенной обработкой растений рабочими растворами Экосила Микс. Это видно, как по более успешной реализации первичных метаболических путей, в особенности фотосинтеза, так и по стабилизации окислительных процессов мембран клеток, которое способствует повышению их целостности. Также в большинстве экспериментальных вариантов наблюдается более интенсивный по отношению к контролю рост надземной и подземной частей сеянцев, увеличение толщины корневой шейки и массы растений.

Литература

1. Министерство экономики Республики Беларусь. Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/Kontseptsija-na-sajt.pdf. – Дата доступа: 01.08.2022.

2. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. Лесовосстановление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mlh.by/our-main-activites/forestry/reforestation/. – Дата доступа: 01.08.2022.

3. Forests News. New technologies pave way for land restoration efforts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://forestsnews.cifor.org/76197/new-technologies-pave-way-for-land-restoration-efforts-2?fnl=. – Дата доступа: 02.08.2022.

4. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А. П. Волынец [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2016. – 252 с. – ISBN 978-985-08-1965-9.

5. Эндогенные фиторегуляторы роста: свойства, физиологической действие и практическое использование / А. П. Волынец [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 233 с. – ISBN 978-985-08-2483-7.

6. Шуканов, В. П. Применение экологически безопасных препаратов для повышения качества сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В. П. Шуканов, И. А. Машкин, Л. А. Корытько // Природные ресурсы: научное издание. № 1 / Национальная академия наук Беларуси; Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск: «Издательский дом «Беларуская навука», 2020. – С. 99–107.

7. Bates. Scotch pine [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.bates.edu/canopy/species/scotch-pine/. – Дата доступа: 02.08.2022.

8. Якимов, Н. И. Лесные питомники. Методические указания к учебной практике для студентов специальности 1-750101 «Лесное хозяйство» / Н. И. Якимов, В. В. Носников. – Минск: БГТУ, 2011. – 54 с.

9. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. Биохимические методы в физиологии растений / А. А. Шлык. – М.: Наука, 1971. – 327 с.

10. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу: Учебное пособие / В. Ф. Гавриленко. – М.: Академия, 2003. – 250 с.

11. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

12. Титова, М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* / М. С. Титова // Вестник ОГУ. – 2010. – № 12 (118). – С. 9–12.

13. Тужилкина, В. В. Фотосинтетические пигменты хвои ели сибирской в среднетаежных лесах европейского северо-востока России / В. В. Тужилкина // Сибирский лесной журнал. – 2017. – № 1. – С. 65–73.

14. Мокроносов, А. Т. Фотосинтез Физиолого-экологические и биохимические аспекты / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: Академия, 2006. – 448 с.

15. Спивак, Е. А. Генерация активных форм кислорода, перекисное окисление липидов и проницаемость клеточных мембран в листьях проростков ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при засухе / Е. А. Спивак // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 51–54.

16. Новиков, В. Е. Роль активных форм кислорода в физиологии и патологии клетки, и их фармакологическая регуляция / В. Е. Новиков, О. С. Левченкова, Е. В. Пожилова // Обзоры по клинич. фармакологии и лекарственной терапии. – 2014. – № 4. – С. 13–21.

17. Маханова, Р. С. К вопросу изучения перекисного окисления липидов / Р. С. Маханова // Известия ОГАУ. – 2011. – № 1. – С. 231–234.

18. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительных клеток / М. Н. Мерзляк // Итоги науки и техники ВИНИТИ. Сер. физиология растений. – 1989. Т 6. С. 1–168.

19. Древесина. Методы определения влажности: ГОСТ 16483.7-71. – Москва, 2006.

20. Зайцев, Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. − М.: Наука, 1990. − 296 с.

21. Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality. Viral Disease and Lipid Peroxidation in Conditions of Biotic and Abiotic Stress of Sambucus nigra L. Plants [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agrobiodiversity.uniag.sk/scientificpapers/article/view/116. – Дата доступа: 09.08.2022.

22. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://law.by/upload/docs/op/W21731712_1485464400.pdf. – Дата доступа: 10.08.2022.

Поступила в редакцию 25.08.2022 г.

УДК 581.192.7:581.2

В. П. ШУКАНОВ, С. Н. ПОЛЯНСКАЯ, Л. А. КОРЫТЬКО,
И. А. МАШКИН, Е. В. МЕЛЬНИКОВА

ИНДУЦИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ У РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.) БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследования прямого антигрибного действия модифицированных брассиностероидов на рост фитопатогенного гриба *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechlera teres* (Sacc.) Shoem.] *in vitro* на твердой питательной среде (с добавлением исследуемых веществ), а также в модельной патосистеме ячмень–гельминтоспориозный гриб. В лабораторных опытах показано, что брассиностероиды и их конъюгаты оказывают фунгистатическое действие на рост гриба *H. teres*. В модельной патосистеме ячмень – возбудитель сетчатого гельминтоспориоза выявлено, что в условиях биотического стресса тетрасукцинаты брассиностероидов предотвращали развитие окислительного повреждения растений, что проявлялось в снижении содержания малонового диальдегида и ингибировании выхода водорастворимых веществ из тканей листьев ячменя. В полевых опытах установлено положительное влияние фитогормональных стероидов и их смесей на формирование болезнеустойчивости растений ячменя. Биологическая эффективность сукцината эпикастастерона была максимальной и составила 85,7%, что превышает действие фунгицида Эхион. Эффективность сукцината эпибрассинолида и эпикастастерона была на уровне действия фунгицида Эхион.

Ключевые слова: биотический стресс, болезнеустойчивость, яровой ячмень, гельминстоспориозный гриб, фитогормональные стероиды.

V. P. SHUKANOV, S. N. POLJANSKAJA, L. A. KORYTSKO,
I. A. MASHKIN, E. V. MELNIKOWA

INDUCTION OF DISEASE RESISTANCE PROCESSES IN BARLEY PLANTS (*HORDEUM VULGARE* L.) WITH BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS

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

Annotation. This article presents the results of a study of the direct antifungal effect of modified brassinosteroids on the growth of the phytopathogenic fungus *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechlera teres* (Sacc.) Shoem.] *in vitro* on a solid nutrient medium (with the addition of the test substances), as well as in the model pathosystem barley-helminthosporium fungus. Laboratory experiments have shown that brassinosteroids and their conjugates have a fungistatic effect on the growth of the fungus H. teres. In the model pathosystem of barley, the causative agent of net helminthosporiasis, it was found that under biotic stress, brassinosteroid tetrasuccinates prevented the development of oxidative damage to plants, which manifested itself in a decrease in the content of malondialdehyde and inhibition of the release of water-soluble substances from barley leaf tissues. In field experiments, a positive effect of phytohormonal steroids and their mixtures on the formation of disease resistance in barley plants was established. The biological effectiveness of epicastasterone succinate was maximum and amounted to 85.7%, which exceeds the effect of the Echion fungicide. The effectiveness of epibrassinolide succinate and epicastasterone was at the level of Echion fungicide.

Keywords: biotic stress, disease resistance, spring barley, *Helminthosporium fungus*, phytohormonal steroids, lipid peroxidation, cell membranes.

Введение

Интенсивное применение различного вида пестицидов позволило, с одной стороны, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, с другой – привело к нарушению равновесия между компонентами биосферы. Защита растений от болезней является обязательным агроприемом в современном сельском хозяйстве, и она совершенствуется по мере развития сельскохозяйственного производства. Использование химических средств защиты растений способствует накоплению в продукции остаточных количеств токсических веществ, что приводит не только к нарушениям структуры агроценозов, но и возрастанию устойчивости к ним вредителей и возбудителей болезней, снижая при этом эффективность применения таких веществ [1]. Поэтому необходимо разрабатывать приемы, позволяющие применять экологичные биологически активные не пестицидные вещества, индукторы болезнеустойчивости, которые не уничтожают возбудителей болезней, а воздействуют на них через активацию в растительном организме иммунных реакций. Индуцированная защита от патогенных микроорганизмов в таком случае происходит за счет метаболических изменений, которые приводят к усилению защитных механизмов в растительном организме. Осуществляется это путем предварительной обработки семян или вегетирующих растений определенными биологически активными веществами, способными стимулировать иммунную систему растений так, чтобы при последующем заражении восприимчивое растение обладало свойствами устойчивого. Применение веществ не химического происхождения имеет свои преимущества не только с точки зрения экологической безопасности, но и противостояния воздействию различных видов стресса, что в результате приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур при отсутствии усиленного контроля за поражением растений болезнями. К таким веществам относятся и брассиностероиды. В научной литературе имеются сведения о способности брассиностероидов регулировать рост и развитие растений [2–4], изменять активность ферментов [5], активировать синтез белков и нуклеиновых кислот [6], влиять на гормональный статус растительного организма [7], вызывать эффекты в чрезвычайно низких концентрациях. Такие изменения положительно сказываются на жизнедеятельности растительного организма, что в результате приводит к увеличению продуктивности [8–9]. Они также известны как антистрессовые вещества и их использование приводит к повышению устойчивости растений к различным видам стресса [10–12]. Ранее было показано, что интересными с этой точки зрения являются конъюгаты брассиностероидов (24-эпибрассинолида) [13], а также конъюгаты брассиностероидов с салициловой кислотой [14]. Несмотря на наличие работ, раскрывающих механизм функционирования брассиностероидов, некоторые аспекты их физиологической активности до настоящего времени не исследованы. Исследования, представленные в данной работе, посвящены изучению действия сукцинатов брассиностероидов на растения ячменя в различных условиях выращивания при биотическом стрессе.

Объекты (материалы) и методы исследования

Исследования проводили в лабораторных и полевых опытах. Объектами исследований являлись семена и растения ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сортов Мустанг и Рейдер, здоровые и пораженные возбудителем сетчатого гельминтоспориоза; фитопатогенный гриб *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechlera teres* (Sacc.) Shoem.] – возбудитель сетчатого гельминтоспориоза ячменя. Фунгистатическую активность соединений оценивали по отношению к фитопатогенному грибу *H. teres*. В стерильные чашки Петри диаметром 15 см разливали по 15 мл предварительно простерилизованной расплавленной среды Чапека с препаратами. После застывания среды в центр чашки на поверхность агара вносили споры. Через 10 суток культивирования измеряли диаметр зон роста и под микроскопом оценивали интенсивность спорообразования.

В лабораторных опытах в модельной патосистеме ячмень – возбудитель сетчатого гельминтоспориоза исследовали влияние фитогормональных стероидов на процессы формирования адаптации растений к биотическому стрессу. Пробы для анализа брали на 2-е сутки после заражения (начало болезни) и на 4-е сутки (интенсивное развитие болезни в виде коричнево-бурых пятен и штрихов). Контролем служили здоровые растения. Степень пораженности растений патогеном оценивали по 4-х-балльной шкале [15]:

1 балл – высокая устойчивость, выраженная в виде точечных некрозов без хлорозного окружения;

2 балла – относительная устойчивость, проявляющаяся в развитии локальных коричневых некротических пятен, окаймленных или неокаймленных хлорозом;

3 балла – восприимчивость, выражающаяся в формировании распространяющихся по отрезку листа некротических пятен, окруженных хлорозом;

4 балла – высокая восприимчивость, соответствующая возникновению обширного некроза, охватывающего весь отрезок листа.

Растения выращивали в условиях светокультуры (3–6 тыс. люкс) до возраста 2-го листа (14 сут.). Обработку проростков проводили путем опрыскивания водными растворами веществ, через сутки инокулировали водной суспензией спор с 1% Твин-80 (3–5 тыс/мл). Контролем служили растения, обработанные водой. Культуру гриба *H. teres,* выращивали на среде Чапека (9–10-дневная культура).

Для оценки природы болезнеустойчивости и возможного регулирующего действия веществ на растения ячменя определяли количество ТБК-активного продукта малонового диальдегида (МДА) и выход водорастворимых веществ из листьев обработанных растений. Для количественного определения продуктов перекисного окисления липидов использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК), в основе которого лежит связывание последней с липидными перекисями и образование окрашенных продуктов (ТБК-продуктов) [16]. Количество ТБК-продуктов (в мкМ/г сырой массы) рассчитывали, используя молярный коэффициент экстинкции – $1{,}55 \cdot 10^5$ $М^{-1}$ $см^{-1}$. Изменение проницаемости мембран определяли с помощью кондуктометра по выходу водорастворимых веществ из тканей растений. Изменение их выхода отражает нарушение коллоидно-осмотических свойств цитоплазмы, которое в первую очередь сказывается на увеличении ее проницаемости [17].

Полевые мелкоделяночные опыты (размер делянок 1 $м^2$) проводили на экспериментальной базе научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино), используя принятую в нем технологию выращивания ярового ячменя. Пахотный горизонт на экспериментальной базе Жодино характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH 6,0–6,2, содержание гумуса 2,0–2,2%, фосфора 378–375, калия 280–290, магния 107, меди – 3,5, железа – 42, кобальта – 1,0, марганца – 20 мг/кг почвы. Гидролитическая кислотность 1,68–1,85 и сумма поглощенных оснований – 10,0 мг-экв. /100 г почвы. Обработка почвы включала зяблевую и весеннюю вспашку с внесением удобрений N_{60} P_{60} K_{60} при норме высева 5 млн. семян на 1 га. Обработку растений в полевом опыте проводили в фазе выхода в трубку (ДК 37–39) опрыскивателем модели HD300. Повторность опыта – 4-кратная [18].

Учет развития, распространенность и интенсивность болезней ярового ячменя проводили по их внешним признакам в разные фазы развития, начиная с фазы трубкования (ДК 31–32) до фазы молочной спелости (ДК 75–77) с интервалом 7 дней по общепринятым методикам. Фазу развития растений определяли по десятичному коду [19]. Для листовых пятнистостей использовали методику учета пораженности по учетной шкале ВИЗР [20], с помощью которой определяли процент пораженной площади листа. Интенсивность учитывали по стандартным фитопатологическим шкалам. На начальных стадиях инфицированность определялась на всем растении. Со стадии появления флаг-листа оценку поражения проводили по разработанному в лаборатории БелИЗР экспресс-методу. Вполне достоверные данные можно получить при оценке степени поражения только второго листа сверху у каждого учетного стебля [21]. Биологическую эффективность препаратов определяли по степени поражения. Определяли также видовой состав возбудителей. Части пораженных листьев помещали в чашки Петри на агаризованную среду Чапека. Идентификацию возбудителей проводили по спороношению [22]. Возбудителей болезней идентифицировали под микроскопом по наличию пикнид или налета, форме и размеру колоний и конидий.

Результаты опытов обрабатывали методами вариационной статистики по П. Ф. Рокицкому [23] с использованием программы Excel и Anova.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследовали прямое антигрибное действие модифицированных брассиностероидов на рост фитопатогенного гриба *Helmintosporium teres* Sacc. *in vitro* на твердой питательной среде (с добавлением исследуемых веществ). Показано, что соединения проявляли выраженное прямое фунгистатическое действие, ингибируя рост фитопатогенного гриба (рис. 1). Рост колоний патогена ограничивался на 35–40% и сопровождался переходом гриба от обычного концентрического равномерного роста к хаотично неравномерному развитию колоний с наличием нескольких центров роста (табл. 1). Конъюгаты по своему действию на рост колоний гриба были схожи с брассиностероидами, составившими их основу. Следует отметить, что брассиностероиды и их тетрасукцинаты практически полностью ингибировали спорообразование гриба *H. teres.*

Таким образом, в лабораторных опытах выявлено, что брассиностероиды и тетрасукцинаты оказывают фунгистатическое действие на рост гриба. В своих дальнейших исследованиях мы

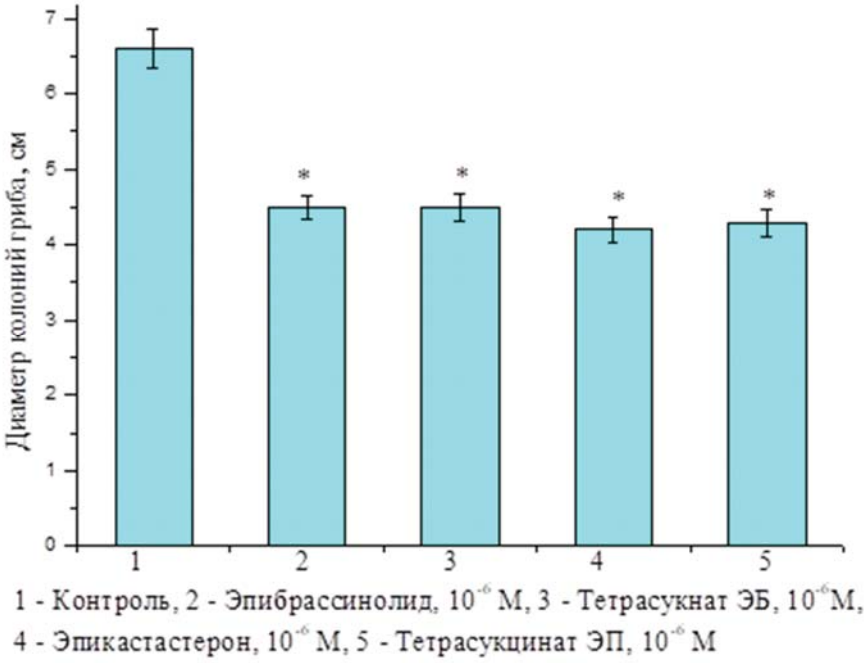


Рис.1. Влияние фитогормональных стероидов и их конъюгатов на рост колоний фитопатогенного гриба *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechslera teres* (Sacc) Shoem.]

Fig. 1. Effect of phytohormonal steroids and their conjugates on the growth of colonies of a phytopathogenic fungus *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechslera teres* (Sacc) Shoem.]

Таблица 1. Влияние модифицированных фитогормональных стероидов на рост фитопатогенного гриба *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechslera teres* (Sacc) Shoem.]

Table 1. Effect of modified phytohormonal steroids on the growth of the phytopathogenic fungus *Helminthosporium teres* Sacc. [*Drechslera teres* (Sacc) Shoem.]

№	Варианты опыта Experience options	Описание колоний (10-е сутки) Description of the colonies (10th day)	Наличие спор The presence of spores
1	Контроль	Мицелий в центре колонии светлый, рыхлый, по краям темного цвета с крупными спорами оливкового цвета с 3–5 перегородками.	+++
2	Эпибрассинолид, 10^{-6} М	Рост колоний замедлен, не доходит до краев чашки. Равномерные, концентрические колонии с белым плотным мицелием, израстающим по краям.	–
3	Тетрасукцинат ЭБ, 10^{-6} М	Колонии с неравномерным, ограниченным ростом со светлым, плотным, израстающим мицелием.	–
4	24-эпикастастерон, 10^{-6}М	Рост колоний неравномерный, ограниченный с плотным, светлым, израстающим мицелием.	–
5	Тетрасукцинат ЭК, 10^{-6}М	Рост колоний неравномерный, ограниченный. Мицелий светлый, плотный.	+*
Примечание: * – единичные споры нетипичной формы			

сосредоточили внимание на изучении физиолого-биохимических показателей, наиболее надежно отражающих возможные отклонения в проявлении болезнеустойчивости в ответ на воздействие испытуемых соединений.

Мембраны, как естественный барьер, первыми подвергаются действию стрессовых факторов. В случае воздействия патогенов повышается проницаемость мембран, что отражается на протекании окислительных процессов, усиливается образование свободных радикалов, что приводит к интенсификации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран и нарушению целостности структурно-функционального состояния клеток [24–25]. Об интенсивности протекания ПОЛ большинство авторов судят по накоплению в тканях конечного продукта липопероксидации – малонового диальдегида (МДА). Накопление продуктов

перекисного окисления в тканях растения свидетельствует о развивающемся патологическом процессе. Ингибирование образования МДА, наоборот, говорит о реализации адаптационно-защитного потенциала растения. Структурные изменения мембран при перекисном окислении липидов сопровождаются усилением их проницаемости для воды и растворимых в ней веществ, что нарушает протекание физиологических процессов и, как следствие, вызывают интенсивное поражение растения. Поэтому определение интенсивности выхода из тканей водорастворимых веществ также может служить показателем устойчивости растений. Увеличение выхода водорастворимых веществ из листьев говорит об интенсификации обмена веществ в здоровых растениях или сильном повреждении тканей у инфицированных растений. Снижение выхода водорастворимых веществ из листьев в пораженных растениях показывает, что защитное действие соединений успешно реализуется.

Результаты по изучению влияния фиторегуляторов на активность перекисного окисления липидов и выхода водорастворимых веществ из тканей листьев растений при формировании патосистемы ячмень – возбудитель сетчатой пятнистости представлены на рис. 2 и 3.

Показано, что процесс инфицирования вызывает разную степень изменений в характере лабильности мембранных липидов клеток листьев ячменя. Содержание соединений, реагирующих с ТБК, возрастало в тканях листьев растений в одинаковой степени (в среднем на 25%) по сравнению с контролем на всех стадиях патогенеза (см. рис. 2). Предобработка растений фитогормональными стероидами и конъюгатами с последующей инокуляцией спорами фитопатогена, наоборот, вызывала подавление указанной активности по сравнению с инфицированным контролем на первой стадии патогенеза. На второй стадии патогенеза происходило еще более высокое по сравнению с инфицированным контролем ингибирование процесса перекисного окисления липидов, наиболее сильно проявившееся в вариантах с применением конъюгатов. Воздействие механических смесей по направленности индуцируемого ими эффекта было схоже с действием тетрасукцинатов, но по уровню оказалось ниже, чем действие конъюгатов.

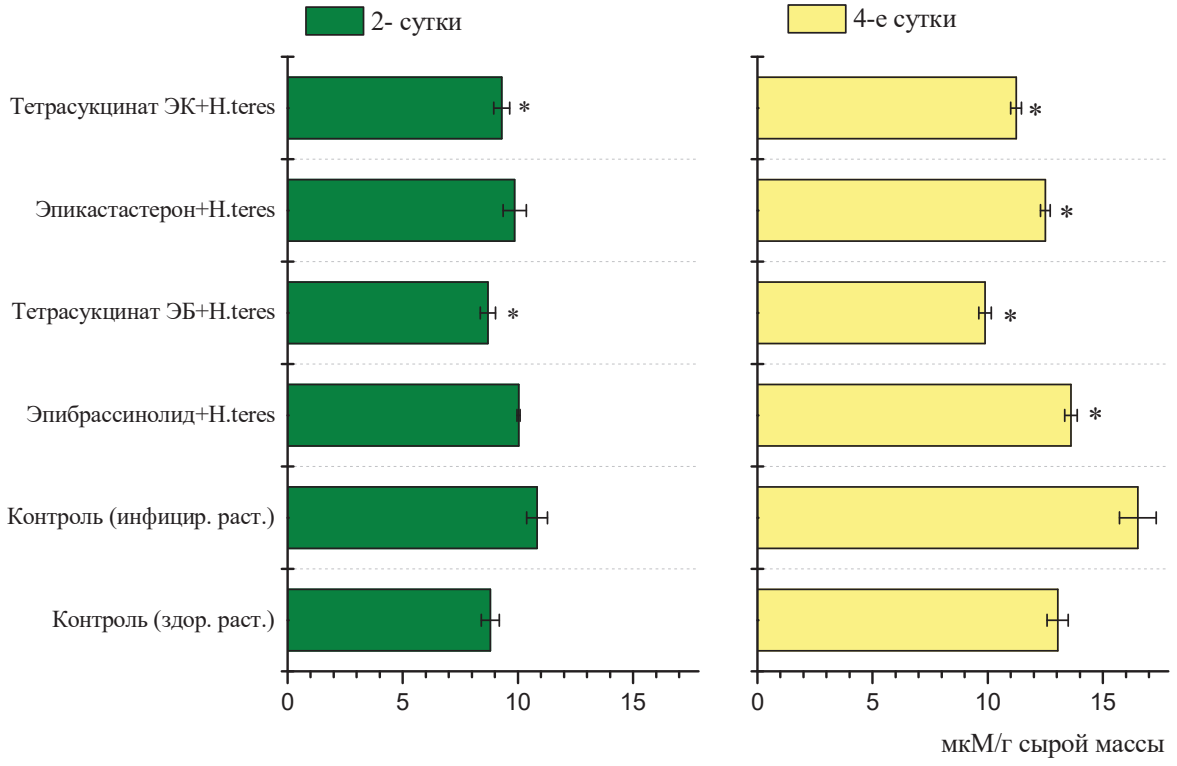


Рис.2. Влияние фитогормональных стероидов и их конъюгатов на содержание МДА в листьях ярового ячменя в патосистеме

Fig. 2. Effect of phytohormonal steroids and their conjugates on the content of MDA in spring barley leaves in the pathosystem

Примечание: * – здесь и далее данные статистически значимы по *t*-критерию Стьюдента

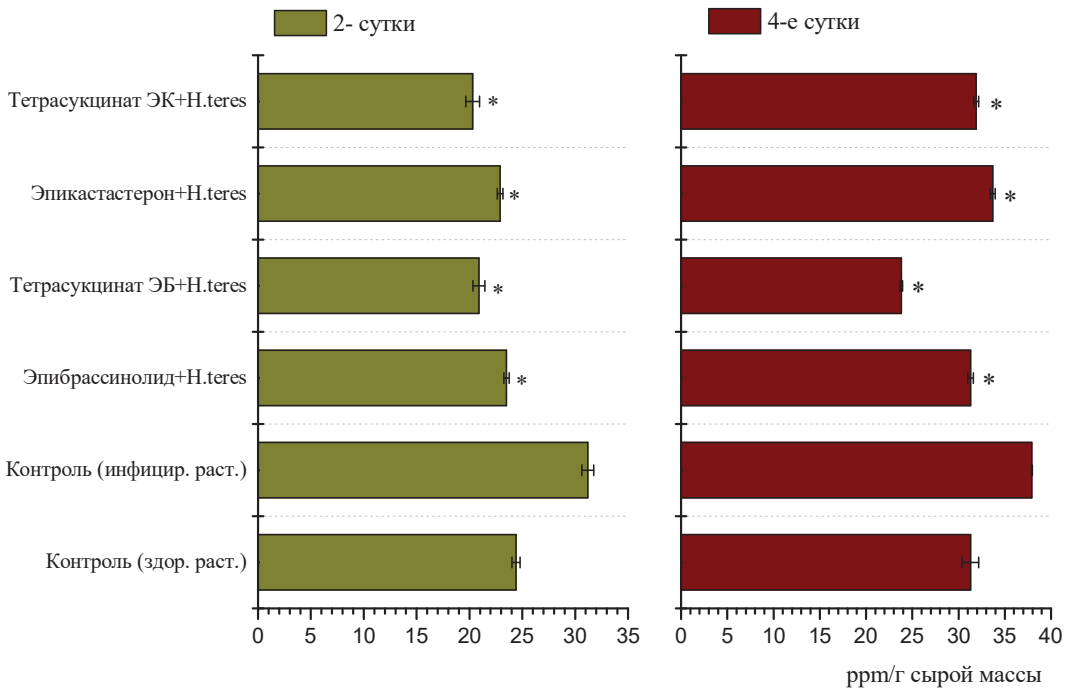


Рис. 3. Влияние модифицированных фитогормональных стероидов на выход водорастворимых веществ из листьев ярового ячменя в патосистеме

Fig. 3. Effect of modified phytohormonal steroids on the yield of water-soluble substances from spring barley leaves in the pathosystem

Инфицирование растений индуцировало возрастание активности выделения водорастворимых соединений в период инкубационного развития патогена, усиливавшееся ко второй стадии патогенеза (см. рис. 3). По сравнению с инфицированным контролем предобработка растений фиторегуляторами и в сочетании с инфекцией резко снижала интенсивность выхода водорастворимых веществ во всех вариантах на первой стадии патогенеза и менее интенсивно – на второй стадии. В вариантах с применением тетрасукцинатов выход водорастворимых соединений как на первой стадии патогенеза, так и в дальнейшем сохранялся на уровне здорового контроля.

Таким образом, в условиях биотического стресса тетрасукцинаты брассиностероидов предотвращали развитие окислительного повреждения растений, что проявлялось в снижении содержания МДА и ингибировании выхода водорастворимых веществ из тканей листьев. В условиях формирования в фитопатосистеме факультативных паразитических отношений, как это имеет место при поражении ячменя сетчатой пятнистостью, некрозообразование ингибируется, что формирует несовместимую для развития некротрофа среду.

В основе всякой регуляции лежит взаимодействие физиологических процессов, связанных друг с другом по принципу обратной связи. Значение их в том, что эти процессы, инициируя трансформирование регуляторной функции, приспосабливают тем самым растение к внешнему инфекционному воздействию. В этом суть адаптации, при которой адекватные реакции организма соответствуют защитному реагированию на болезнь. В противном случае развиваются патологические процессы. Болезнеустойчивость в конечном счете определяется характером обмена веществ, интенсивностью физиологических процессов, величиной накопления защитных соединений, степенью снижения продуктов жизнедеятельности грибов (токсинов и ферментов). Усиление лигнификации, утолщение клеточных стенок, иногда появление локальных некрозов, характерных для реакции сверхчувствительности, являются фенотипическими маркерами устойчивости растений к патогенам. При этом индуцирование видовой устойчивости может проходить и при отсутствии видимых симптомов поражения (некрозов и хлорозов). В силу этого характер изменения обмена веществ (направленность, степень и продолжительность) является более совершенным показателем защитного действия.

Экзогенное воздействие на растения может индуцировать разнообразие ответных реакций, стимулирующих обмен веществ и направляющих внутриклеточный метаболизм на формиро-

вание определенного типа болезнеустойчивости в агроценозе. Для оценки ее природы и регулирующего действия фитогормонов и их смесей в полевом опыте определяли содержание МДА и выход водорастворимых веществ из листьев обработанных растений как физиолого-биохимических показателей, наиболее адекватно отражающих возможные отклонения в проявлении болезнеустойчивости. Изучение этих биохимических показателей может показать не только направленность изменения обмена веществ, но и адекватность проявления защитного эффекта с образованием внешних симптомов поражения, поэтому пробы отбирали в те же сроки, что и проводили учет болезней. Выход водорастворимых веществ из листьев и содержание ТБК-продуктов являются прямыми показателями формирующихся реакций болезнеустойчивости. Выход водорастворимых веществ из растительного материала характеризует собой два процесса: образование ассимилятов и проницаемость клеточной стенки (мембраны). Влияние того или другого фактора на эти процессы может идти в одном или в разных направлениях. Ситуация может существенно усложняться при воздействии на растения ряда факторов, например, фиторегуляторов и грибной инфекции. Увеличение выхода водорастворимых веществ из листьев говорит об интенсификации обмена веществ в здоровых растениях или сильном повреждении тканей в инфицированных растениях. Уровень перекисного окисления липидов является показателем структурных перестроек, происходящих в мембранах растений под воздействием того или иного фактора, в том числе возбудителей болезней [26]. А содержание продуктов перекисного окисления характеризует в растениях соотношение оксидантного и антиоксидантного действия этих факторов. Таким образом, ПОЛ является универсальным модификатором свойств биологических мембран, фактором, устанавливающим и поддерживающим стационарное функционирование обменных процессов в растительном организме [27]. Ингибирование образования ТБК-продуктов в пораженных растениях свидетельствует об успешной реализации защитного действия фиторегуляторов.

Результаты опытов показали, что фиторегуляторы и их смеси в основном увеличивали содержание продуктов перекисного окисления липидов (табл. 2). Представлялось логичным сопоставить количественно уровень ПОЛ и выход водорастворимых веществ из листьев при обработке их фиторегуляторами. Установлено, что количество водорастворимых веществ в варианте с ЭК 10^{-6} М было сходным с содержанием МДА (см. табл. 2). Резкое повышение выхода водорастворимых веществ из листьев растений указывает в большей степени на процессы созревания зерна, так как повреждение флаговых листьев грибной инфекцией не превышало 10%, а второго листа сверху достигало в среднем 20%. Снижение этого показателя в фазе созревания свидетельствует о достаточно высокой регуляторной активности и эффективном защитном действии исследуемых соединений.

Весьма показательно сравнение действия фиторегуляторов на развитие патологических процессов в посевах при оценке их по внешним морфологическим и внутренним физиолого-биохимическим параметрам. Судя по внешним признакам (распространению болезней и степени поражения растений), защитное действие фиторегуляторов и их смесей проявлялось вплоть до фазы молочной спелости (табл. 3). В фазу зеленой спелости флаговый и подфлаговый листья внешне не имели признаков поражения. В фазе молочной спелости степень поражения флагового листа была в 3–7 раз ниже контроля.

Таблица 2. Содержание ТБК-продуктов и выход водорастворимых веществ из тканей растений ячменя сорта Рейдер при воздействии на растения фитогормональными стероидами

Table 2. The content of TBA-products and the yield of water-soluble substances from the tissues of barley cv. Rader when plants are exposed to phytohormonal steroids

Вариант опыта Experience option	Количество малонового диальдегида Amount of malondialdehyde		Выход водорастворимых веществ The output of water-soluble substances	
	мкМ/г сырой массы ($M\pm m$) μM/g wet weight ($M\pm m$)	% к контролю % to control	ppm/г сырой массы ($M\pm m$) ppm/g fresh weight ($M\pm m$)	% к контролю % to control
Контроль	27,71±0,11	100	31,93±0,10	100
Эхион	27,55±0,53	99	53,27±0,12*	167
ЭБ 10^{-6} М	29,30±0,18	106	39,33±0,07*	123
Тетрасукцинат ЭБ, 10^{-6} М	26,03±0,05*	94	50,27±0,15*	157
ЭК 10^{-6} М	33,14±0,12*	119	38,4±0,09*	120
Тетрасукцинат ЭК, 10^{-6} М	37,15±0,17*	134	32,47±0,07	102

Таблица 3. Эффективность применения препаратов защитно-стимулирующего действия против листовых болезней у ячменя сорта Рейдер в полевом опыте в % (фаза молочной спелости)

Table 3. The effectiveness of the use of drugs with a protective and stimulating effect against leaf diseases in barley cv. Rader in the field experiment in % (phase of milky ripeness)

Вариант обработки Processing option	Флаговый лист Flag leaf		
	Распространенность болезней Disease prevalence	Степень поражения Degree of damage	Биологическая эффективность Biological effectiveness
Контроль	70	17,5	-
Эхион	20	5,0	71,4
ЭБ 10^{-6} М	30	7,5	57,1
Тетрасукцинат ЭБ, 10^{-6}М	20	5,0	71,4
ЭК 10^{-6} М	20	2,5	71,4
Тетрасукцинат ЭК, 10^{-6} М	10	2,5	85,7

Таким образом, можно констатировать, во-первых, что защитное действие фиторегуляторов и их смесей при оценке его по внешним и биохимическим признакам не совпадает, во-вторых, при обработке посевов фиторегуляторами и их смесями происходит стимуляция обмена веществ, которая к фазе созревания приводит к усилению защитных свойств растений, что в результате положительно сказалось и на формировании продуктивности культуры. Фитогормональные препараты снижали степень поражения и развитие листовых болезней у растений ячменя к фазе молочной спелости, что также говорит об адаптации растений к биотическому стрессу.

Заключение

Выявлена выраженная фунгистатическая активность фитогормональных стероидов, проявившаяся в ингибировании на 35–40% роста фитопатогенного гриба *Helmintosporium teres* Sacc. на твердой питательной среде. При этом фитогормональные стероиды и их тетрасукцинаты полностью ингибировали спорообразование гриба. В модельной патосистеме ячмень – возбудитель сетчатого гельминтоспориоза выявлено, что в условиях биотического стресса тетрасукцинаты брассиностероидов предотвращали развитие окислительного повреждения растений, что проявлялось в меньшем содержании МДА и ингибировании выхода водорастворимых веществ из тканей листьев. Таким образом, при наличии определенной фунгистатической активности защитное действие сукцинатов реализуется в основном за счет иммунизирующего действия веществ на растительный организм, т.е. стимуляции физиолого-биохимических процессов адаптации растений, поскольку иммуномодулирующая активность соединений более высокая, чем фунгистатическая. В полевых опытах установлено положительное влияние фитогормональных стероидов и их смесей на формирование болезнеустойчивости растений ячменя. Биологическая эффективность тетрасукцината ЭК была максимальной и составила 85,7%, что превышает эффективность фунгицида эхион. Чистый эпибрассинолид был менее эффективным. Активность остальных фитогормональных стероидов была на уровне фунгицида эхион. Все исследуемые вещества снижали степень поражения растений в 3–7 раз.

Литература

1. Привалов, Ф. И. Биологизация приемов в технологиях возделывания зерновых культур / П.Ф. Привалов. – Минск. 2007. – 188 с.

2. Хрипач, В. А. Перспективы практического применения брассиностероидов нового класса фитогормонов (Обзор) / В. А. Хрипач, В. И. Жабинский, Ф. А. Лахвич // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 3–11.

3. Ефимова, М. В. Физиологическая роль брассиностероидов в развитии проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. на селективном свету / М. В. Ефимова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2010. – № 4(12). – С. 105–116.

4. Ламан, Н. А. Особенности действия брассиностероидов на растения в условиях солевого стресса / Н. А. Ламан [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 2. – С. 199–205.

5. Shu, S. The role of 24-epibrassinolide in the regulation of photosynthetic characteristics and nitrogen metabolism of tomato seedlings under a combined low temperature and weak light stress/ S. Shu [at al.] // Plant Physiol Biochem. − 2016. – Vol. 107. − P. 344–353.

6. Yuan, G. F. / Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress / G. F. Yuan [et al.] // Sci Hortic. − 2010. – Vol. 26. – P. 103–108.

7. Anwar, A. 24-Epibrassinolide ameliorates endogenous hormone levels to enhance low-temperature stress tolerance in cucumber seedlings / A. Anwar [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2018. – Vol. 19(9). – P. 2497–2518. − Режим доступа: https://doi.org/10.3390/ijms19092497. − Дата доступа: 30.09.2022.

8. Прусакова, Л. Д. Применение брассиностероидов в экстремальных для растений условиях / Л. Д. Прусакова // Агрохимия. − 2005. − № 7. – С. 87–94.

9. Thussagunpanit, J. Effects of brassinisteroid and brassinisteroid mimic on photosynthetic efficiency and rice yield under heat stress / J. Thussagunpanit [at al.] // Photosynthetica. − 2015. − Vol. 53(2). – P. 312–320. – Режим доступа: https://doi/org/10.1007/s11099-015-0106-5. – Дата доступа: 30.09.2022.

10. Li, J. Transcriptome analysis of pepper (*Capsicum annuum*) revealed a role of 24-epibrassinolide in response to chilling / J. Li [at al.] // Front Plant Sci. − 2016. − № 7. – P. 1–16. – Режим доступа: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01281. – Дата доступа: 30.09.2022.

11. Nolan, T. Cross-talk of Brassinosteroid signaling in controlling growth and stress responses / T. Nolan, Ch. Jiani, Y. Yanhai // Biochem. J. – 2017. – Vol. 474 (16). – P. 2641–2661. – Режим доступа: https://doi.org/10.1042/BCJ20160633. – Дата доступа: 30.09.2022.

12. Anwar, A. The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: a review / A. Anwar [et al.] // Biological Research. – 2018. – Vol. 51, № 1. – Art. 46. – Режим доступа: https://doi.org/10.1186/s40659-018-0195-214. – Дата доступа: 30.09.2022.

13. Манжелесова, Н.Е. Действие 24-эпибрассинолида в сочетании с салициловой кислотой на устойчивость растений ярового ячменя к грибной инфекции / Н. Е. Манжелесова, С. Н. Полянская, Л. А. Корытько // Ботаника (исследования): сб. науч. труд. – Минск: Колорград, 2019. – Вып. 48. – С. 252–263.

14. Манжелесова, Н. Е. Защитное действие салицилатов брассиностероидов на растения ярового ячменя, подвергнутые биотическому стрессу / Н. Е. Манжелесова [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 304–311. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doklady.belnauka.by/jour/article/view/616/621. – Дата доступа: 30.09.2022.

15. Афанасенко, О. С. Изучение устойчивости ячменя к возбудителю сетчатого гельминтоспориоза в контролируемых условиях / О. С. Афанасенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1977. − Т. 58, вып. 3. – С. 12–122.

16. De Vos, C. H. R. Copper-induced damage to the permeability barrier in roots of *Silene cucubalus* / C. H. R. De Vos [et al.] // J. Plant Physiol. – 1989. – Vol. 135. – P. 164–169.

17. Кажушко Н. Н. Выход электролитов как критерий оценки засухоустойчивости и особенности его использования для зерновых культур / Н. Н. Кожушко // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Под ред. Г. В. Удовенко. − Л.: Колос, 1976. – С. 33 – 43.

18. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов / Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

19. Ламан, Н. А. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н. А. Ламан [и др.]. – Минск: Наука и техника. 1996. – 101 с.

20. Афанасенко, О. С. Анализ популяций возбудителей листовых болезней злаковых растений / О. С. Афанасенко // Бюлл. ВНИИ защиты растений. – 1980. – № 47. – С. 8–10.

21. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Нац. Акад. наук Респ. Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С.В. Сороки. − Мн.: Бел. наука, 2005. – 462 с.

22. Наумова, Н. А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию / Н. А. Наумова. − М. Сельхозгиз., 1951. − 139 с.

23. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Мн.: Высшая школа, 1973. – 320 с.

24. Барабой, В. А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов / В. А. Барабой // Усп. совр. биол. – 1991. − № 111(6). – С. 923–931.

25. Dat, J. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses / J. Dat [et al.] // Cell. Mol. Life Sci. − 2000. − Vol. 57, №. 5. − P. 779–795. – Режим доступа: https://doi.org/10.1007/s000180050041. – Дата доступа: 30.09.2022.

26. Манжелесова, Н. Е. Содержание фенольных соединений при индуцированной устойчивости ячменя к сетчатой пятнистости / Н. Е. Манжелесова // Матер. VII Междун. симп. по фенольным соединениям. − Москва. − 2009. – С. 161–162.

27. Кабашникова, Л. Ф. Природные индукторы устойчивости растений к фитопатогенам: научные и практические аспекты применения / Л. Ф. Кабашникова [и др.]; Нациоанальная академия наук Беларуси; Институт биофизики и клеточной инженерии. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 58 с.

Поступила в редакцию 30.09.2022 г.

БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ
BOTANICAL COLLECTIONS

УДК 582, 581.9, 351.852.15

Н. С. ГУРИНА, О. В. МУШКИНА, Н. М. БОРАБАНОВА

ГЕРБАРИЙ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Белорусский государственный медицинский университет,
Минск, Беларусь, e-mail: nsgur@mail.ru

Аннотация. Гербарная коллекция фармацевтического факультета Белорусского государственного медицинского университета создается с целью изучения дикорастущих и культивируемых лекарственных растений флоры Беларуси. В коллекции представлены около 350 видов растений из 87 семейств. Общее число гербарных листов, находящихся в фонде – 3370. Кроме гербарных образцов мохообразных, плаунообразных, хвощей, папоротников, голосеменных и покрытосеменных Гербарий содержит небольшие коллекции лишайников и грибов. В Гербарии преобладают растения, собранные в основном на территории Республики Беларусь и Российской Федерации. В настоящее время проводится работа по созданию электронной базы данных, куда вносятся сведения об имеющихся в коллекции образцах.

Ключевые слова: гербарная коллекция, каталог, BSMUPH, лекарственные растения.

N. S. GURINA, O. V. MUSHKINA, N. M. BORABANOVA

FACULTY OF PHARMACY MEDICINAL PLANTS HERBARIUM IN BELARUSIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY

Belarusian State Medical University,
Minsk, Belarus, e-mail: nsgur@mail.ru

Annotation. The herbarium collection of the Faculty of Pharmacy of the Belarusian State Medical University is created for the purpose of studying wild and cultivated medicinal plants of the flora of Belarus. The collection contains about 350 species of plants from 87 families. Besides the samples of Bryophyta, Lycopodiophyta, Equisetophyta, Polypodiophyta, Gymnospermae, Magnoliophyta, Herbarium contains the little collection of the Lichenes and the Fungi. The total number of herbarium sheets is equal 3370. Plants for herbarium have been collected on the territory of Belarus and Russia mainly. At present time the data base of the herbarium collection is created.

Keywords: herbarium collection, catalog, BSMUPH, medicinal plants.

Введение

Сбор гербарного материала на кафедре организации фармации под руководством профессора кафедры, доктора биологических наук Н. С. Гуриной стал осуществляться с момента открытия в 2011 г. в учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет» (БГМУ) фармацевтического факультета. Гербарные листы являются демонстрационным пособием на занятиях по фармацевтической ботанике и фармакогнозии при изучении лекарственных растений, используемых в медицинской практике для профилактики и лечения различных заболеваний. Лекарственные растения представлены в Гербарии большим количеством видов. Гербарный материал используется при выполнении научных исследований, курсовых и дипломных работ. Акцент фонда гербарных образцов сделан не только на наиболее ценные лекарственные растения, экспериментально изученные и вошедшие в научную медицину как

фармакопейные [1], но также и на перспективные виды, которые используются в народной медицине либо занесены в фармакопею других стран и при этом произрастают на территории Республики Беларусь.

В фонде представлены растения, произрастающие на территории Беларуси как в естественных фитоценозах, так и культивируемые. В коллекцию включены виды растений, которые могут являться примесями к лекарственным видам с целью диагностики отличительных внешних признаков, а также растения, используемые в народном хозяйстве. Каждый год заготавливается около 100 новых гербарных листов для обновления учебной коллекции и пополнения общего фонда. В 2019 г. на учебно-опытном участке БГМУ в д. Новое поле началось культивирование лекарственных растений специально для их изучения с возможностью обновления и пополнения коллекции.

Объекты (материалы) и методы исследования

Идентификация гербарного материала проводится сравнительным морфологическим методом с использованием флористических сводок [2–5] и определителей [6–7 и др.]. Растения смонтированы на стандартных листах А3 плотной бумаги, каждый лист помещен в отдельную «рубашку» (файл). Хранятся образцы в картонных папках в специальных гербарных шкафах. Образцы гербария располагаются по семействам в соответствии с системой А. Л. Тахтаджяна [8], роды и виды внутри семейств – по алфавиту латинских названий.

Результаты исследования

Состав гербария представлен в табл. 1–7. Номенклатура таксонов использована в соответствии с электронной базой данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [9]. Кроме гербарных образцов мохообразных, плаунообразных, хвощей, папоротников, голосеменных и покрытосеменных, Гербарий содержит небольшие коллекции лишайников и мохообразых.

Таблица 1. Общий гербарный фонд

Table 1. Total herbarium fund

Отдел Division	Количество семейств Number of families	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Bryophyta	6	7	79
Lycopodiophyta	2	3	20
Equisetophyta	1	6	97
Polypodiophyta	5	7	111
Pinophyta	3	13	136
Magnoliophyta	70	318	2927
Всего	87	354	3370

Таблица 2. Состав гербарного фонда отдела Bryophyta

Table 2. Bryophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Hylocomiaceae	1	5
Dicranaceae	1	4
Polytrichaceae	1	27
Neckeraceae	1	1
Hypnaceae	1	1
Sphagnaceae	2	20

Таблица 3. Состав гербарного фонда отдела Lycopodiophyta

Table 3. Lycopodiophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Lycopodiaceae	2	19
Huperziaceae	1	2

Таблица 4. Состав гербарного фонда отдела Equisetophyta

Table 4. Equisetophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Equisetaceae	6	97

Таблица 5. Состав гербарного фонда отдела Polypodiophyta

Table 5. Polypodiophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Athyriaceae	2	28
Cystopteridaceae	1	1
Dennstaedtiaceae	1	15
Dryopteridaceae	2	55
Onocleaceae	1	12

Таблица 6. Состав гербарного фонда отдела Pinophyta

Table 6. Pinophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Cupressaceae	5	40
Pinaceae	7	76
Ginkgoaceae	1	20

Таблица 7. Состав гербарного фонда отдела Magnoliophyta

Table 7. Magnoliophyta herbarium fund composition

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Alismataceae	2	19
Alliaceae	7	30
Amaryllidaceae	1	8
Anacardiaceae	2	24
Apiaceae	18	125
Apocynaceae	2	25
Araceae	2	25
Araliaceae	4	17
Asparagaceae	1	19
Asteraceae	24	234
Berberidaceae	1	11
Betulaceae	5	39
Boraginaceae	6	48
Brassicaceae	14	87
Butomaceae	1	6
Cannabaceae	1	16
Caprifoliaceae	5	60
Caryophyllaceae	5	33
Chenopodiaceae	5	16
Convallariaceae	4	63
Convolvulaceae	1	8
Crassulaceae	1	3
Cucurbitaceae	2	30
Cyperaceae	3	20
Elaeagnaceae	1	8
Ericaceae	3	57
Euphorbiaceae	2	7

Семейство Family	Количество видов Number of species	Количество гербарных листов Number of herbarium sheets
Fabaceae	17	191
Fagaceae	2	30
Fumariaceae	1	3
Gentianaceae	1	10
Geraniaceae	2	7
Grossulariaceae	2	25
Hypericaceae	3	41
Iridaceae	5	20
Lamiaceae	19	314
Lauraceae	1	10
Liliaceae	4	30
Linaceae	1	21
Malvaceae	2	15
Melanthiaceae	1	6
Menyanthaceae	1	5
Moraceae	1	4
Myrtaceae	2	11
Nymphaeaceae	1	5
Oleaceae	4	23
Onagraceae	2	26
Paeoniaceae	1	6
Papaveraceae	4	36
Plantaginaceae	4	38
Poaceae	20	112
Polemoniaceae	1	18
Polygonaceae	8	83
Primulaceae	3	20
Ranunculaceae	10	63
Rhamnaceae	2	42
Rosaceae	28	294
Rubiaceae	5	28
Salicaceae	6	42
Sapindaceae	2	14
Saxifragaceae	1	17
Schisandraceae	1	15
Scrophulariaceae	8	70
Solanaceae	6	24
Tiliaceae	1	33
Ulmaceae	2	7
Urticaceae	3	26
Vacciniaceae	4	52
Valerianaceae	1	14
Violaceae	2	38
Всего	318	2927

Заключение

На сегодняшний день гербарий фармацевтического факультета БГМУ (BSMUPH) представлен фондом с общим числом 3370 гербарных листов с 354 видами растений из 87 семейств. В географическом отношении в Гербарии преобладают растения, собранные на территории Республики Беларусь, а также Российской Федерации. В настоящее время сотрудниками кафедры проводится работа по инсерации новых сборов и реставрации старых гербарных образцов. Постоянно пополняется картотека, происходит формирование электронной базы данных, в которую вносятся сведения об имеющихся в коллекции образцах.

Литература

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь: в 2 т. / Т. 2: Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под ред. С. И. Марченко. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.

2. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. /. Т. 1. Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 199 с.

3. Флора Беларуси. Сосудистые растения: в 6 т. / Т. 2. Liliopsida (Acoraceae, Alismataceae, Araceae, Butomaceae, Commelinaceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Lemnaceae, Najadaceae, Poaceae, Potamogetonaceae, Scheuchzeriaceae, Sparganiaceae, Typhaceae, Zannichelliaceae) / Д. И. Третьяков [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 447 с.

4. Флора БССР: в 5 т. / редкол. Б. К. Шишкин (отв. ред.) [и др.]. – Москва; Минск : ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ; Изд-во АН БССР, 1949–1959. – 5 т.

5. Флора Европейской части СССР (Флора Восточной Европы) : в 11т. / под. ред. А. А. Федорова, Н. Н. Цвелева. – Ленинград (Санкт-Петербург): Наука : Мир и семья (изд-во СПГХФА), 1974–2004. – 11 т.

6. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.] ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

7. Exkursionflora von Deutschland : in 4 Bd / W. Rothmaler. – 10 nd Edit. – Berlin : Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2000. – Bd. 3 : Gefäßpflanzen : Atlasband. – 753 s.

8. Тахтаджян, А. Л. Система магнолиофитов / А. Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1987. – 439.

9. Tropicos. org. Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. Date of access: 20 September 2018. Mode of access: http: / www.tropicos.org.

Поступила в редакцию 15.06.2022 г.

УДК 502:75:582:577.21

Н. В. САВИНА, С. В. КУБРАК, Л. В. МИЛЬКО, А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ БАНК ДНК КАК РЕСУРСНЫЙ ЦЕНТР МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: N.Savina@igc.by

Аннотация. Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов представляет собой долговременное хранилище образцов ДНК и биоматериалов, научная деятельность которого заключается в инвентаризации генетических ресурсов на основе современных методов молекулярной биологии. В настоящее время на хранении в Республиканском Банке ДНК находится почти 700 образцов редких и исчезающих видов растений, для подтверждения видовой принадлежности которых используется метод ДНК-штрихкодирования по четырем маркерам: *ITS2, rbcL, psbA-trnH, matK.* Генетические данные, полученные в ходе генотипирования редких видов растений аккумулируются в локальной базе ДНК-штрихкодов, которая позволяет накапливать, хранить и при необходимости передавать информацию о текущем состоянии местных объектов растительного мира, проводить сравнительный анализ растений из разных регионов произрастания.

Ключевые слова: Банк ДНК, ДНК-штрихкодирование, маркеры *ITS2, rbcL, psbA-trnH, matK.*

N. V. SAVINA, S. V. KUBRAK, L. V. MILKO, A. V. KILCHEVSKY

REPUBLICAN DNA BANK AS A RESOURCE CENTER FOR THE MOLECULAR GENETIC TESTING OF RARE AND ENDANGERED PLANT SPECIES IN BELARUS

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: N.Savina@igc.by

Annotation. The Republican DNA Bank of a Human, Animals, Plants and Microorganisms is a long-term repository of DNA samples and biomaterials, the scientific activity of which involves the inventory of genetic resources based on modern methods of molecular biology. At present, almost 700 samples of rare and endangered plant species are stored at the Republican DNA Bank and the DNA barcoding technique is used to verify their species affiliation by four markers: *ITS2*, *rbcL*, *psbA-trnH*, and *matK*. Genetic data obtained during the genotyping of rare plant species are accumulated in the local DNA Barcodes Database, which allows accumulating, storing and transferring, where required, information about the current state of local flora objects, and performing a comparative analysis of plants from the different regions of growth.

Keywords: DNA bank, DNA barcoding, markers *ITS2, rbcL, psbA-trnH, matK.*

Введение

Необходимым инструментом сохранения и изучения разнообразия растительного мира служат биоресурсные коллекции, которые являются важными источниками знаний и дают возможность применять эти знания на практике. Во многих странах мира создаются биобанки, специализирующиеся на хранении биологического материала и образцов ДНК, поскольку технологический прогресс современного общества во многом определяется достижениями молекулярно-биологических исследований. Биобанки – это долговременные хранилища биоматериалов любых организмов, которые дают возможность исследователю выбирать объекты изучения, представляющие для него особый интерес [1].

С 2013 г. на базе Института генетики и цитологии НАН Беларуси начал свою работу Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов, получивший, согласно постановлению Совета Министров РБ № 629 от 13.08.2016 г., статус национального достояния. Республиканский банк ДНК представляет собой биохранилище, в котором с целью последующих лабораторных исследований собраны, каталогизированы и находятся на хранении образцы ДНК и биологического материала различных организмов. Одним из необходимых условий функционирования банка ДНК является наличие специально оборудованного помещения, предназначенного для качественного хранения

образцов, что в свою очередь обеспечит их пригодность для научно-исследовательских и прикладных целей. При содействии Национального Координационного центра по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод, который является контрольным пунктом мониторинга использования генетических ресурсов в нашей стране, в Республиканском банке ДНК формируется коллекция дикорастущей флоры, отражающей природное разнообразие Беларуси. В секции «Банк ДНК растений» создана и регулярно пополняется коллекция редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, вошедших в 4-е издание Красной книги Республики Беларусь (РБ). Цель создания этой коллекции – сбор, сохранение и изучение уникальной генетической информации генотипов растений с низкой адаптационной способностью. Сбор материала для хранения осуществляется без изъятия растений из мест произрастания, не нарушая численности природных популяций охраняемых видов.

В результате комплексного влияния различных факторов, и особенно антропогенных, в РБ требуют охраны более 10% видового состава травянистых цветковых растений. Для сохранения растительного генофонда необходима инвентаризация ресурсов – мероприятия, проводимого с целью учета и сбора данных о количестве и качественных характеристиках популяций растений. В связи с этим, Республиканский банк ДНК может выступать в роли ресурсного центра, аккумулирующего материал для экологических и популяционных исследований, тем самым внося свой вклад в сохранение биоразнообразия флоры нашей страны.

Объекты (материалы) и методы исследования

Выделение тотальной ДНК из растительного материала проводили набором DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Германия). Амплификацию специфических участков ДНК проводили в финальном объеме 8 мкл; смесь для амплификации включала готовый буфер для проведения ПЦР *Quick-load Taq 2X Master Mix* (Праймтех, РБ), прямой и обратный праймеры в конечной концентрации 0,3 пмоль/мкл. Вносили 1 мкл матрицы ДНК в концентрации 10 нг/мкл. Последовательности праймеров для амплификации целевых продуктов приведены в табл.

Таблица. Праймеры для амплификации целевых маркерных последовательностей

Table. Primers for amplification of target marker sequences

ДНК-штрихкод DNA barcode	Последовательность праймеров (прямой / обратный) Primer sequence (forward / reverse)
psbA-trnH	*psbA3_F* 5'-GTTATGCATGAACGTAATGCTC-3' *trnHf_*05 5'-CGCGCATGGTGGATTCACAATCC-3'
rbcL	*rbcLaF* 5'-ATGTCACCACAAACAGAGACTAAAGC-3' *rbcLaR* 5'-GTAAAATCAAGTCCACCGCG-3'
ITS	*ITS_S2F* 5'-ATGCGATACTTGGTGTGAAT-3' *ITS_S3R* 5′-GACGCTTCTCCAGACTACAAT-3'
matK	*matK-xF* 5’-TAATTTACGATCAATTCATTC-3’ *MALPR1* 5’-GTTCTAGCACAAGAAAGTCG-3’
	matK-472F 5′- CCCATTCATCTGGAAATCTTGGTT C-3′ *matK*-1248R 5′- GCTATAATAATGAGAAAGATTTCTGC-3′
	matK-1RKIM-f 5′-ACCCAGTCCATCTGGAAATCTTGGTTC-3′ *matK-3FKIM-r* 5′- CGTACAGTACTTTTGTGTTTACGAG-3′

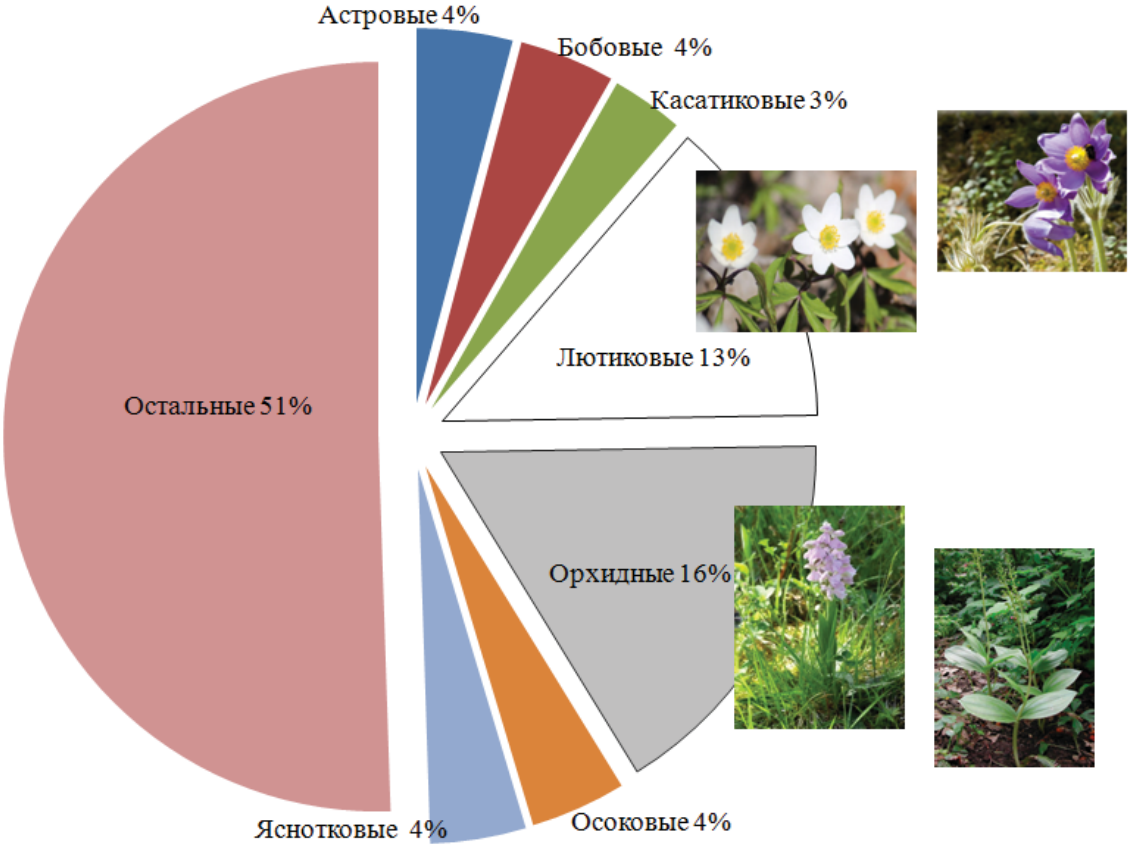
Последовательности всех праймеров и базовые рекомендации по условиям проведения амплификации использовали в соответствии с рекомендациями сайта Международного центра по баркодингу *CCDB (Canadian Centre for DNA Barcoding*) [2]. Амплификацию проводили в термоциклере C1000 Touch Thermal Cycler (BioRad, США); результаты проверяли в 1,5% агарозном геле; продукты амплификации очищали ферментами Exonuclease I и Shrimp Alkaline Phosphatase (Thermo Fisher Scientific, США) согласно рекомендациям производителя. Терминирующая реакция проведена с использованием коммерческого набора Brilliant Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Nimagen, Нидерланды); определение нуклеотидной последовательности выполняли на автоматическом генетическом анализаторе ABI 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems, США); хроматограммы сиквенсов анализировали в программе Sequence Scanner1.0. С помощью модуля ContigExpress Project проводили выравнивание индивидуальных последовательностей каждого растения для получения результирующей (консенсусной) ви-

довой последовательности. Консенсусные последовательности сравнивались с последовательностями ДНК аналогичных видов, хранящимися в международных базах данных *NCBI BLAST* и *BOLD Systems* [3–4]. Подтверждением видовой принадлежности изучаемого растения являлось совпадение на 98–100% нуклеотидных последовательностей, полученных авторами, с аналогичными последовательностями, представленными в доступных базах данных.

Результаты и их обсуждение

В настоящее временя на хранении в Республиканском Банке ДНК находится 698 образцов редких и исчезающих видов растений, из них 314 – образцы ДНК и 384 образца биологического материала. Образцы принадлежат 97 видам растений из 39 семейств, что составляет 50% видов I–IV категорий национальной природоохранной значимости из списка Красной Книги Республики Беларусь. Редкие Цветковые растения в Республиканском банке ДНК представлены 33 семействами, наиболее многочисленны коллекции Лютиковых (11 видов) и Орхидных (16 видов) (рис. 1).

Создание и пополнение коллекции Республиканского банка ДНК биологическим материалом растений осуществляется при содействии специалистов-систематиков из ботанических, учебных и природоохранных учреждений. Заключены договоры о научно-техническом сотрудничестве с научными отделами национальных



51% коллекции ДНК редких растений представлены 1–3 видами из семейств: Кувшинковые, Буковые, Березовые, Зверобойные, Фиалковые, Крестоцветные, Вересковые, Волчеягодниковые, Росянковые, Розоцветные, Рогульниковые, Аралиевые, Сельдереевые, Санталовые, Ремнецветные, Жимолостные, Горечавковые, Бурачниковые, Пузырчатковые, Подорожниковые, Норичниковые, Лобелиевые, Наядовые, Лилейные, Луковые, Касатиковые

51% of the DNA collection of rare plants are represented by 1–3 species from the families: Nymphaeaceae, Fagaceae, Betulaceae, Hypericaceae, Violaceae, Brassicaceae, Ericaceae, Thymelaeaceae, Droseraceae, Rosaceae, Trapaceae, Araliaceae, Apiaceae, Santalaceae, Loranthaceae, Caprifoliaceae, Gentianaceae, Boraginaceae, Lentibulariaceae, Plantaginaceae, Scrophulariaceae, Lobeliaceae, Najadaceae, Liliaceae, Alliaceae, Iridaceae

Рис. 1. Состав коллекций редких растений Республиканского банка ДНК

Fig.1. The composition of the collections of rare plants of the Republican DNA Bank

парков «Нарочанский», «Припятский», «Браславские озера», с «Полесским радиационно-экологическим заповедником».

С 2018 г. ведется регулярное сотрудничество с лабораторией флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси. В ходе полевых экспедиций сотрудники института выполняли научно-исследовательскую работу по комплексной оценке современного состояния избранных популяций дикорастущих видов растений, включенных в Красную Книгу РБ. Были изучены эколого-биологические особенности редких растений на территориях Гомельской, Гродненской, Витебской, Брестской и Минской областей, проведена их инвентаризация и выявление новых мест произрастания. Изучаемые виды в пределах республики распространены крайне неравномерно, у многих наблюдались различия по частоте встречаемости и численности популяций. Всего обследовано 73 популяции 53 охраняемых видов растений, ряд популяций был выявлен впервые. Итогом совместной работы стало депонирование в банк ДНК 159 образцов биологического материала охраняемых растений.

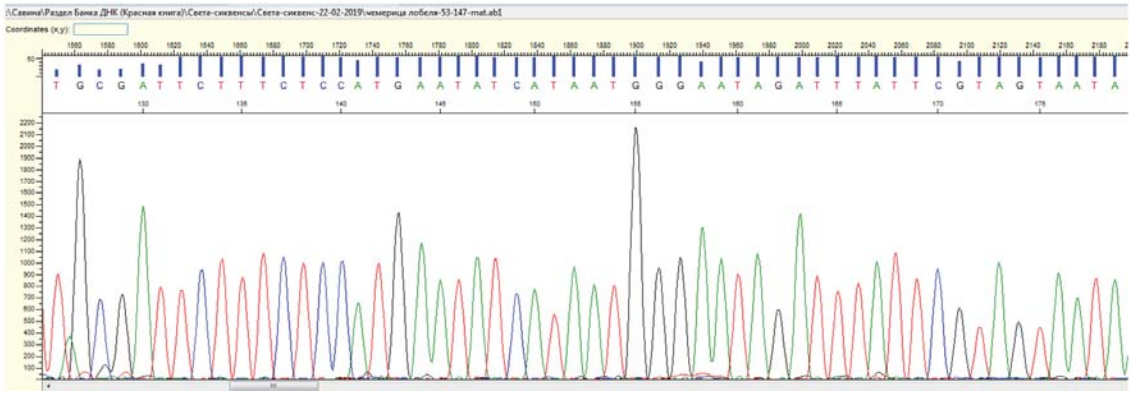
Совместное изучение редкой и охраняемой флоры Брестского региона проводится Республиканским банком ДНК и кафедрой ботаники и экологии биологического факультета Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина начиная с 2017 г. Цель исследований – произвести комплексный мониторинг отдельных видов охраняемых растений в Брестском регионе с использованием современных экологических, картографических и генетических подходов. В настоящее время проанализировано 13 видов редких растений Брестского региона по 14 точкам произрастания, проведены топографические исследования, получены морфологические и геоботанические данные, фотографии объектов и окружения, сгенерированы QR-коды для предоставления генетической информации. Собранная информация размещена в картографическом web-приложении «Редкие растения Брестского региона» [5], которое может представлять интерес для научных сотрудников, преподавателей и студентов-биологов, а также специалистов лесоводческих и природоохранных организаций. Выполнение общей научно-исследовательской работы позволило пополнить коллекции Республиканского банка ДНК 240 образцами ДНК и биологического материала 40 видов охраняемых растений Брестского региона [6–7].

Депонирование образцов ДНК редких видов растений сопровождается их идентификацией молекулярно-генетическими методами. Для подтверждения видовой принадлежности наиболее удобен метод ДНК-штрихкодирования, основанный на секвенировании нуклеодитной последовательности вариабельных таксономически значимых участков, так называемых ДНК-штрихкодов. До настоящего времени не найдено единого участка, универсального для всех растений, поэтому для идентификации видов предлагается более десяти ДНК-штрихкодов, большая часть из которых представляет собой участки хлоропластной ДНК [8]. В своих исследованиях мы ограничились наиболее популярными маркерами, сконструированными с целью улучшения процедуры секвенирования и повышения эффективности генотипирования. Для классификации растений на низких таксономических уровнях наиболее оптимальным считается использование мультилокусных комбинаций двух-трех ДНК-штрихкодов [9]. Сотрудниками Республиканского банк ДНК принято за основу двухлокусное генотипирование с использованием маркеров *ITS2* и *rbcL*. Маркеры *ITS2* и *rbcL* традиционно считаются наиболее информативными, высокая разрешающая способность их совместного применения подтверждалась многократно, в том числе, и при анализе редких видов белорусской флоры [10]. Если результат двухлокусного генотипирования недостаточно информативен, для более полной оценки используются дополнительные хлоропластные маркеры *psbA-trnH* и *matK* [11–12]. Сопровождение образцов редких растений ДНК-штрихкодом дает возможность исключить случаи неверного определения вида и обеспечить контроль чистоты образца.

Стандартный формат результатов ДНК-штрихкодирования представляет собой буквенную последовательность в текстовом формате FASTA, в таком же виде данные доступны и в международных базах данных *NCBI / BOLD.* В базе данных *BOLD* доступны к просмотру результаты и в виде хроматограмм сиквенсов, и в виде «иллюстративных штрих-кодов» (линейных одномерных 1*D*-кодов). Информацию по ДНК-штрихкодированию можно сжать еще больше до актуального сейчас двумерного QR-кода (код быстрого реагирования, Quick Response Code) (рис.2). В QR-код каждого исследуемого образца может быть включена не только генетическая информация, но и дополнительные геоботанические и таксономические сведения. Такой формат представления данных удобно размещать рядом с объектом исследования, например, на гербарном образце. В зависимости от удобства использования, одну и ту же генетичес-

кую информацию можно размещать в разных форматах. В базе данных «Региональная библиотека референсных последовательностей ДНК-штрихкодов», созданной для структурирования и анализа генетической информации по охраняемым видам растений Беларуси, данные представлены в текстовом формате FASTA (см. рис. 2).

ДНК-штрихкодирование редких растений семейств Амариллисовые, Лилейные, Ирисовые и Яснотковые стало темой совместного исследования Республиканского банка ДНК и сотрудников Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан в рамках выполнения международного научно-технического проекта. На основе набора из четырех ДНК-штрихкодов (*ITS2, rbcL, psbA-trnH, matK*), проанализирован материал 12 видов редких растений семейств Амариллисовые, Лилейные, Ирисовые, Яснотковые, произрастающих на территории Республики Беларусь. Секвенированные последовательности на 98–100% совпадают с аналогичными данными в *NCBI* и *BOLD Systems*, что подтверждает эффективность данного метода идентификации. Совместно с узбекскими коллегами выполнено генотипирование представителей 22 видов изучаемых семейств, произрастающих на территории Узбекистана, в числе которых было несколько эндемичных видов. В ходе совместной работы получено 40 консенсусных последовательностей по четырем филогенетически значимым ДНК-штрихкодам, которые были депонированы в международную базу данных GenBank с присвоением идентификационных *ID* номеров (в соавторстве): MW633170–MW633192, MW588812–MW588818, MW858376–MW858379, MW854640–MW854645. Филогенетический анализ девяти представителей рода *Salvia* семейства Lamiaceae, основанный на результатах ДНК-штрихкодирования, соответствовал современному систематическому положению таксонов *Salvia* по их морфологическим признакам. Шалфей луговой (*Salvia pratensis),*



хроматограмма сиквенса

TTATGTGTTAGATCTACTAATACCCTATCCTGTCCACCTGGAAGTYTTGGTTCAAATTCTTCA
ACGGTGGATTCAAGATGTTCCTTCTTTGCATTTATTGCGATTCTTTCTCCATGAATATCATAAT
GGGAATAGATTTATTCGTAGTAATAAATCTATTTACGTTTTTTCAAAAAAAAATAAACGACTA
TTTCAGCTCCTGTATAATTCTTATGTATCTGAATATGAATTTGTATTAGTGTTTCTTCGTAAAC
AATCCTGTCATTTACGATCAACATCTTCTGGAACCTTTCTTGGGCGAAGACATTTCTACGAAA
AAATAGAACATCTTAGAGTTAGAATGGTGTATCATCATTTTTTGCGGAAGGCCCTATCCCTAA
GGTTCTTCAAGGATTCTTTCATGCATTATATTCGATATCAAGGAAAAGCAATTCTGGCTTCAA
AGGGGACTCATCTTCTGATAAAGAAATGGAAATGTTACCTTGTCAATTTCTGGCAATATAATT
TGAACTTTTGGTCTCAACCATATAGGGTCCATATAAACCAATTATCAAATTATTCCTTTTTTTT
TCTGGGGTATATTTCAAGTGTACTAATAAATACCTCGGCGATAAAGAATCAAATGCTAGAAA
ATTCATTTCTAGTATATACTGTTACTAATAAATTTGATACGATAGTCCCAGTAATTCCTCTTAT
TGGATCGTTGTCTAAAGCGAAATTTTGTACCGTATCCGGTCATCCTATTAGTAAGCCGATCTG
GGCCGATTTATCAGATTCTGATATTATTGATCGATTTGGTAGGATATGTAGAAATCTTTCTCA
TTATTACAGTGGATCTTCAAAAAAAACAARAGTTTGT

формат FASTA

QR-code

линейный одномерный

Рис. 2. Форматы представления маркерной последовательности *matK* для чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum*)

Fig. 2. Marker sequence *matK* for (*Veratrum lobelianum*)

единственный охраняемый вид шалфея на территории Беларуси, вместе с шалфеем колючим (*S. spinosa*) и шалфеем мускатным (*S. sclarea*) из флоры Узбекистана, составили отдельную группу представителей подрода *Sclarea*, для которой характерен широкий ареал распространения, в отличии от остальных видов *Salvia.* Иерархическая кластеризация, отражающая филогенетические взаимоотношения между видами рода *Tulipa* семейства Liliaceae*,* произрастающими в Узбекистане*,* также совпала с положениями современной систематики. Тюльпан лесной *(Tulipa Sylvestris)* – адвентивный элемент флоры Беларуси, редкий, высоко декоративный натурализовавшийся вид, и *T. bifloriformis* (тюльпан ложнодвуцветковый) отделились в самостоятельный кластер, при этом сохраняя между собой генетическую обособленность [13–15].

В составе коллекций дикорастущих растений Республиканского банка ДНК находится ДНК и биоматериал инвазивных видов рода Борщевик (*Heracleum)*. Большое внутривидовое разнообразие *Heracleum* и способность к спонтанной межвидовой гибридизации затрудняют оценку генетического разнообразия популяций, распространившихся на территории республики Беларусь [16]. В рамках сотрудничества с биологическим факультетом Витебского государственного университета имени П. М. Машерова проведена генетическая идентификация образцов из коллекций Банка ДНК для уточнения таксономического статуса встречающихся форм борщевиков. Информативными маркерами в данном исследовании оказались *ITS2* и *psbA-trnH.* Выделены формы, генетически близкие к видам *Heracleum mantegazzianum, H. sosnowskyi* и *H.* s*phondylium.*

Все нуклеотидные последовательности, полученные в ходе генотипирования редких видов растений методом ДНК-штрихкодирования, аккумулируются в «Региональной библиотеке референсных последовательностей ДНК-штрихкодов» Республиканского банка ДНК с целью сбора, структурирования и анализа генетической информации. Наряду с существованием баз данных с открытым доступом *(BOLD Systems, NCBI BLAST*), предоставляющих возможности для проведения исследований, создание собственных цифровых ресурсов является актуальной задачей. Локальная база данных позволяет накапливать, хранить, при необходимости передавать информацию о текущем состоянии местных объектов растительного мира, проводить сравнительный анализ растений из разных регионов произрастания. В случае ограничения доступа к международным базам данных или отсутствия в них отдельных маркеров, локальная референсная библиотека даст возможность проводить идентификацию видов самостоятельно.

Заключение

Таким образом, Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов является активно развивающимся биодепозитарием, одно из направлений деятельности которого – инвентаризация генетических ресурсов нашей страны на основе современных методов молекулярной биологии. Сотрудничество с рядом научных и учебных заведений стало основой исследовательской работы, цель которой состоит в комплексном мониторинге редких и исчезающих видов растений, создании коллекций биологического материала и базы данных генетической информации той части белорусской флоры, которая нуждается в особом внимании и охране. Республиканский банк открыт для совместной работы в рамках выполнения научных проектов и программ.

Литература

1. Березина, Г. М. Организация биобанка ДНК и его роль в научных исследованиях / Г. М. Березина [и др.] // Science & Healthcare. – 2021. – Vol. 23, N4. – С. 208–217.

2. The Canadian Centre for DNA Barcoding [Electronic resource] – Mode of access: http://ccdb.ca. – Date of access: 03.10.22.

3. National Center for Biotechnology Information [Electronic resource] – Mode of access: 8https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi. – Date of access: 03.10.22.

4. Barcode of Life Data System v4 [Electronic resource] – Mode of access: https://www.boldsystems.org/index.php/databases. – Date of access: 03.10.22.

5. Редкие растения Брестского региона [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://arcg.is/8XDO1.

6. Колбас, А П. Изучение редких растений в Брестском регионе: экологические, картографические и генетические аспекты. А П. Колбас [и др.] // Ботанические чтения: Материалы республиканской науч. конф. (Брест, 25 февраля 2021 г.). Брест, 2021. С. 206–210.

7. Колбас, А. П. Эколого-генетическая инвентаризация отдельных видов охраняемых растений Брестского региона Колбас А. П. [и др.] // Веснік Брэсцкага универсітэта. – 2021. – Т.2. – С. 34–41.

8. Heckenhauer, J. Universal multiplexable matK primers for DNA barcoding of angiosperms / J. Heckenhauer, M. H. J. Barfuss, R. Samuel // Applications in Plant Sciences. – 2016. – Vol. 4(6): doi:10.3732/apps.1500137.

9. Kress, W. J. DNA barcodes: methods and protocols / W. J. Kress, D. L. Erickson (eds.) // Methods in Molecular Biology, vol. 858. – New York: Humana Press, 2012. – 470 p.

10. Makeyeva, E. N. DNA Barcoding Technology in Belarus: Prospects and Needs / E. N. Makeyeva [et al.] // Молекулярная и прикладная генетика. – 2019. – Т.27. – С.17–23.

11. Kress, W. J. A two-locus global DNA barcode for land plants: the coding rbcL gene complements the non-coding trnH-psbA spacer region / W. J. Kress, D. L. Erickson // PLoS One. – 2007. – Vol. 2(6). – e508. doi:10.1371/journal.pone.0000508.

12. Yu, J. New universal matK primers for DNA barcoding angiosperms / J. Yu, J-H. Xue, S-L. Zhou // Journal of Systematics and Evolution. – 2011. – Vol. 49(3). – P. 176–181.doi: 10.1111/j.1759-6831.2011.00134.x.

13. Никитина, Е. В. Экологический мониторинг редких видов рода Salvia (Lamiaceae) флоры Узбекистана с использованием ДНК-штрихкодирования / Е. В. Никитина [и др.] // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: Материалы IV междунар. науч.-практ. Конференции (Минск, 31 мая, 2021). Минск, 2021. – С.146–150.

14. Nikitina, E. V. Inventory of some *Tulipa* species from Uzbekistan using DNA barcoding / E. V. Nikitina [et al.] // Northern Asia plant diversity: current trends in research and Conservation: International scientific conference (Novosibirsk, September 6–12, 2021). Novosibirsk, 2021. https://doi.org/10.1051/bioconf/20213800086.

15. Никитина, Е. В. Идентификация видов *Salvia* флоры Узбекистана с использованием ДНК-маркеров / Е. В. Никитина [и др.] // Проблемы и перспективы изучения биоразнообразия растительного мира в Центральной Азии: Междунар. науч.-практ. конф. (Ташкент, 20–22 апреля, 2021). Ташкент. 2021. https://botany.uz/ru/2022/03/10.

16. Ламан, Н. А. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский; Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 40 с.

Поступила в редакцию 03.10.2022 г.

БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ
BOTANICAL DISCOVERIES

УДК 582.572 (476)

Д. В. ДУБОВИК, С. С. САВЧУК, А. Н. СКУРАТОВИЧ, В. Н. ЛЕБЕДЬКО

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ К РАСПРОСТРАНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

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

Аннотация. Приведены данные о новых для флоры Беларуси адвентивных и аборигенных видах сосудистых растений, указаны впервые выявленные местонахождения некоторых охраняемых и редких видов. Многие новые местонахождения видов приведены для относительно слабо изученных во флористическом отношении административных районов Беларуси. Указаны также новые для флоры республики гибридные таксоны (*Cirsium* x *moravicum*, *Aster* x *patulus*) и др. Описан новый для науки нототаксон из рода *Potentilla* L. – *Potentilla* × *belorussica* D. Dubovik et S. Savczuk nothosp. nov.

Ключевые слова: флора, редкие и охраняемые виды растений, адвентивные растения.

D. V. DUBOVIK, S. S. SAVCHUK, A. N. SKURATOVICH, V. N. LEBEDKO

NEW MATERIALS FOR THE DISTRIBUTION OF SOME RARE AND PROTECTED SPECIES OF VASCULAR PLANTS IN BELARUS

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

Annotation. The data on adventive and aboriginal species of vascular plants, new to the flora of Belarus, are given, the newly discovered localities of some protected and rare species are indicated. Many new species localities are given for relatively poorly studied floristically administrative regions of Belarus. Hybrid taxa (*Tragopogon* × *crantzii*, *Potentilla* × *angarensis*), etc., new to the flora of the republic, are also indicated. We have given description a new for science nothotaxon from the genus *Potentilla* L. – *Potentilla* × *belorussica* D. Dubovik et S. Savczuk nothosp. nov.

Keywords: flora, rare and protected plant species, adventive plants.

Введение

В публикации мы продолжаем обобщать результаты полевых флористических исследований авторов за последние годы, коллег биологов, а также результаты критического изучения коллекций Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK). Приводятся местонахождения некоторых редких и охраняемых видов растений в пределах страны и данные о новых для Беларуси таксонах, которые обнаружены в качестве аборигенных, культивируемых и заносных. Некоторые новые местонахождения видов сосудистых растений приведены для относительно слабо изученных в флористическом отношении административных районов Беларуси. Данная информация дополняет известные сведения о распространении в стране и частоте встречаемости некоторых редких видов растений, актуальна для готовящихся к изданию томов «Флоры Беларуси», «Красной книги Республики Беларусь» и других подобных изданий.

Материалы (объекты) и методы исследования

Исследования проводились традиционным маршрутным методом по всей территории Беларуси. Перечень видов дается согласно Определителю высших растений Беларуси [1]. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [2], частично с некоторыми изменениями, которые опубликованы в недавнее время в различных научных изданиях. Все гербарные сборы приведенных в статье видов хранятся в Гербарии ИЭБ НАН Беларуси (MSK – V). За редким исключением виды приведены на основании личных наблюдений авторов или их коллег.

Результаты и их обсуждение

Далее приводятся конкретные местонахождения выявленных в республике видов сосудистых растений с краткой аннотацией и критическими замечаниями к ним если это необходимо.

Equisetum variegatum Schleich. ex Web. et D. Mohr – Сенненский р-н, окр. д. Чутьки, 0,8 км к ЮЮВ, по склонам ж.д. насыпи, очень часто, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 06.06.2022; Светлогорский р-н, окр. п. Сосновый Бор, 2,5 км к З, песчаный берег Светлогорского водохранилища, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2022. Здесь же по берегам водохранилища найдены *Oenothera depressa* Greene, *Scirpus radicans* Schkuhr, *Salvinia natans*, *Utricularia australis* R. Br., *U. minor* L.

Salvinia natans (L.) All. – Светлогорский р-н, окр. д. Здудичи, 2,2 км к ВСВ, старичное озеро Селище на левобережье р. Березины, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2022; Светлогорский р-н, окр. д. Самораж, 0,3 км к В, в оз. Большое, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2022 (здесь же у озера отмечены *Dentaria bulbifera, Cardamine impatiens* L.).

Ranunculus × malomvolgyensis Nyár. (*R. bulbosus* L. × *R. polyanthemos* L.) –Глубокский р-н, д. Ореховно, Глубокский дендропарк, под пологом насаждений, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, А. Саулов, 02.06.2021, опр. В. Лебедько.

Растения гораздо более высокие, чем *R. bulbosus*, с крупными цветками, чашелистики распростертые или слегка вниз отогнуты, луковицеобразное утолщение стебля слабое.

Pulsatilla pratensis (L.) Mill. – Светлогорский р-н, окр. д. Здудичи, 3,3 км к В, сосняки мшистые по дюнам, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2022. Здесь же отмечены *P. patens* (L.) Mill., *Atocion lithuanicum* (Zapal.) Tzvel.

Новый вид для Светлогорского р-на [3].

Urtica kioviensis Rogow. – Светлогорский р-н, окр. д. Искра, у СЗ окраины, ольс осоковый, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2022. Здесь же по широколиственным лесам найдены *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichnb., *P. × graebneri* (M. Schulze) Domin, *Drymochloa sylvatica* (Poll.) Holub, *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Cardamine flexuosa* With., *Dentaria bulbifera* L.

Amaranthus powellii S. Wats. – Ивацевичский р-н, окр. г. Ивацевичи, у З окраины, городской полигон ТБО, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, 03.10.2022; Дрогичинский р-н, окр. д. Сёмоновщина, у С окраины, городской полигон ТБО, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, 05.10.2022 (здесь же отмечены *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC., *Brassica juncea* (L.) Czern., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.); Ивановский р-н, окр. д. Снитово, 1,2 км к ЮВ, городской полигон ТБО, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, 05.10.2022.

В последние годы наблюдается прогрессивное распространение этого вида на полигонах ТБО.

Fallopia × heterocarpa (Beck) Doweld (*F. convolvulus* (L.) A. Love × *F. dumetorum* (L.) Holub) – Витебская область, Оршанский р-н, д. Межево, в старом парке, в кустарниках по берегу пруда, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, 11.08.2021.

Довольно редкий гибрид, который не указывался для флоры Беларуси. Он имеет плоды б.м. крылатые у основания плодоножки и вблизи её верхушки, их крылья часто не сходятся и не переходят на плодоножку, плоды завязываются обычно слабо. Стебли, листья и плоды с редкими папиллами, более частыми у узлов, плодоножки короткие, слабо заметны.

Hypericum majus (A. Gray) Britton – Светлогорский р-н, окр. г. Светлогорск, 1,8 км к Ю, зарастающий песчано-гравийный карьер, часто. Здесь же отмечены *Drosera intermedia* Hayne, *Lycopodiella inundata* (L.) Holub, *Juncus bulbosus* L., *Carex viridula* Michx., *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn.

Reseda lutea L. – Светлогорский р-н, окр. д. Печищи, 2,6 км к В, по ж.д. насыпи, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 20.06.2022.

Tamarix ramosissima Ledeb. – Дрогичинский р-н, окр. д. Сёмоновщина, у С окраины, гордской

полигон ТБО, единично, Д. Дубовик, С. Савчук, 05.10.2022.

Дичание вида отмечено впервые для Беларуси.

Salix daphnoides Vill. × *S. acutifolia* Willd. – Глубокский р-н, окр. д. Слобода 2 км к СВ, хут. Каляпки, оз. Долгое, полуостров впадающий в озеро, в культуре, Г. Вынаев, А. Равинская, Л. Мержвинский, 12.07.1985.

Данный гибрид указывается впервые для флоры Беларуси. Он известен как культивар 'Paschal' и имеет листья б.м. постепенно заостренные, прилистники яйцевидные, туповатые или острые (не ланцетные как у *S. acutifolia*).

Rhododendron × *fraseri* W. Watson (*R. japonicum* (A. Gray) J.V. Suringar. × *R. canadense* (L.) Torr.) – Смолевичский р-н, окр. д. Волма, 2,5 км к ЮЮЗ, выращивается как декоративное растение на дачных участках, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, В. Лебедько, 24.07.2020.

Цветки этого гибрида схожи с *R. canadense* – нижние лопасти рассечены почти до основания, верхние сросшиеся, лепестки шире, до 1–1,3 см шир. и 4,5 см дл., пурпурные, листья 4–6 см дл. и 1,7 см шир., узко-обратнояйцевидные, снизу серовато-сизые, с б.м. отогнутым краем.

Androsace elongata L. – Лунинецкий р-н, окр. г. Лунинец, к Ю, по щебенистой ж.д. насыпи, изредка, 16.06.2021, Д. Дубовик, С. Савчук.

Ранее этот вид собирался в г. Бресте в 2010 г. (KW, MSK). Редкий заносный вид, который появился недавно во флоре Беларуси.

Daphne arbuscula Čelak. – Гомельский р-н, д. Высокая Грива, Поколюбичского с/с, выращивается как декоративное у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, 05.07.2021.

Новый культивируемый вид. Листья до 2–2,2 см дл. и 7–(8) мм шир., цветы розовые, лепестки закругленные, листья сверху (особенно верхние) с довольно частыми беловатыми щетинками.

Daphne × *schlyteri* C.D. Brickell et A.R. White (*D. cneorum* L. × *D. arbuscula*) – Гомельский р-н, д. Высокая Грива, Поколюбичского с/с, выращивается как декоративное у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, 05.07.2021.

Новый культивируемый гибрид. Цветы сиреневые, л. до 2,5 см дл. и 3–4 мм шир., на конце с коротким оттянутым кончиком (у *D. cneorum* – они закругленные или даже слегка выемчатые).

Ribes × *hougtonianum* Jancz. (*R. rubrum* L. × *R. spicatum* E. Robson). По гербарным данным известен из окр. д. Липа Буда-Кошелевского р-на, окр. д. Хотислав Малоритского р-на, окр. д. Поречье Пинского р-на, окр. д. Карасино Браславского р-на, окр. д. Вулька Телеханская Ивацевичского р-на, окр. окр. д. Лимень Чериковского р-на, окр. г. Мозырь, окр. дд. Петришки, Прилуки, Лусково и Рогово Минского р-на, окр. д. Подлесная Молодечненского р-на, окр. д. Вяжище Наровлянского р-на, окр. д. Чернейки Речицкого р-на, окр. д. Воронча Кореличского р-на, окр. д. Рынковцы Гродненского р-на.

Данный гибрид встречается довольно часто, особенно в культуре, нередко дичает (преимущественно с 1980-ых гг.) по опушкам лесов, полянам, у лесных дорог, пустошам, у жилья, в кустарниках. Чашелистики по краю голые, налегают друг на друга и без заметной выемки, иногда некоторые с красноватыми пятнышками, цветоножки голые или с редкими железками (ось соцветия также с редкими волосками), цветков 10–15, кисти поникающие. Лопастей листьев обычно 3, на конце они широко треугольные или треугольные. Взрослые листья снизу с рассеянными или редкими волосками и единичными железками, сверху долго остаются с красноватыми пятнами, нижние лопасти б.м заметно вниз отклоненные, молодые побеги и почечные чешуи слегка опушенные. Черешки с почти сидячими железками и простыми волосками. Доли пыльников заметно расходящиеся вверху и внизу или по всей длине.

Ribes × *pallidum* Otto et Dietr. (*R. petraeum* Wulfen × *R. spicatum*). По гербарным данным известен из окр. д. Житьково Борисовского р-на, в окр. д. Германовщина Глубокского р-на, в окр. д. Лютка Смолевичского р-на, в окр. д. Жуков Луг Минского р-на, окр. д. Журавлель Чериковского р-на, в окр. д. Волма Дзержинского р-на, в г. Несвиже.

Данный гибрид встречается нередко в культуре, а также изредка одичавшим (преимущественно с 1990-ых гг.) по опушкам лесов, полянам, у лесных дорог, у жилья, в кустарниках. Черешки листьев по всей длине умеренно опушены длинными железистыми волосками, почечные чешуи голые или слабо опушенные. Листья до 8 см шир., взрослые снизу опушенные преимущественно по жилкам и с длинными железистыми волосками, чаще пятилопастные, лопасти узкие, треугольные, нижние отходят почти горизонтально. Чашелистики раскрытого цветка касаются друг друга – не прозрачные, лепестки более 1 мм шир., чашелистики по краю реснитчатые, с красноватыми пятнами, нередко сами красноватые, цветоножки с железками и частыми простыми волосками, прицветники опушенные.

Hydrangea arborescens L. – Оршанский р-н, окр. г. Орша, у 0,6 км к В, левобережье р. Днепр, суборь мшистая, сорное место у дороги, дичает, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 24.08.2022.

Hydrangea serrata (Thunb.) Ser. (*H. macrophylla* (Thunb.) Ser. subsp. *serrata* (Thunb.) Makino) – гг. Брест, Гомель, Орша, Слуцк, Дрогичин, Вилейка, Полоцк, Барановичи, Миоры, окр. д. Петришки Минского р-на, г.п. Плещеницы Логойского р-на, окр. д. Ганута Червенского р-на, г.п. Антополь Дрогичинского р-на, п. Снов Несвижского р-на, д. Жиличи Кировского р-на, г.п. Лиозно.

В отличие от *H. macrophylla* листья и цветы мельче. Листья от овальных до ланцетных (не широко яйцевидные), 5–15 см дл. и 2–10 см шир., более тонкие, на конце с хвостовидной верхушкой, редко прижато опушеннные с обеих сторон (а не голые или слегка опушенные снизу), центральные цветы обычно бесплодные, коробочки короче, 3–4 мм дл. (включая столбики). Выращивается в Беларуси с 2012 г. Также с 2012 г. в культуре выращивается и *H. sargentiana* Rehd., которая отмечена в гг. Витебск, Гомель, Могилев, Брест, Волковыск, Кричев, Кобрин, Речица, Полоцк, Новополоцк и окр. Минска. Она имеет лиловые плодущие цветки, довольно сильно опушенные листья, веточки и цветоножки, основание листа отчетливо округлое или обрубленное.

Hylotelephium sieboldii (Regel) H. Ohba – Логойский р-н, г.п. Плещеницы, выращивается как декоративное растение, редко, Д. Дубовик, В. Лебедько, 23.05.2022. Здесь же в культуре отмечены *Hutchinsia alpina* R. Br., *Syringa meyeri* C. K. Schneid., *Kalmia latifolia* L., *Polemonium yezoense* (Miyabe et Kudô) Kitam., *Alchemilla conjuncta* Bab., *A. erythropoda* Juz., *Armeria juniperifolia* (Vahl) Hoffmanns. et Link, *Aesculus pavia* L., *Leucothoë fontanesiana* (Steud.) Sleumer.

Saxifraga tridactylites L. – Лидский р-н, окр. д. Островля, 0,2 км к В, по насыпи узкоколейной ж.д., часто, Д. Дубовик, С. Савчук, Ю. Квач, 10.05.2022; Волковысский р-н, окр. д. Личицы, 1 км к СВ, по склону ж.д. насыпи, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 13.05.2022; Волковысский р-н, окр. г.п. Россь, 2 км к С, по склону ж.д. насыпи, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 13.05.2022 (здесь же отмечены *Androsace septentrionalis* L., *Vicia lathyroides* L., *Oxytropis pilosa* (L.) DC.); Волковысский р-н, окр. д. Замостяны, 0,3 км к СВ, у проселочной дороги, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 13.05.2022.

Alchemilla baltica Sam. ex Juz. – Житковичский р-н, окр. д. Старушки, вблизи станции, закустаренная влажная луговина у ж.д., изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, 17.06.21.

Указана впервые для Гомельской области.

Fragaria × *intermedia* (Bach) Beck (*F. moschata* Duch. × *F. vesca* L.) – Гомельский р-н, окр. д. Студеная Гута, 1,9 км к С, кв. 321 Терюхского л-ва, справа от шоссе Гомель-Чернигов, сосняк мшисто-орляковый у шоссе, небольшая группа среди родительских видов, Д. Дубовик Д.В., В. Лебедько, А. Скуратович, А. Саулов, 29.06.2021.

Аллопентаплоид, имеет более высокие стебли, чем у *F. vesca* (около 30 см выс.); волоски на стеблях прижаты или направлены вверх под углом, цветоножки с прижатым опушением, черешки листьев с горизонтальным опушением, иногда волоски отогнуты вниз, но не очень густые, жилки снизу с направленными вверх волосками, лишь внизу волоски оттопырены. Чашелистики отогнуты от плодов.

Potentilla × *angarensis* Popov (*P. argentea* L. × *P. tergemina* Sojak) –Оршанский р-н, г. Орша, вблизи ж.д. станции, вдоль ж.д. полотна, группами на площади 2 х 5 м, Д. Третьяков, 18.09.1986, опр. J. Sojak; г. Орша, вблизи ст. Орша-Центральная, по ж.д. насыпи, изредка, Д. Дубовик, 17.06.2003.

Данный нототаксон отличается от близкой *P.* × *omissa* оттопыренно-опушенными черешками листьев.

Potentilla × *belorussica* D. Dubovik et S. Savczuk **nothosp. nov.** (*P. thuringiaca* Bernh. × *P. erecta* (L.) Raeusch.) – Витебская область, Докшицкий р-н, окр. п. Крулевщина (Крулевщизна), 0, 5 км к к СВ, слева от ж.д. Крулевщина-Подсвилье. В полосе отчуждения ж.д., влажный луг, небольшая группа, совместно с P. *thuringiaca*, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Саулов, 01.06.2021, № 329, MSK.

The rhizome is vertical and slightly thickened. The stems are quite densely covered (as in *P. thuringiaca*) semi-appressed and recurved, but more often directed upwards simple and slightly crisped hairs of different lengths. They are green below, in the middle part with a reddish tinge. Basal leaves are poorly developed, with 3 leaflets. Stem leaves with 3–4 teeth on each side, prominently veined below and dull green, with fairly dense and long setose-like hairs along the veins, above with scattered long hairs along the veins. Stems densely leafy, like *P. erecta*, with 4–5 leaflets. Petals 4–6 per plant. Sepals with fairly frequent and long setose hairs.

Holotype: «Belarus, Vitebsk region, Dokshitsy district, around of the township of Krulevshchina (Krulevshchizna), 0.5 km to the NE, to the left of the railway Krulevshchina-Podsvilie. In the around railway lane, wet meadow, small group, together with *P. thuringiaca*, 11.07.2016, D.V. Dubovik, S.S. Savchuk, A.O. Saulov, MSK, №. 329».

Корневище вертикальное и слегка утолщенное. Стебли довольно густо покрыты (как у *P. thuringiaca*) полуприжатыми и оттопыренными, но чаще направленными вверх простыми и слегка извилистыми волосками разной длины. Они зеленые внизу, в средней части с красноватым оттенком. Прикорневые листья развиты слабо, с 3 листочками. Стеблевые листья с 3–4 зубцами с каждой стороны, снизу с выступающими жилками и тускло-зеленые, с довольно частыми и длинными щетинковидными волосками по жилкам, сверху с рассеянными длинными волосками по жилкам. Стебли густо облиственные, как у *P. erecta*, с 4–5 листочками. Лепестков 4–6 на одном растении. Чашелистики с довольно частыми и длинными щетинистыми волосками.

Голотип: «Беларусь, Витебская область, Докшицкий р-н, окр. п. Крулевщина (Крулевщизна), 0,5 км к СВ, слева от ж.д. Крулевщина-Подсвилье. В полосе отчуждения ж.д., влажный луг, небольшая группа, совместно с *P. thuringiaca*, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Саулов, 01.06.2021, MSK, № 329».

Данный гибрид не был описан в качестве отдельного нототаксона с бинарным названием. Растения встречались в смешанных популяциях аборигенного вида – *P. erecta* и, растущего совместно с ним адвентивного растения – *P. thuringiaca.* Внешне они сразу отличались от *P. erecta* венчиками то с 4, то с 5 или даже 6 лепестками и заметно опушенными стеблями.

Potentilla longipes Ledeb. × *P. argentea* – Минская область, Любанский р-н, дорога от м. Любань к совхозу «10 лет БССР», 27.05.1950, В. Михайловская, опр. J. Sojak, 1991.

Potentilla × *omissa* Sojak (*P. argentea* × *P. multifida* L.) – Гомельская обл., Октябрьский р-н, п. Рабкор, территория вблизи ж.д. станции, по пустоши у ж.д. насыпи, изредка, Д. Дубовик, А. Скуратович, 29.05.2019.

Внешне этот нототаксон напоминает *P. argentea*, но листья с 6–8 листочками (не 5), листочки с более узкими и длинными зубцами, иногда основные зубцы с дополнительными зубчиками, зубцов по краю 2–3 с каждой стороны, опушение на черешках прижатое.

Prunus glandulosa Thunb. (*Cerasus glandulosa* (Thunb.) Sokolov, ?nom. illeg.) Витебский р-н, г. Витебск, выращивается как декоративное у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, 11.08.2021.

Новый культивируемый таксон. В отличие от *P. japonica* Thunb. имеет ланцетные или обратноланцетные листья (не яйцевидные), завязь голая (а не опушенная, а затем голая). Прилистники крупные, часто раздвоенные, с несколькими крупными лопастями и зубчиками с железкой, лист до 6 см дл., черешки 2–4 мм дл.

Sanguisorba obtusa Maxim. – Дятловский р-н, п. Новоельня, выращивается как декоративное растение, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 14.05.2022. Здесь же отмечены *Meum athamanticum* Jacq., *Hieracium glaucinum* Jord., *Luzula nivea* (Natth.) DC.

Sorbaria tomentosa (Lindl.) Rehder – Минский р-н, г. Минск, Лошицкий парк, ул. Якубова, левобережье р. Свислочь, одичавшие посадки Е. Юрченко, 30.08.1991, MSK.

Новый вид для флоры Беларуси. Отличается от широко распространенного и инвазионного вида *S. sorbifolia* (L.) A. Br. голыми завязями, очень редко они с немногочисленными простыми волосками (не прижато опушенные). Чашелистики тупые, шире своей длины, голые (не острые, длиннее своей ширины). Тычинок обычно 20, соцветие и сами цветки чаще поникающее (у *S. sorbifolia* тычинок больше, соцветие прямостоячее).

Sorbus cashmiriana Hedl. – Витебский р-н, г. Витебск, выращивается как декоративное растение у жилья, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 11.08.2021.

Новый для флоры страны интродуцированный вид растений. В культуре известен с 2018 г. Листочки непарноперистые, с 8–9 парами, плоды белые.

Epilobium × *haussknechtianum* Borbás. (*E. tetragonum* L. × *E. montanum* L.) – Свислочский р-н, окр. д. Жарковщина, 2 км к СВ, кв. 32 Бровского л-ва, С. Углянец, 07.2017.

Данный гибрид имеет довольно длинные, ланцетные листья, с частыми зубцами, округлые у основания, часто с небольшим черешком, они от оттопыренных в сторону до вверх направленных, почти голые, с редким опушением по краю и жилкам снизу; стебель цилиндрический с четкими или неясными гранями, вверху их 2–4, с редким прижатым опушением вверху; бутоны густо опушенные лишь в нижней части (у *E. tetragonum* целиком), рыльце неявно раздельное на четыри части.

Epilobium lamyi F.W. Schultz – Крупский р-н, окр. д. Нача, 1,5 км к ВЮВ, на вырубке, 29.07.2021, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько.

Растения, в отличие от близкого *E. tetragonum* с выраженными черешками нижних листьев, матовыми листьями, опушенными по черешкам и по краю листа серповидными волосками, более крупными цветками и яйцевидными бутонами,

сужающимися к верхушке, ветвящимися преимущественно в нижней части побегами. Новый адвентивный вид растений.

Trapa natans L. – Светлогорский р-н, окр. д. Стужки, 0,4 км к С, в старичном озере, изредка, Д. Дубвоик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2022; Петриковский р-н, окр. д. Лясковичи, 1–3 км к ЮЗ, левобережная пойма р. Припять, в старичных озерах, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 09.08.2022. Здесь же в пойме отмечены *Bidens radiatus* Thuill., *Melampyrum cristatum* L.

Geranium pyrenaicum Burm. fil. – Витебский р-н, г. Витебск, ул. 6-ая Загородная, сорное у жилья, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 09.06.2022.

Редкое заносное растение, для Витебской области указывается впервые.

Geranium tuberosum L. – Волковысский р-н, г. Волковыск, выращивается как декоративное растение у жилья, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 11.05.2022. Здесь же в культуре отмечены *Geranium maculatum* L., *Arum italicum* Mill., *Corydalis bracteata* (Stephan) Pers, *C. cheilanthifolia* Hemsl., *C. flexuosa* Franch. × *C. omeiana* (C.Y. Wu et H. Chuang) Z.Y. Su et Lidén, *C. temulifolia* Franch., *Skimmia japonica* Thunb., *Persicaria microcephala* (D. Don) H. Gross.

Pulmonaria angustifolia L. – Светлогорский р-н, окр. г. Светлогорск, 1, 2 км к Ю, сосняки с березой орляково-ландышевые, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 23.06.2022. Здесь же отмечены *Hierochloë australis* (Schrad.) Roem. et Schult., *Centaurea phrygia* L., *Laserpitium prutenicum* L., *Cruciata verna* (Scop.) Gutermann et Ehrend., *Genista germanica* L., *Carex montana* L.

Lycopus × *sherardii* Steele (*L. uniflorus* Michx. × *L. virginicus* L.) – известен из окр. г. Ганцевичи [4–6].

Ранее он указывался для Беларуси, как *L. virginicus* или *L. uniflorus*, но высказывалось предположение, что растения могут представлять из себя гибриды [4]. Наши исследования гербарных образцов и их сравнение с американскими сборами позволило установить, что это гибридные особи. Они имеют чашечку четырехраздельную, как у *L. virginicus*, стебли заметно и б.м. часто опушенные, многие листья с заметными и крупными черешками, даже в соцветии, клубеньки у основания стебля слабые, листья со слабым опушением снизу и опушенные сверху, тычинки заметно выдвинуты из околоцветника.

Salvia hispanica L. – Добрушский р-н, окр. г. Добруш, 0,6 км к З, городской полигон ТБО, единично, Д. Дубовик, А. Скуратович, 15.09.2022; Пинский р-н, окр. п. Городище, 1,7 км к С, городской полигон ТБО, единично, Д. Дубовик, С. Савчук, 06.10.2022.

Новый адвентивный вид для флоры Беларуси. Родина растения – Центр. Америка, где он называется чиа. В последние годы из-за богатых маслом семян он стал продаваться как «суперпродукт» для здорового питания и местами дичает по свалкам мусора в Европе, например, в Швеции [7]. У нас растение не цветет, как и в Швеции.

Salvia pratensis L. – Светлогорский р-н, окр. д. Стужки, коренной правый берег р. Березины, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 22.06.2022.

Viburnum × *burkwoodii* Burkwood et Skipwith (*V. carlesii* Hemsl. x *V. utile* Hemsl.) Burkwood et Skipwith) – Лоевский р-н, г. Лоев, в посадках вблизи площади у каплицы, Дубовик, Третьяков, 21.08.2008. Также известен в г. Витебске, д. Кучкуны Воложинского р-на, г. Бресте.

Новый культивируемый таксон.

Viburnum farreri Stearn – по гербарным данным известна из гг. Минска, Витебска, Бреста, в окр. д. Принеманская Гродненского р-на.

Данный таксон схож с *V.* × *bodnatense* Aberc., но у него листья снизу б.м. опушеные (а не почти голые и лишь в углах жилок с опушением), боковых жилок 6–9(не до 6–7).

Gentiana cruciata L. – Миорский р-н, окр. д. Горки 1-ые, 0,4 км к ЮВ, склон террасы к р. Дисна, редко, Д. Дубовик, В. Лебедько, 24.05.2022.

Syringa meyeri C. K. Schneid. – Шумилинский р-н, ст. Ловша, в декоративных посадках у ж.д. станции, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 08.06.2022.

Aster pilosus Willd. (*A. ericoides* auct. non L.) – Березовский р-н, д. Шилин,

выращивается как декоративное растение у жилья, редко, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько, 03.08.2020. Также этот вид известен в гг. Гродно, Минске, Гомеле, Лида, Речица, Пинск, Слуцк, Миоры, Мосты, Витебск, Бобруйск, Полоцк, Копыль, Брест, Волковыск, окр. д. Макаровцы Берестовицкого р-на, окр. д. Петришки Минского р-на, окр. д. Вел. Михайлов Шкловского р-на, д. Черемушки Могилевского р-на, окр. д. Волма Смолевичского р-на, д. Высокая Грива Поколюбичского с/с Гомельского р-на, г.п. Плещеницы Логойского р-на, д. Еленец Буда-Кошелевского р-на.

В садоводческой литературе и питомниках этот вид обычно неправильно фигурирует под названием *A. ericoides* [8]. *A. pilosus* var. *pilosus* отличается от *A. ericoides* более крупными головками цветков, язычковые цветки и листочки

обертки длиннее (на конце без заостренного беловатого шипика, хотя из-за изогнутых верхушек они могут казаться очень острыми).

Aster racemosus Elliott (*Symphyotrichum racemosum* (Elliott) G.L. Nesom, *Aster ontarionis* auct. non Wiegand) – ранее нами этот вид указывался для клюквенных плантаций в окр. г. Ганцевичи [6] и д. Селище Пинского р-на [5] под названием *A. ontarionis* или, как предполагаемый гибрид – *A. lanceolatus* Willd. × *A. dumosus* L. Повторные более тщательные исследования образцов из указанных локалитетов позволили отнести их к *A. racemosus*.

Aster umbellatus Mill. – Берестовицкий р-н, д. Макаровцы, выращивается как декоративное, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 16.07.2019.

Новый культивируемый таксон для флоры Беларуси.

Galinsoga × *mixta* Murr. – Минский р-н, г. Минск, парк Челюскинцев, грунтовые обнажения на пустыре, Г. Вынаев, Д. Третьяков, 19.09.1976; Минский р-н, г. Минск, стройплощадка между проспектом Машерова и ул. Танковая, рудеральные сообщества на строительных грунтовых отвалах, в сообществе *Chenopodium album*, *Artemisia vulgaris*, Г. Вынаев, 04.09.1983; г. Минск, пустырь с южной стороны Ботанического сада, Л. Симонович, 01.09.1977; там же, Н. Козловская, 16.08.1955; г. Минск, пер. Корженевского, д. 18, микрорайон Курасовщина, на цветочной клумбе как сорняк, почва богатая перегнойно-торфянистая, свежая, Г. Вынаев, О. Вынаев, 25.08.1980, MSK; Минский р-н, окр г. Минск, 18 км к Ю, окр. ж.д. ст. Асеевка, 1 км к З, опушка березняка с осиной, высокотравье по лесной дороге, Н. Козловская, С. Дмитриева, 17.08.1977; Бобруйский р-н, окр. д. Орсичи, 5 км к ЮЮЗ, справа от ж.д. Рабкор-Бобруйск, Брожское л-во, у просеки кв. 63 и 64, на вырубке среди дубравы снтытевой, Д. Дубовик, 13.09.2000; Шумилинский р-н, г.п. Шумилино, ул. Ленинская, сорное на огороде, Д. Третьяков, 28.09.1985; Бобруйский р-н, г. Бобруйск, СЗ окраина, вблизи д. Киселевичи, на городской свалке мусора, Д. Третьяков, 17.09.1979. Также отмечен в г. Чериков, г. Климовичи, д. Головенчицы Чаусского р-на.

В Беларуси данный гибрид известен с 1955 г. Его распространение началось, вероятно, с ЦБС НАН Беларуси. Гибриды имеют смешанное опушение из железистых и простых волосков в разной пропорции на верхушках цветоножек и на листочках обертки. Стебли обычно с редкими или рассеянными отстоящими и немногочисленными железистыми волосками, вверху густо опушенные, листья по форме и зубчатости промежуточные между родительскими таксонами. У *G. quadriradiata* волоски лишь железистые, а у *G. parviflora* они простые. Доли хохолка семянок на конце от отчетливо остевидно-заостренных, ланцетно-ромбовидных (признак *G. quadriradiata*), до б.м. притупленных, похожих на перо (признак *G. parviflora*). Гибрид является триплоидом 2n = 24; *G. parviflora* диплоид (2n=16), а *G. quadriradiata* аллотетраплоид (2n=32).

Leontopodium palibinianum Beauverd – по гербарным данным известен из д. Нов. Стайки Шкловского р-на, г. Минска, д. Бабино 1-ое Бобруйского р-на, г. Бреста.

В Беларуси выращивается с 2000 г. В отличие от *L. alpinum* Cass. растения более высокие, до 30–40 см и с более прямостоячими стеблями, прицветные листья на конце резко не сужены, корзинок обычно более 10 (до 16).

Senecio fluviatilis Wallr. – Кричевский р-н, окр. д. Лобковичи, пойма р. Сож, по сыроватым лугам, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, А. Скуратович, 25.08.2022.

Tragopogon × *crantzii* Dichtl (*T. dubius* Scop. × *T. orientalis* L.) – Вороновский р-н, ст. Вороново, по ж.д. насыпи, изредка, 20.06.2012, Д. Дубовик, А. Скуратович, С. Савчук, В. Лебедько; Брестский р-н, д. Томашевка, вблизи ж.д. станции Влодава, полоса отчуждения ж.д., травяные песчаные места, Д. Дубовик, С. Савчук, Д. Третьяков, 21.05.2008; тамже, окр. д. Томашовка, 6 км к ЮЮВ, правобережье р. Буг, небольшой фрагмент луга в притеррасной части поймы, травяное место на кучах гравия и песка, Д. Третьяков, 11.06.1994; Дрогичинский р-н, окр. д. Радостово, 6 км к ССВ, вдоль Днепро-Бугского канала, заказник «Званец», песчаная открытая насыпная дамба вдоль мелиоративного канала, А. Скуратович, 01.06.2000; Минский р-н, г. Минск, ул. Антоновская, вблизи мукомольного комбината, почвенные обнажения по ж.д. полотну, Г. Вынаев, 01.10.2004; г. Минск, ул. Володько, у ж.д. Минск-Могилев, склон ж.д. насыпи, Г. Вынаев, 29.05.2003.

Гибрид имеет язычковые цветки лишь слегка короче листочков обертки или немного длиннее их, листья обычно закрученные на конце, цветоносы б.м. отчетливо утолщенные, корзинки крупнее, чем у *T. dubius*, край плодиков чешуйчатый (у *T. dubius* он с шипиками) и лишь слегка коротко-шиповатый, семянки слегка пятиугольные, 26–28 мм дл., бледно-желтые. Наши морфотипы почти стерильны (с единичными полноценными семянками). Один морфотип более близок к *T. orientalis*, но язычковые цветки едва

длиннее обертки, стебли вверху слегка утолщенные, но под корзинками суженные, носик семянки по длине почти равен самой семянке (у *T. orientalis* – короче). Второй морфотип промежуточный между родительскими видами, стебли у основания корзинок заметно утолщенные, корзинки до 2,5 см дл., лепестки превышают чашелистики.

Caulinia minor (All.) Coss. et Grem. – Житковичский р-н, окр. д. Переров, у С окраины, в старичном озере, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 10.08.2022 (здесь же найдены *Najas major* All., *Cuscuta campestris* Yunck.); Житковичский р-н, окр. д. Ричев, 0,8 км к В, в старичном озере р. Ствига, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 10.08.2022; Житковичский р-н, окр. д. Хлупин, 0,5 км к С, в старичном озере Плесо, изредка, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 12.08.2022.

Disporum longistylum (H. Lév. et Vaniot) H. Hara – Витебский р-н, г. Витебск, выращивается как декоративное растение у жилья, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, 11.08.2021.

Новый вид, известный в культуре. Цветки расположены по нескольку. У близкого вида – *D. smilacinum* A. Gray, который испытывается в г. Бресте с 2020 г., цветки одиночные.

Zigadenus elegans Pursch – Смолевичский р-н, окр. д. Волма, 2,5 км к ЮЮЗ, выращивается как декоративное растение на дачных участках, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, В. Лебедько, 24.07.2020. Также отмечен в гг. Минске, Могилеве, Витебске, Бресте.

Имеет неразветвленное соцветие. Вид стал выращиваться как декоративное растение с 2011 г.

Zigadenus nutallii (A. Gray) S. Wats. – Смолевичский р-н, окр. д. Волма, 2,5 км к ЮЮЗ, выращивается как декоративное растение на дачных участках, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, А. Скуратович, В. Лебедько, 24.07.2020. Также отмечен в гг. Минске, Могилеве, Вилейке.

Имеет соцветие с разветвленными веточками, листья уже, чем у предыдущего вида. Вид стал выращиваться как декоративное растение с 2019 г.

Cephalanthera rubra (L.) L.C.M. Richard – Лельчицкий р-н, окр. д. Ветвица, 1,8 км к ЗСЗ, сосняк с березой орляковый, редко, Д. дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 11.08.2022.

Orchis mascula (L.) L. – Миорский р-н, окр. д. Дригучи, левобережная долина р. Зап. Двина, луговой склон надпойменной террасы, около 10 экземпляров, Д. Дубовик, В. Лебедько, 26.05.2022; Миорский р-н, окр. д. Узмены, левобережная долина р. Зап. Двина, луговые склоны надпойменной террасы, часто, Д. Дубовик, В. Лебедько, 26.05.2022.

Carex pilulifera L. – Могилевский р-н, окр. п. Мирный, 1,6 км к ЮЮВ, сосняк мшистый, у дороги, редко, Д. Дубовик, 19.10.2022.

В Могилевской области на левобережной части Днепра является очень редким растением. Редок данный вид и в прилегающих районах России [5].

Carex umbrosa Host – Петриковский р-н, окр. г. Петриков, 3 км к С, дубрава кисличная, более 20 кочек, Д. Дубовик, 29.04.2022.

Drymochloa sylvatica (Poll.) Holub – Светлогорский р-н, окр. д. Печищи, 1,3 км к В, в дубраве кисличной, нередко, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 20.06.2022.

Glyceria striata (Lam.) A.S. Hitchc. – Сморгонский р-н, окр. д. Валейковичи, 0,6 км к В, у оз. Мертвое, ольс крапивный, часто, Д. Дубовик, С. Савчук, В. Лебедько, 26.07.2022.

Адвентивный вид, новый для Гродненской области.

Setaria italica (L.) P. Beauv. – Барановичский р-н, окр. д. Деревная, 2, 2 км к З, городской полигон ТБО, редко, Д. Дубовик, С. Савчук, 03.10.2022. Здесь же отмечены *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Physalis philadelphica* Lam.

Заключение

В аннотированном списке приведены данные о новых и редких для флоры Беларуси адвентивных (включая культивируемые) и аборигенных видах растений, указаны новые местонахождения некоторых охраняемых растений. Указаны также новые для флоры республики гибридные таксоны (*Tragopogon × crantzii, Potentilla × angarensis*) и др.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.

2. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden [Electronic resource]. – Mode of access: http: / www.tropicos.org. – Date of access: 24.09.2019.

3. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. ред.: И. М. Качановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.

4. Джус, М. А. Сорные виды американского происхождения на клюквенных плантациях Беларуси / М. А. Джус // Бот. журн. – 2014. – Т. 99, № 5. – С. 540–554.

5. Дубовик, Д. В. Новые для Беларуси и Европы виды адвентивных растений / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. бот. имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, редкол.: Н. А. Ламан [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2013. – Вып. 42. – С. 3–28.

6. Дубовик, Д. В. Чужеродная фракция флоры на плантациях клюквы крупноплодной Oxycoccus macrocarpos (Ait.) Pursh в Беларуси/ Д. В. Дубовик [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2017, № 2. – С. 66–77.

7. Karlsson, T., / T. Karlsson, M. Agestam // Svensk Botanisk Tidskrift. – 2019. – V. 113, № 1. – P. 32–33.

8. Brouillet, L. *Symphyotrichum* Nees. / Brouillet, L. [et all.] // Flora North America Editorial Committee, eds. Flora of North America. V. 20. *Asteraceae*, Part 2. *Astereae* and *Senecioneae*. – Oxford University Press, New York, 2006. – P. 465–539.

Поступила в редакцию 28.11.2022 г.

УДК 582.24

Е. Л. МОРОЗ

Arcyria affinis Rostaf. – НОВЫЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ ВИД МИКСОМИЦЕТОВ (Myxomycetes)

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

Аннотация. В результате исследований на территории национального парка «Нарочанский» выявлен новый для Беларуси вид миксомицетов – *Arcyria affinis* Rostaf. Систематико-таксономическое положение вида *Arcyria affinis* Rostaf. в системе классификации живых организмов: Надцарство Eukaryota – Царство Protozoa – Тип Amoebozoa – Подтип Mycetozoa – Класс Myxomycetes – Порядок Trichiales – Семейство Arcyriaceae – Род Arcyria.

Ключевые слова: миксомицеты, *Arcyria affinis*, национальный парк «Нарочанский», Беларусь.

E. L. MOROZ

Arcyria affinis Rostaf. – NEW FOR BELARUS SPECIES OF MYXOMYCETES

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

Annotation. As a result of research on the territory of the National Park "Narochansky" a new for Belarus species of myxomycetes, *Arcyria affinis* Rostaf was identified. Systematic and taxonomic position of the species *Arcyria affinis* Rostaf. in the classification system of living organisms: Superkingdom Eukaryota – Kingdom Protozoa – Phylum Amoebozoa – Subphylum Mycetozoa – Class Myxomycetes – Order Trichiales – Family Arcyriaceae – Genus Arcyria.

Keywords: myxomycetes, *Arcyria affinis*, National Park "Narochansky", Belarus.

Введение

Миксомицеты – это группа организмов царства Protozoa, насчитывает около 1100 видов. Жизненный цикл миксомицетов состоит из вегетативной стадии, представленной зооспорами, миксамебами, объединяющимися в плазмодий и стадии спороношения, представленной спорофорами. По морфологическому строению спороношений ведется определение видов. В последнее время вопросы филогении и систематики миксомицетов решаются молекулярно-биологическими и электронно-микроскопическими исследованиями [1–3].

Миксомицеты обнаружены во всех основных биомах Земли от тундры до континентальных пустынь и высокогорий. Они играют значительную роль в регуляции численности и состава микроорганизмов в почве, листовой подстилке, коре и гнилой древесине [4–6]. Наибольшее видовое разнообразие миксомицетов наблюдается в широколиственных лесах умеренной зоны [7–9].

В 1984–1993 и в 2017–2021 гг. нами проводились исследования по изучению видового состава миксомицетов в различных типах леса национального парка «Нарочанский» [10–15].

Объекты (материалы) и методы исследования

Полевые исследования и сбор образцов плодовых тел проводились маршрутным методом в различных биотопах национального парка «Нарочанский» (Мядельский район Минской области) по общепринятым методикам [16]. Определение собранных образцов проводили на основании изучения морфологических признаков с помощью мик-роскопов Olympus SZ61, Olympus BX 51 с использованием отечественных и зарубежных определительных пособий [16, 17]. Гербарные образцы хранятся в гербарии лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (MSK–F).

Результаты и их обсуждение

В ходе изучения собранного гербарного материала выявлен миксомицет, который был определен как *Arcyria affinis* Rostaf., Sluzowce monogr. 276 (1875). Это первая находка данного вида в Беларуси.

Систематико-таксономическое положение вида *Arcyria affinis* Rostaf. в системе классификации живых организмов:

Надцарство Eukaryota
Царство Protozoa
Тип Amoebozoa
Подтип Mycetozoa
Класс Myxomycetes
Порядок Trichiales
Семейство Arcyriaceae
Род *Arcyria*

Arcyria affinis найден на гнилой коре *Populus tremula* L., окр. д. Ольшево, черноольшанник, 13 X 2018, 54°56'47"N, 26°21'54"E, MSK–F 41198; гнилой коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, окр. д. Грумбиненты, ельник черничный, 30 VIII 2021, 54°57'02"N, 26°25'03"E, MSK–F 41204. Далее приводится описание вида.

Спорокарпы представлены спорангиями на ножках, плотно прижатые друг к другу, до 2,5 мм выс., после полного высвобождения капиллиция могут достигать 3–4 мм, светло-красные, розовые, сеточка после созревания спорангия опадает (рис. 1). Гипоталлус общий для целой группы спорангиев, тонкий, мембраноподобный, бесцветный. Ножка до 0,7 мм дл., иногда прикрепляется к основанию спорангия немного сбоку, прямая, темно-коричневая, с продольными морщинками. Перидий однослойный, мембраноподобный, остается в виде глубокой воронкообразной чашечки. Капиллиций состоит из сети эластичных нитей, 3–5 мкм диам., слабо прикрепленных к основанию чашечки, разветвляющихся и анастомозирующих, орнаментированных полукольцами и кольцами, желтоватыми в проходящем свете. Споры 6–8 мкм диам., шаровидные, светло-желтые в проходящем свете, орнаментированы мелкими бородавками (рис. 2).

Распространение: Европа, Индия, Япония, Австралия, Новой Зеландия, США.

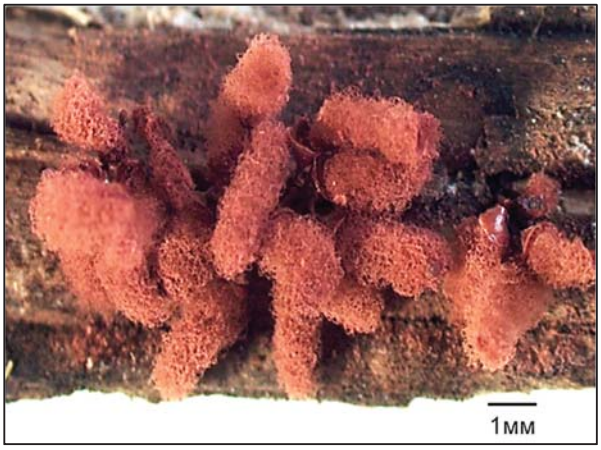


Рис. 1. Спорофоры *Arcyria affinis*

Fig. 1. Sporophores *Arcyria affinis*

Рис. 2. Капиллиций и споры *Arcyria affinis*

Fig. 2. Capillitium and spores *Arcyria affinis*

Заключение

В результате наших исследований на территории национального парка «Нарочанский» выявлен новый для Беларуси вид миксомицетов – *Arcyria affinis* Rostaf.

Литература

1. Fiore-Donno, A. M. Genetic Structure of Two Protist Species (Myxogastria, Amoebozoa) Suggests Asexual Reproduction in Sexual Amoebae / A. M. Fiore-Donno [et al.] // PLOS One. – 2011. – Vol. 6, N 8. – P. 1–11. https://doi:10.1371/journal.pone.0022872.

2. Shchepin, O. N. Community of dark-spored myxomycetes in ground litter and soil of taiga forest (Nizhne-Svirskiy Reserve, Russia) revealed by DNA metabarcoding / O. N. Shchepin [et al.] // Fungal Ecology. – 2019. – Vol. 39. https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.11.006.

3. Schnittler, M. Quick n' Cheap – a simplified workflow to barcode plasmodial slime molds (Myxomycetes) / M. Schnittler [et al.] // Karstenia. – 2020. – Vol. 58 (2). – P. 385–392. doi:10.29203/ka.2020.504.

4. Ing, B. The phytosociology of myxomycetes / B. Ing // The New Phytologist. – 1994. – Vol. 126, N 2. – P. 175–201.

5. Madelin, M. F. Myxomycete data of ecological significance / M. F. Madelin // Trans. Brit. Mycol. Soc. – 1984. – Vol. 83. – P. 1–19.

6. Novozhilov, Y. K. Ecology and distribution of Myxomycetes / Y. K. Novozhilov [et al.] // Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology. S. L. Stephenson, C. Rojas. – London: Academic Press, 2021. – P. 325–376.

7. Novozhilov, Y. K. Myxomycetes associated with monsoon lowland tropical forests in southern Vietnam / Y. K. Novozhilov [et al.] // Nova Hedwigia. – 2017. – Vol. 104. – P. 183–209.

8. Stephenson, S. L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests. I. Patterns of occurrence in the upland forests of southwestern Virginia / S. L. Stephenson // Canadian journal of botany. – 1988. – Vol. 66. – P. 2187–2207.

9. Stephenson, S. L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests. II. Patterns of occurrence on bark surface of living trees, leaf litter, and dung / S. L. Stephenson // Mycologia. – 1989. – Vol. 81. – P. 608–621.

10. Мороз, Е. Л. Обзор миксомицетов Белоруссии / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Новости сист. низш. раст. – 1988. – Т.25. – С. 92–97.

11. Мороз, Е. Л. Новые и редкие виды миксомицетов (Myxomycetes) Белоруссии / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Микология и фитопатология. – 1994. – Т. 28. – № 3. – С. 21–27.

12. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (Myxomycetes) национального парка «Нарочанский» / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Колоград, 2018. – Вып. 47 – С. 123–135.

13. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (Myxomycetes) сосновых лесов национального парка «Нарочанский» / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксп. бот. НАН Беларуси. – Минск: Колоград, 2020. – Вып. 49 – С. 207–219.

14. Мороз, Е. Л. Миксомицеты (Myxomycetes = Myxogastrea) листового опада черноольшаников национального парка «Нарочанский» (Республика Беларусь) / Е. Л. Мороз, Ю. К. Новожилов // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 6. – С. 431–439. doi: 10.31857/S0026364821060118

15. Мороз, Е. Л. *Licea pusilla* Schrad. – новый для Беларуси вид миксомицетов (Myxomycetes) / Е. Л. Мороз // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Колоград, 2020. – Вып. 49. – С. 381–383.

16. Новожилов, Ю. К. Класс Миксомицеты. Определитель грибов России: отдел Слизевики. Вып. 1. / Ю. К. Новожилов – СПб.: Наука, 1993. – 288 с.

17. Martin, G. W. The Myxomycetes / G. W. Martin, C. J. Alexopoulos – Iowa City: Iowa Univ. Press, 1969. – 561 p.

Поступила в редакцию 13.06.2022 г.

ЮБИЛЯРЫ
JUBILEE

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ РЕШЕТНИКОВ
(к 85-летию со дня рождения)

6 января 2023 г. исполняется 85 лет известному ученому в области биохимии и биотехнологии растений академику НАН Беларуси, доктору биологических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Республики Беларусь, заведующему отделом биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» Владимиру Николаевичу Решетникову.

Окончив в 1954 г. с золотой медалью Подсвильскую среднюю школу Глубокского района Витебской области, В. Н. Решетников поступил и в 1959 г. закончил Российский аграрный университет (Тимирязевскую сельскохозяйственную академию), где с первых лет учебы приобщился к студенческим исследовательским работам. С 1963 по 1966 гг. он аспирант Института биологии АН БССР (реорганизованного затем в Институт экспериментальной ботаники) по специальности «биохимия растений». После окончания аспирантуры работает младшим, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией. В период 1978–1997 гг. был заместителем директора по научной работе Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. В годы работы в этом институте он защищает кандидатскую, затем докторскую диссертацию, ему присваивается звание профессора по специальности «биохимия растений», в 1991 г. В. Н. Решетников избирается членом-корреспондентом Академии наук БССР. С 1997 г. по 2009 г. В. Н. Решетников – директор Центрального ботанического сада НАН Беларуси, затем заведующий отделом биохимии и биотехнологии растений и почетный директор учреждения. В 2000 г. избран действительным членом (академиком) НАН Беларуси, в 2008 г. присвоено Почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь», в 2016 г. – лауреат Межгосударственной премии «Звезды содружества» (СНГ), в 2020 г. награжден Орденом Почета.

В период работы в Институте экспериментальной ботаники и Центральном ботаническом саду НАН Беларуси В. Н. Решетников сформировал научное направление и школу «биохимия и биотехнология растений», ядром которого является организованный им отдел биохимии и биотехнологии растений. Результатом деятельности научной школы ученого явилось определение и характеристики биологически активных веществ интродуцированных и аборигенных хозяйственно-полезных растений, инициирование и развитие работ по молекулярно-генетическому маркированию растений – продуцентов БАВ, что в целом составило основу формирования и успешного выполнения Государственной программы «Фитопрепараты» (2001–2010 гг., научный руководитель В. Н. Решетников). В области частной биохимии растений им дана биохимиче-

ская характеристика сортов картофеля, тритикале, голубики высокой (данные опубликованы в книжных изданиях и использованы в селекции и технологиях возделывания этих культур). В. Н. Решетниковым развернуты в Беларуси исследования в области физиологии и биохимии де- и дифференцированных клеток и тканей растений и их прикладного аспекта – технологий клонального микроразмножения растений в системе *in vitro* как востребованного направления в клеточной биотехнологии. Было осуществлено формирование и научное обеспечение нового направления в плодоводстве – практическое голубиководство, Междуведомственный научный совет по которому возглавлял В. Н. Решетников.

Созданные и освоенные биотехнологии производства оздоровленного сортового посадочного материала декоративных растений позволили обеспечить формирование растительных фитокомпозиций в населенных пунктах республики; на основе таких работ осуществлен совместный с ботаническими садами России проект «Сирень Победы», посвященный победе советского народа в Великой Отечественной войне.

Важным научно-организационным достижением В. Н. Решетникова и его научной школы является разработка и осуществление программы «Реконструкция объектов Центрального ботанического сада НАН Беларуси» (1999–2005 гг.), придание коллекциям и гербарию интродуцированных растений Центрального ботанического сада статуса научного объекта, составляющего национальное достояние (регистрационный номер 1), выход на широкое международное сотрудничество, в числе которого создание и работа в составе Совета ботанических садов России, Беларуси, Казахстана (В. Н. Решетников – сопредседатель Совета) и Совета ботанических садов при Международной ассоциации академий наук стран СНГ.

В. Н. Решетников – автор более 400 научных статей, 11 монографий, 16 авторских свидетельств на изобретения. Под его руководством выполнены 22 кандидатские и 1 докторская диссертации. Он ведет большую научно-педагогическую работу в высшей школе (БГУ, Полесский и Брестский университеты) в качестве Председателя государственных экзаменационных и аттестационных комиссий, активно пропагандирует научные знания, выступает в средствах массовой информации.

Результативная общественная и шефская деятельность В. Н. Решетникова на его «малой родине», означена высокой общественной наградой – ему присвоено звание Почетного гражданина Глубокского района (решение Глубокского районного Совета депутатов от 1 июля 2019 г. № 61).

Чуткий и отзывчивый, принципиальный и честный Владимир Николаевич Решетников заслуженно пользуется глубоким уважением всех, кто работает рядом с ним и знает его как ученого и общественного деятеля. Коллеги по работе сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья и дальнейших творческих свершений.

Е. В. Спиридович, А. Г. Шутова, О. В. Чижик

НАТАЛИЯ ГЕОРГИЕВНА АВЕРИНА
(к 80-летию со дня рождения)

18 октября 2022 г. исполнилось 80 лет главному научному сотруднику лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, члену редакционной коллегии научного сборника «Ботаника (исследования)», доктору биологических наук, профессору Авериной Наталии Георгиевне.

Н. Г. Аверина родилась в 1942 г. в столице Узбекской ССР, городе Ташкенте, в семье служащих. В 1952 г. вместе с родителями переехала в Минск и по окончании средней школы №31 с золотой медалью в 1960 г. поступила на вечернее отделение химического факультета Белорусского государственного университета им. В. И. Ленина, который закончила в 1966 г. по специальности «Химик» со специализацией – физическая химия. В 1961 г. Наталия Георгиевна поступила на работу в Лабораторию биофизики и изотопов АН БССР. После преобразования в 1973 г. лаборатории в Институт фотобиологии АН БССР, продолжила в нем работать и работает здесь до настоящего времени. С 1970 по 1973 г. обучалась в аспирантуре Института фотобиологии под руководством члена-корреспондента АН СССР А. А. Шлыка. В 1974 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук по теме «Исследование действия кинетина на биосинтез протохлорофиллида» по специальности «Биохимия». В 1990 г. Н. Г. Аверина защитила докторскую диссертацию «Мембранная локализация и физико-химическая регуляция биосинтеза хлорофилла» по специальности «Биофизика». В 1999 г. Наталии Георгиевне присвоено звание профессора по специальности «Биология».

В 1986 г. Наталия Георгиевна возглавила лабораторию биофизики и биохимии фотосинтетического аппарата (в настоящее время лаборатория биофизики и биохимии растительной клетки), которой успешно руководила в течение 16 лет, а сейчас является главным научным сотрудником этой лаборатории.

Н. Г. Аверина – известный ученый в области биофизики, биохимии и физиологии растительной клетки. Наталия Георгиевна внесла значительный вклад в развитие фотосинтетической школы в нашей стране, возглавляя исследования, связанные с изучением метаболизма промежуточных продуктов биосинтеза хлорофилла – порфиринов. Под ее руководством проведен цикл исследований, позволивший установить, что молекулы порфиринов находятся в мономерном состоянии и энергетически изолированы от каротиноидов, что делает их потенциальными фотосенсибилизаторами деструктивных окислительных процессов в растительной клетке. Важным научным достижением Н. Г. Авериной является выяснение механизмов защиты растения от избыточного накопления порфиринов, выражающихся в ингибировании экспрессии генов, кодирующих ключевые ферменты биосинтеза хлорофилла, а также в переносе энергии возбуждения от порфиринов к фотодинамически неактивным молекулам протохлорофиллида и экспериментальное обоснование возможности повышения устойчивости растений к фотодинамическим процессам.

В работах Н. Г. Авериной, посвященных изучению процессов биосинтеза хлорофилла и гема в растительной клетке, показано, что в хлоропластах высших растений эти два процесса функционируют независимо друг от друга и пространственно разобщены, раскрыты механизмы контроля их активности. Впервые обнаружено, что контроль активности ферментов, участвующих в образовании ранних предшественников хлорофилла, осуществляется в результате взаимодействия светового, цитокининового и пластидного сигналов. Сформулирована концепция функциональной гетерогенности 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК), которая является не только универсальным предшественником тетрапирролов растений, но и обладает свойствами фотогербицида, регулятора роста растений и адаптогена.

Показано, что в основе адаптогенного действия АЛК лежит стимуляция белкового метаболизма через активацию ассимиляции неорганического азота за счет повышения экспрессии гена и активности фермента нитратредуктазы, а также вследствие переключения метаболизма глутаминовой кислоты с пути синтеза эндогенной АЛК на синтез стресс-протектора пролина. Показано также, что в высоких концентрациях экзогенная АЛК выступает как индуктор фотодинамических процессов в клетке (фотогербицид), а механизмы защиты растений от такого негативного действия АЛК включают в себя накопление антиоксидантов полифенольной природы антоцианов, возрастание антиоксидантной клеточной активности, снижение уровня перекисного окисления липидов.

Наталия Георгиевна имеет обширные научные связи с ведущими зарубежными школами биофизики, биохимии и фотобиологии, в том числе из Российской Федерации, Украины, Германии. Ее научные работы широко известны как у нас в стране, так и за рубежом. Н. Г. Аверина – автор более 400-х научных трудов, в том числе 4-х монографий (2 – коллективных), 8-ми авторских свидетельств и патентов Республики Беларусь на изобретение, докладчик на многих авторитетных международных форумах. В 2013 г. за цикл работ «Система биосинтеза хлорофилла и фотосинтетический аппарат как факторы повышения устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных культур» удостоена Премии НАН Беларуси. За заслуги в области исследований фотосинтеза в 2002 и 2013 гг. награждалась Грамотой Президиума НАН Беларуси. В 2014 г. за цикл работ, опубликованных в журнале «Физиология растений», ей присуждена премия МАИК «Наука/Интерпериодика» (Россия). В 2022 г. Н. Г. Аверина награждена нагрудным знаком отличия имени В. М. Игнатовского НАН Беларуси.

Наталия Георгиевна, наряду с исследовательской, проводит значительную работу по подготовке научных кадров. Среди ее учеников 3 доктора наук (1 – из России) и 9 кандидатов наук, в том числе 1 из Республики Иран.

Н. Г. Аверина является заместителем председателя Совета по защите диссертаций при Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, членом Совета по защите диссертаций при Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси, членом Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, членом международного общества биологов растений (Канада), членом Брандербургского Института по поддержке разработки и внедрения новых технологий и инноваций общества (МИТИ, Германия).

Наталия Георгиевна – высокопрофессиональный, эрудированный, интеллигентный и доброжелательный человек, всегда готовый помочь коллегам ценными советами и рекомендациями, благодаря чему она пользуется заслуженным авторитетом среди коллег. В настоящее время она возглавляет научную группу «Регуляция внутриклеточных процессов», руководит выполнением международного проекта ГКНТ РБ.

Коллектив Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси от всего сердца поздравляет Наталию Георгиевну с юбилеем и желает ей крепкого здоровья, успехов во всех начинаниях и большого счастья.

Е. А. Гончаров, И. Д. Волотовский, Е. И. Слобожанина,
Л. Ф. Кабашникова, Е. М. Кабачевская

АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ СУДНИК
(к 50-летию со дня рождения)

В январе 2022 г. отметил 50-летие заведующий лабораторией оптимизации и мониторинга экосистем Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, кандидат биологических наук, доцент Александр Владимирович Судник – известный ученый в области мониторинга растительного мира и экологии.

Александр Владимирович родился в Минске. По окончании с серебряной медалью средней школы № 81 в 1989 г. поступил на лесохозяйственный факультет Белорусского технологического института имени С. М. Кирова, который закончил с отличием в 1994 г. по специальности «Лесное и садово-парковое хозяйство».

А. В. Судник свой путь в биологическую науку начал с поступления в Институт экспериментальной ботаники в мае 1994 г.; с ноября 1994 г. – аспирант ИЭБ НАНБ. После окончания аспирантуры, с ноября 1997 г. – младший научный сотрудник; с апреля 2003 г. – научный сотрудник; с августа 2004 г. по настоящее он заведует сектором мониторинга растительного мира, преобразованного в 2022 г. в лабораторию оптимизации и мониторинга экосистем. В апреле 2006 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Демутационная динамика сосновых лесов на почвах недостаточного и умеренного увлажнения». Общий стаж научной работы А. В. Судника которую он начал еще будучи студентом 3-го курса – более 30 лет, из них в ИЭБ – 28 лет.

Сфера интересов А. В. Судника – научные основы воспроизводства, рационального использования и охраны лесных и других биологических ресурсов; оценка состояния и прогнозирование изменений природной среды; методология рационального природопользования и охраны окружающей среды; методы мониторинга окружающей среды, прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. Следует отметить его вклад в формирование научных основ ведения и организацию систем мониторинга растительного мира и комплексного мониторинга экологических систем на особо охраняемых природных территориях (далее – ООПТ), разработку рекомендаций по практической охране, сохранению и оптимизации условий произрастания объектов растительного мира. Под его руководством выполнен комплекс уникальных исследований по оценке воздействия транспорта и дорожной инфраструктуры на природную растительность и защитные насаждения.

Его профессиональный опыт накоплен при реализации 50-ти тем и заданий государственных программ, государственных и отраслевых научно-технических программ, более 160-ти международных проектов, бюджетных и хозяйственных договоров в области мониторинга, изучения структуры, состояния и динамики экосистем. Принимал участие во внедрении результатов исследований в практику природоохранной деятельности и производство, что подтверждено 123 актами внедрения. Результаты исследований А. В. Судника нашли отражение в 13 нормативных документах (ТКП, инструкциях, методиках и проч.), 61 аналитической записке, 39 разделах и отчетах об ОВОС, 95 научных и технико-экономических обоснованиях преобразования и объявления ООПТ. Участвовал в подготовке научных обоснований реабилитации нарушенных торфяников (13 территорий) и планов управления национальными парками «Браславские озера», «Припятский» и «Беловежская пуща». Им подготовлено 69 заключений по обращению органов государственного управления и организаций и 23 заключения на обращение граждан.

По результатам исследований А. В. Судником опубликовано 308 работ: 4 монографии, 4 брошюры, 106 научных статей, 179 материалов конференций и 15 тезисов докладов. За рубежом опубликовано 69 работ. В СМИ (газеты, радио, ТВ) опубликовано/прозвучало 134 материала (статьи, репортажи, интервью).

Под его руководством успешно защищены магистерская и дипломная работы. В настоящее время он руководит подготовкой 2 диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук.

Александр Владимирович много и успешно работает с зарубежными партнерами. В 2001–2002 гг. он стал одним из первых в Беларуси получателей гранта фонда Джона и Кэтрин МакАртуров, на средства которого им было выполнено исследование «Формирование стабильных структур в ценотических популяциях сосны обыкновенной». Он являлся руководителем или ответственным исполнителем 18 заданий в рамках 4 проектов ГЭФ-ПРООН: «Создание условий для устойчивого функционирования системы охраняемых водно-болотных угодий в Белорусском Полесье (повышение эффективности их управления и совершенствование практики землепользования)», «Ренатурализация и устойчивое управление торфяными болотами для предотвращения деградации земель, изменений климата и обеспечения сохранения глобально значимого биологического разнообразия», «Разработка интегрированных подходов к управлению водно-болотными угодьями с учетом принципа многоцелевого ландшафтного планирования с целью получения многосторонних экологических выгод», «Устойчивое управление лесными и водно-болотными экосистемами для достижения многоцелевых преимуществ».

Под его руководством выполнено 3 задания в рамках реализации проекта ГЭФ/ВСЕМИРНЫЙ БАНК «Развитие лесного сектора Республики Беларусь».

В качестве эксперта он принял участие в совместном проекте ЕС/ПРООН «Содействие развитию всеобъемлющей структуры международного сотрудничества в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь» и российско-германском проекте «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата».

Под руководством А. В. Судника в ходе реализации финансируемого Европейским Союзом проекта «Содействие переходу Республики Беларусь к «зеленой» экономике» создан региональный лесной экологический образовательный центр (п. Горни, Лидский район). При его участии такие же центры созданы в Сморгонском опытном и Лунинецком лесхозах.

Инициатор, организатор и руководитель 12 обучающих международных семинаров для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и работников специальности «Лесное хозяйство» / «Лесное дело» на тему «Динамика, состояние и мониторинг лесных сообществ на особо охраняемых природных территориях» (2011–2022 гг.) и организатор 5 международных конференций «Оценка состояния и мониторинг растительного мира» (1998, 2003, 2008, 2013, 2018 гг.). Участвовал с докладами в 86 конференциях, семинарах, симпозиумах и других мероприятиях природоохранной тематики.

Им прочитаны курсы лекций в Республиканском центре государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а также для работников зеленого строительства, дорожной отрасли, специалистов лесного хозяйства.

Вклад А. В. Судника в развитие науки и охраны природы отмечен рядом наград: 5 Почетных грамот Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 2 Почетные грамоты Минлесхоза, 2 – Минприроды, 2 – НАН Беларуси, 2 – Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана. В 2021 г. награжден Почетной грамотой Главы городского округа Мытищи за вклад в развитие непрерывного профессионального образования, научно-исследовательской и инновационной деятельности, организацию значимых международных научных мероприятий.

Александр Владимирович – опытнейший полевой исследователь, проехавший и прошедший тысячи километров по лесам, болотам, лугам, паркам страны. Он прекрасный организатор, умеющий вдохновить и сплотить коллектив. А. В. Судник глубоко понимает процессы, происходящие в растительном покрове страны и связанные с ними проблемы. Своевременно ставит их, вырабатывает и предлагает оптимальные решения.

На съезде общественного объединения «Белорусское ботаническое общество» в 2022 г. А. В. Судник избран заместителем председателя ББО.

От имени коллектива Института, лабораторий оптимизации и мониторинга экосистем, проблем экологии леса и дендрохронологии поздравляем Александра Владимировича с юбилеем. От всей души желаем крепкого здоровья, счастья, новых идей и их воплощения. Выражаем ему искреннюю признательность за поддержание в коллективе атмосферы творчества, взаимной требовательности и доброжелательности, проявление вежливости и такта к подчиненным и приносим слова благодарности за многолетний труд.

Д. Г. Груммо, А. В. Пугачевский, И. П. Вознячук

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ
MEMORABLE DATES

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н. И. СРЕТЕНСКОЙ (1922–2005)

13 декабря 2022 г. исполняется 100 лет со дня рождения Натальи Ивановны Сретенской, одного из ведущих альгологов Беларуси.

Н. И. Сретенская родилась в г. Глусске, в многодетной семье, в которой помимо нее было еще 3 брата. В 1927 г. ее отец зачисляется в Белорусский государственный университет на должность преподавателя русского языка и литературы, и семья переезжает на постоянное место жительства в г. Минск. В 1930 г. Н. И. Сретенская поступила в 47-ю Минскую среднюю школу, которую успешно окончила в 1941 г. Выпускной вечер пришелся как раз на день начала Великой Отечественной войны. Через несколько дней после объявления войны вся ее семья ушла пешком из Минска. Далее была эвакуация в Саратовскую область. Семью Сретенских определили на проживание в Ершовский район, в колхоз «Рефлектор», где все члены семьи, в том числе и Наталья, трудились на подсобных сельскохозяйственных работах.

В 1943 г. на станции Сходня Московской области был возрожден и возобновил свою работу Белорусский государственный университет, на биологический факультет которого в октябре того же года, успешно сдав вступительные экзамены, поступает Наталья Ивановна В сентябре 1944 г. университет был возвращен в Минск, и она продолжила свое обучение уже в Минске. В 1948 г. Сретенская успешно защитила дипломную работу на тему «Планктон озера Свирь», сдала выпускные экзамены и решением Государственной экзаменационной комиссии от 4 июня 1948 г. ей была присвоена квалификация младшего научного работника и преподавателя старших классов средней школы по специальности «биолог-ботаник».

Свою научную трудовую деятельность Наталья Ивановна начала в должности младшего научного сотрудника Научно-исследовательского института биологии при Белорусском государственном университете по специальности «альгология». Она входила в состав многочисленных научных экспедиций по изучению водных объектов Белорусского Полесья. С февраля 1950 г. по октябрь 1952 г. работала в должности

старшего лаборанта кафедры систематики растений БГУ, где продолжала активное участие в экспедиционных работах по изучению альгофлоры водоемов Беларуси. Видя в молодой девушке добросовестного и ответственного исследователя, у которого накопился уже довольно большой фактический материал, ей было предложено поступить в аспирантуру. В октябре 1952 г. она успешно сдает вступительные экзамены и поступает в аспирантуру при БГУ на специальность «систематика низших растений». Ее научными руководителями были определены доцент кафедры ботаники БГУ, кандидат биологических наук Ольга Дмитриевна Акимова и, в то время работавший в БГУ, доктор биологических наук Георгий Георгиевич Винберг, позже известный гидробиолог, член-корреспондент АН СССР. В качестве темы диссертационной работы было определено «Исследование фитопланктона рыбоводных прудов Беларуси». За годы обучения в аспирантуре ею был собран большой фактический материал, касающийся видового состава альгофлоры рыбоводных прудов Полесья. Всего было описано более 400 видов, разновидностей и форм водорослей. Кроме этого ею был подготовлен атлас водорослей, в котором лично ею были сделаны зарисовки внешнего вида водорослей с натурных объектов. К большому сожалению, атлас так и не вышел в широкую печать.

После окончания аспирантуры в декабре 1956 г., по представлению Президента Академии БССР В. Ф. Купревича, Наталья Ивановна была зачислена на должность младшего научного сотрудника лаборатории низших растений Института биологии АН БССР по специальности «альгология». В этой должности, только при меняющихся названиях структурного подразделения и самого научного заведения она проработала до 1973 г. Следует отметить, что на протяжении многих лет Н. И. Сретенская являлась практически единственным альгологом-систематиком во всей структуре Академии наук БССР. Областью ее научных интересов по-прежнему оставался фитопланктон, но уже диапазон объектов исследования значительно расширился. Ею изучались помимо рыбоводных прудов – озера, водохранилища, пруды на полях фильтрации и др. Особое внимание Натальи Ивановны было уделено биологическим методам оценки качества воды и проблеме ее «цветения». Ею были обследованы важнейшие водохранилища страны на предмет видового разнообразия водорослей, численности и биомассы фитопланктона, а также санитарно-биологической характеристики. Ею впервые в институте была создана альготека, своего рода коллекция водорослей, получившая название Музей видов водорослей, распространенных по БССР. Сретенской были изучены закономерности развития фитопланктона, на основании чего установлены основные причины, приводящие к «цветению» воды на определенных объектах исследования и даны рекомендации по ослаблению этого явления. По мере накопления материала менялась и тема кандидатской диссертации, работа над которой непрерывно продолжалась на протяжении всей ее трудовой деятельности. В последней редакции наименование темы уже носило обобщающий характер, сама диссертационная работа охватывала большее количество природных объектов по сравнению с изначальными рыбоводными прудами и имела следующее название: «Сравнительная характеристика фитопланктона некоторых водоемов Беларуси». К большому сожалению, в силу определенных обстоятельств диссертационная работа так и не была представлена к защите. Ее рукопись в настоящее время хранится в архиве лаборатории флоры и систематики растений. В конце своей научной карьеры Наталья Ивановна начала уделять большое внимание изучению почвенных водорослей.

За время работы в Институте за большой вклад в изучение фитопланктона водных объектов Беларуси Н. И. Сретенская была награждена Почетной грамотой Института, неоднократно премировалась. Из-под ее пера вышли как обобщающие фундаментальные работы, касающиеся органического вещества и фитопланктона озер, прудов, водохранилищ, так и работы по водорослям отдельных объектов – озер (Нарочь, Мястро, Баторино), водохранилищ (Заславское, Осиповичское, Солигорское), а также отдельным группам водорослей (эвгленовым, протококковым, десмидиевым, сине-зелёным) и др.

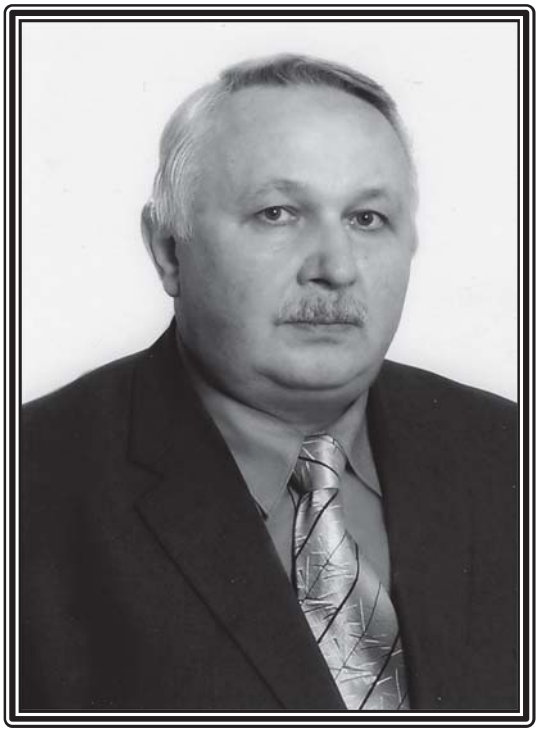
Наталья Ивановна Сретенская ушла из жизни в декабре 2005 г., похоронена в Минске на Кальварийском кладбище.

Имя известного белорусского альголога Натальи Ивановны Сретенской навсегда останется в ботанической науке, а память о ее вкладе в науку сохранят для будущих поколений альгологов ее многочисленные научные работы.

В. И. Парфенов, С. С. Савчук

ПОТЕРИ НАУКИ
OBITUARY

ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КАРПУК
(1954–2022)



23 января 2022 г. белорусская биологическая наука понесла тяжелую утрату – на 68 году жизни после тяжелой болезни скончался известный белорусский ученый, доктор биологических наук, профессор, талантливый исследователь, внесший большой вклад в развитие физиологии и биохимии растений, Василий Васильевич Карпук.

В. В. Карпук родился 25 апреля 1954 г. в д. Кустын Брестского района Брестской области в семье железнодорожных служащих. В 1971 г. закончил Мотыкальскую среднюю школу с отличием. В 1972 г. поступил на биологический факультет Белорусского государственного университета, после успешного окончания которого в 1977 г. был направлен в старейшее научное биологическое учреждение страны – Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича АН БССР. Становление Василия Васильевича как ученого проходило в лаборатории физиологии больного растения, которой заведовала известный фитопатолог, ученица академика В. Ф. Купревича, доктор биологических наук, профессор З. Я. Серова. Живой интерес к научному поиску, огромная работоспособность всегда выделяли его среди молодых специалистов. За годы работы в лаборатории он прошел путь от старшего лаборанта до ведущего научного сотрудника. В 1979–1980 гг. проходил стажировку в лаборатории физиологии иммунитета растений Главного ботанического сада АН СССР, где изучал рост и развитие биотрофных фитопаразитических ржавчинных грибов в аксенической культуре *in vitro*. В 1981 г. поступил в целевую аспирантуру Главного ботанического сада АН СССР. Результатом плодотворной экспериментальной работы и тщательного изучения научной литературы в 1986 г. стала успешная защита кандидатской диссертации «Цитофизиологические особенности взаимоотношений растения-хозяина и патогена при поражении ржи и пшеницы стеблевой ржавчиной». Руководителями диссертационной работы были член-корреспондент АН СССР, академик РАН Л. Н. Андреев и доктор биологических наук, профессор Л. Я. Плотникова.

В 1986 г. Василий Васильевич возвратился в Минск в лабораторию физиологии больного растения Института экспериментальной ботаники. Почти сразу после возвращения был мобилизован и направлен на 3 месяца на ликвидацию последствий аварии на Чернобыльской атомной станции. Работы проводились в пределах опасной 10-километровой зоны вокруг станции.

Круг научных интересов В. В. Карпука связан с фундаментальной научной проблемой о структурно-функциональных основах взаимодействия растения и грибного патогена. Он занимался исследованием взаимоотношений патогенных грибов с клетками растения-хозяина у наиболее вредоносных возбудителей болезней культурных злаков – стеблевой ржавчины пшеницы *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* и ржи *Puccinia graminis* f. sp. *secalis*. На электронномикроскопическом уровне им были показаны общие механизмы в эволюции ответных реакций растения на болезнь и характер перехода от эктофитного к эндофитному существованию у облигатов. Он доказал, что сбалансированность совместного существования

гриба и растения достигается при биотрофном типе отношений между ними. Изменение или прекращение сопряженности метаболических процессов ведет к прекращению биотрофных и началу некротрофных отношений.

В 2000 г. В. В. Карпук защитил докторскую диссертацию на тему «Структурная организация патогенеза злаков, вызываемого грибной инфекцией». Он обосновал концепцию о структурных механизмах интеграции растений-хозяев и патогенных грибов в относительно равновесные фитопатосистемы, компоненты которых в ходе совместной эволюции взаимоадаптировались и обеспечили выживание обоих видов. Василий Васильевич впервые показал, что дивергенция способов питания патогенов по био- или некротрофному пути начинается с особенностей функционирования их инфекционных структур; развил представления о возрастании у биотрофов комплементарных межклеточных взаимодействий с растением и о переходе от диффузных химических факторов патогенности (ферменты, токсины) к структурным детерминантам (гаустории); рассмотрел интегрирующую роль болезнеустойчивости, направленную на возникновение в фитопатосистеме между организмами биотрофных отношений.

В 2001 г. В. В. Карпук решил применить свой опыт и передать накопленные научные знания студентам Белорусского государственного университета и перешел работать на вновь созданный факультет фундаментальной и нетрадиционной медицины. С 2001 г. по 2006 г. он был доцентом кафедры фармации БГУ, где занимался исследованиями по проблеме использования защитного химического потенциала растений в фармакогнозии. С 2006 г. и до конца жизни Василий Васильевич работал на кафедре ботаники биологического факультета БГУ. Здесь он читал общий курс «Растениеводство» и «Фармакогнозия» для студентов биологического факультета, а также в течение 3 лет для студентов химического факультета по вновь открывшимся специальностям «Химия: фармацевтическая деятельность» и «Химия лекарственных соединений». Для обоих курсов им были написаны учебные пособия: «Растениеводство» и «Фармакогнозия». Кроме того, Василий Васильевич проводил лабораторные занятия по курсу «Фармакогнозия», руководил курсовыми и дипломными работами, работал в составе Государственной экзаменационной комиссии.

В 2007 г. В. В. Карпук был избран на должность профессора кафедры ботаники биологического факультета БГУ. Как авторитетный ученый он был членом ряда Советов по защите диссертаций по специальностям: защита растений, физиология и биохимия растений, ботаника, экология. Являлся членом редакционной коллегии журнала «Вестник БГУ», членом экспертного совета ВАК Республики Беларусь. Василий Васильевич – автор более 115 научных и учебно-методических работ, опубликованных в зарубежных и отечественных изданиях.

Для сотрудников Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси его смерть – невосполнимая потеря. Все, кто работал с ним, сохраняют о нем самые светлые, добрые воспоминания и глубокие чувства признательности.

Имя Василия Васильевича Карпука навсегда останется в истории развития биологической науки, в памяти коллег, работавших вместе с ним.

Д. Г. Груммо, Н. А. Ламан, В. И. Парфенов, В. П. Шуканов,
сотрудники лаборатории физиологии патогенеза и болезнеустойчивости растений

ХРОНИКА
CHRONICLE

XI СЪЕЗД ОБЩЕСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

23 сентября 2022 г. в Минске на базе Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» состоялся **XI съезд Белорусского ботанического общества** (далее – ББО). В работе съезда приняли участие 65 делегатов 4-х научных учреждений Национальной академии наук Беларуси, 8-ми высших учебных заведений из Минска, Витебска, Гомеля, Гродно, Мозыря, Пинска; представители Национального парка «Припятский» и Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Делегаты съезда заслушали и обсудили отчет о научно-организационной деятельности общественного объединения за период 2017–2022 гг., отчет ревизионной комиссии, а также отчет редакционной коллегии сборника научных трудов «Ботаника (исследования)».

Съезд констатирует, что деятельность ББО за отчетный период проходила в соответствии с Уставом и была направлена на реализацию его задач. Ботаники всей страны продолжали работу над важнейшими фундаментальными вопросами науки, результаты прикладных ботанических исследований пользовались высоким спросом в различных отраслях народного хозяйства.

Имели место достижения в области флоры и систематики растений, биологического разнообразия (в части растительного мира), экологии, охраны природы, в выполнении ряда государственных программ и научно-технических проектов, в том числе финансируемых Мировым банком и ПРООН. Проводились работы по оптимизации схемы развития охраняемых природных территорий Беларуси, реализовывались программы эколого-фитоценотического мониторинга на заповедных и охраняемых территориях, в районах интенсивного техногенеза, в зоне влияния Белорусской АЭС. Ботаники страны принимали активное участие в исследовании процессов и изучении последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Результаты ботанико-экологических исследований все шире используются в практике природопользования, охраны природы, в «зеленой» экономике, современном экологически ориентированном агропроизводстве, в принятии управленческих, технологических и проектных решений. При участии ББО внедрен в реальный сектор экономики ряд разработок по охране природы, использованию растительных ресурсов, борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур, рациональному использованию лугов, применению удобрений в лесном хозяйстве, использованию новых методов в практике земледелия и лесоводства.

При поддержке ББО в последнее пятилетие в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси проведен ряд научно-организационных мероприятий. Крупнейшими из них были: V Международная научная конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного мира» (2018 г.); Международная научная конференция «Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования» (2019 г.); Международный научно-практический семинар «Биоразнообразие грибов и лишайников особо охраняемых природных территорий» (2021 г.); II Международная научно-практическая конференция «Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев», посвященная 100-летию со дня основания Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK) (сентябрь 2022 г.); VIII, IX, X, XI и XII Международные научно-практические и обучающие семинары 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» (2018–2022 гг.).

Под руководством ББО в рамках реализации пилотной местной «зеленой» инициативы в рамках проекта «Содействие переходу Республики Беларусь к «зеленой» экономике», финансируемого Европейским Союзом и реализуемого ПРООН в Республике Беларусь, создан региональный лесной экологический образовательный центр (Лидское лесничество, п. Горни, Лидский район, Гродненская область), где проведен ряд научно-практических и обучающих семинаров для препо-

давателей учреждений общего среднего образования, учреждений дополнительного образования экологической направленности и школьных лесничеств, руководителей природоохранных учреждений, туристических организаций и др.

Членами ББО прочитан ряд лекций в Республиканском центре государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а также для работников «зеленого» строительства унитарного предприятия «Минскзеленстрой» и работников лесной отрасли Витебского, Гродненского и Минского государственных производственных лесохозяйственных объединений.

Членами ББО адаптированы и подготовлены к изданию разработанные ПРООН при поддержке Глобального экологического фонда, компании «Кока-Кола» и Российской Федерации комплект учебно-игровых материалов и обучающая программа для учащихся 1–11 классов и учителей по теме «Изменение климата» под названием «Климатическая шкатулка», включающие: иллюстрированное учебно-методическое пособие с научно-познавательными учебными материалами, разнообразными вопросами и заданиями по теме «Изменение климата», а также методическими рекомендациями для учителей по использованию комплекта материалов в учебной деятельности.

Ежегодно при участии общественного объединения издавались: сборник научных трудов «Ботаника (исследования)», а также научно-популярное издания из серии «Люди белорусской науки», посвященное памяти выдающихся белорусских ботаников. При участии членов ББО обеспечивается работа Республиканского научно-методического совета по координации деятельности гербариев, созданного при Национальной академии наук Беларуси. Продолжает функционировать научная библиотека ББО.

Вместе с тем, в работе ББО имеются определенные проблемы и актуальные вопросы, требующие первоочередного решения: необходимость обновления руководящих органов; актуализация численного состава; повышение активности региональных отделений.

А. В. Судник, заместитель председателя
ОО «Белорусское ботаническое общество», к.б.н., доцент

РЕЗОЛЮЦИЯ
XI ДЕЛЕГАТСКОГО СЪЕЗДА ОБЩЕСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

XI делегатский съезд ББО постановил:

1. Научно-организационную деятельность Совета и Президиума за отчетный период одобрить, акт ревизионной комиссии утвердить.

2. Рекомендовать вновь избранному Совету ОО «Белорусское ботаническое общество»:

– стремиться расширять свою деятельность, содействуя развитию научных исследований в сфере биологического разнообразия растительного мира, обращая особое внимание на развитие флористики, геоботаники, мониторинга и кадастра растительного мира и природных экосистем, физиологии и биохимии растений как фундаментальных научных основ для решения вопросов охраны природы и оптимизации состояния природной среды Республики Беларусь;

– в аспекте познания биоразнообразия считать первоочередной задачей подготовку современных сводок по флоре и растительности, поддержку усилий по подготовке к публикации фундаментального многотомного издания «Флора Беларуси» и нового издания Красной книги Республики Беларусь на современном научном уровне, содействовать развитию исследований по актуальным вопросам классификации растительности;

– участвовать в координации научных исследований, способствовать разработке научных основ и методов современных ботанических исследований по инвентаризации, мониторингу и сохранению разнообразия растительного мира;

– способствовать повышению квалификации молодых специалистов, содействовать популяризации актуальных ботанических вопросов и публикациям важнейших результатов исследований членов ББО;

– консолидировать усилия, опыт и знания ученых и преподавателей профильных научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений в различных областях ботанических исследований для использования их результатов в учебном процессе;

– расширить практику проведения международных обучающих семинаров и других научных мероприятий с привлечением учащихся старших классов школ и школьных лесничеств, ориентированных в будущем на работу в природоохранной и лесной отрасли;

– шире использовать информацию проводимых семинаров в образовательных и просветительских целях в учебных заведениях, средствах массовой информации и т.п.;

3. Результаты работы XI делегатского съезда и отчеты о деятельности Белорусского ботанического общества направлять для публикации в сборник научных трудов «Ботаника (исследования)», а также в научные журналы, издаваемые при поддержке Русского ботанического общества и его отделений.

4. Белорусское ботаническое общество заявляет о приверженности государственно-общественному партнерству, направленному на сотрудничество с государственными органами управления и общественными организациями по совместному решению актуальных проблем в области охраны растительного мира.

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОФЕРЕНЦИЯ «БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ БЕЛАРУСИ: СОХРАННОСТЬ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕРБАРИЕВ»

Согласно «Перечню научных, научно-технических и научно-практических мероприятий, планируемых к проведению организациями Национальной академии наук Беларуси в 2022 г.», утвержденному Постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси от 24.12.2021 №598, в период **с 20 по 23 сентября 2022 г.** Государственным научным учреждением «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» организована и проведена **II Международная научно-практическая конференция «Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев», приуроченная к 100-летию со дня создания Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси** *(сосудистые растения (MSK-V), мохообразные (MSK-B), лишайники (MSK-L), грибы (MSK-F), водоросли (MSK-A), палеоботаническая коллекция (MSK-P), карпологическая коллекция (MSK-C)) – научного объекта, являющегося национальным достоянием Республики Беларусь.*

Цель и задачи конференции – интеграция и кооперация усилий научно-исследовательских учреждений и органов государственного управления в области изучения и функционирования ботанических коллекций, в первую очередь связанных с их пополнением, цифровизацией, авторскими правами, изучением состояния биоразнообразия растительного мира с использованием коллекционных материалов, а также с перспективами их дальнейшего развития, определения роли гербарных данных в современных условиях, определением значения ботанических коллекций в познании биологического разнообразия.

Основные направления работы конференции:

1. Гербарные коллекции в современной ботанике: новые возможности.

2. Функционирование гербарных коллекций: новые и перспективные направления работы, авторские права.

3. Коллекции культур растений и грибов, их генетический потенциал.

4. Коллекции ботанических садов, как источник материала для генетических исследований.

5. Ботанические коллекции как средство познания и использования биологического разнообразия; базы данных, сетевое взаимодействие, использование гербария при публикации.

На конференции было представлено 65 докладов (в т. ч. 5 пленарных) 165-ти авторов от 41 организации и ведомств, научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений, заповедников и национальных парков Азербайджана, Беларуси, России, Турции и Узбекистана.

С приветственными словами перед участниками конференции выступили представители ведущих научных учреждений, связанных с изучением биологического разнообразия и имеющих отдельные биологические коллекции:

– Груммо Дмитрий Геннадьевич, кандидат биологических наук, директор Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси;

– Баранов Олег Юрьевич, член-корреспондент, академик-секретарь Отделения биологических наук НАН Беларуси;

– Чайковский Александр Иванович, генеральный директор НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам;

– Гельтман Дмитрий Викторович, доктор биологических наук, директор Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН;

На пленарных заседаниях были заслушаны и обсуждены доклады известных ученых из Беларуси и России:

– Д. В. Гельтман «Гербарные коллекции сегодня: новые возможности для решения старых проблем» (Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия);

– В. Н. Решетников, Е. В. Спиридович «Стратегия сохранения, изучения и использования генетических ресурсов растительного мира в ботанических коллекциях Центрального ботанического сада НАН Беларуси» (Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь);

– С. А. Сенатор, Н. Ю. Степанова, М. Б. Носова, М. С. Игнатов «Гербарий имени А. К. Скворцова Главного ботанического сада РАН (MHA) в эпоху «больших данных»» (Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия);

– А. П. Сухоруков, М. А. Кушунина «Гербарные коллекции как основной способ изучения признаков строения плодов и семян» (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия; Томский государственный университет, Томск, Россия);

– С. А. Коваленко, И. В. Бордок, И. В. Маховик, В. М. Лубянова, О. М. Назарова «Коллекция

штаммов базидиальных грибов Института леса НАН Беларуси» (Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь).

В рамках работы конференции было заслушано 39 научных сообщений (в т.ч. 9 – по видеосвязи на платформе программы «ZOOM»), представленных участниками из **Республики Беларусь** (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; Центральный ботанический сад НАН Беларуси; Институт генетики и цитологии НАН Беларуси; Институт леса НАН Беларуси; Институт микробиологии НАН Беларуси; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; Витебский государственный университет имени П. М. Машерова; Гродненский государственный университет имени Я. Купалы; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Белорусский государственный университет; Средняя школа № 93 г. Минска); из **Российской Федерации** (Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН; Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; Воронежский государственный университет; Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена; ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова; Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека; Чебоксарский филиал ФГБУ науки Главного ботанического сада имени Н. В. Цицина РАН; Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина; Центральный сибирский ботанический сад СО РАН; Амурский филиал Ботанического сада-института ДО РАН; Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского;) и **Республики Узбекистан** (Институт химии растительных веществ имени С. Ю. Юнусова).

Сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси на конференции было сделано 6 устных и 1 стендовый доклад (Д. В. Дубовик, С. С. Савчук, А. Н. Скуратович, В. Н. Лебедько, Т. Г. Шабашова, Д. Б.Беломесяцева, В. В. Карманова, С. И. Кориняк, А. П. Яцына, С. С. Колос).

Участники конференции, подтверждая детерминирующую планетарную роль растительности, как одного из факторов устойчивого развития цивилизации, и решающий вклад растительной компоненты в стабильность биосферы, а также исключительное место лесов в стабилизации экологической обстановки и экономики стран Европы, отметили, что:

– В странах Восточной Европы достигнуты значительные успехи в области оценки состояния лесов и растительности в целом. Учеными этого обширного региона организованы национальные и локальные системы мониторинга в зонах повышенной техногенной нагрузки и на ряде заповедных территорий, используемых в качестве контроля при оценке состояния трансформированных природных экосистем. В спектре природных зон сформированы элементы систем мониторинга растительности болот, лугов, вод, охраняемых и инвазивных растений, защитных и зеленых декоративных насаждений. Результаты мониторинга биологического разнообразия все шире используются в практике природопользования, охраны природы, в современном ресурсосберегающем агропроизводстве.

– Установлены основные тенденции развития экологической ситуации относительно растительного покрова и установлены факторы, определяющие эти тенденции. Выявлены основные закономерности изменения структуры флоры и растительности лесов, лугов, внутренних вод при антропогенном воздействии различного характера и интенсивности.

На основе анализа современной динамики и прогноза изменений климата, показанной при помощи гербарных материалов, как самого надежного инструмента ботанических исследований, сформулированы гипотезы возможных последствий таких изменения для растительного мира.

В работе с гербарными материалами достигнуты значительные успехи в использовании и изучении эффектов воздействия неблагоприятных факторов среды на жизнедеятельность отдельных видов растений и природных экосистем в целом, в понимании механизмов их устойчивости к внешним негативным воздействиям.

Использование компьютерной техники и формирование электронных баз данных, в том числе и гербарных, служит научно-информационной базой и неотъемлемой частью мониторинга по оценке состояния биоразнообразия растительного мира и отдельных его компонентов в комплексе с учетом широкого спектра биотических и абиотических факторов среды.

Вместе с тем, в работе с гербарными материалами существует на сегодняшний день немало проблем в области оценки и прогнозирования их использования, в т.ч. цифровизации, хранения, применения при нетрадиционных для ботаники исследованиях, в т.ч. генетических и иных, а также исследованиях состояния природных экосистем, повышения их устойчивости, средообразующих, защитных и продукционных функций.

Научно-исследовательские учреждения, обладающие гербарным материалом, недостаточно оснащены специфическим современным приборным оборудованием и снаряжением, особенно в сфере цифровизации, необходимыми для оперативной оценки состояния растений и контроля параметров среды.

По результатам обсуждений участниками конференции принята итоговая резолюция, в которой указано на необходимость:

– осуществлять тесное научное сотрудничество в исследованиях флоры с привлечением не только белорусских ученых в этой области, но и зарубежных коллег;

– считать приоритетными молекулярно-биологические исследования, с привлечением как гербарных коллекций, так и свежесобранного материала;

– укреплять сотрудничество не только ученых в области изучения фиторазнообразия, но и фитохимиков, генетиков, селекционеров, фармакологов и др. смежных специальностей;

– расширять и укреплять межотраслевые и межрегиональные исследования в области изучения флоры;

– уделить особое внимание на возможности опубликования совместных научных работ, заявок на гранты и конкурсы, обменных и сетевых программ между ВУЗами, НИИ, профильными центрами Беларуси и зарубежных стран;

– расширить возможности обмена гербарными коллекциями не только между основными гербариями Беларуси, но и с зарубежными странами;

– считать нецелесообразным создание частных гербарных коллекций, особенно тех, в которых присутствуют охраняемые виды растений. С

научной точки зрения должны использоваться только коллекции официальных учреждений;

– продолжить сборы, накопление и определение археоботанических коллекций с памятников археологии Беларуси;

– уделить особое внимание цифровизации гербарных коллекций, унификации и ведения баз данных, осуществлять сетевое взаимодействие;

– при публикации научных статей, касающихся флоры и гербария, в обязательном порядке корректно ссылаться на соответствующие гербарные сборы и место их хранения, коллекторов.

Участники поручили оргкомитету направить материалы и резолюцию в органы исполнительной власти, национальные органы управления охраны природы и лесного хозяйства стран региона, СМИ, неправительственные организации, национальные и координационные центры мониторинга и ведущие центры ботанических исследований Европы, разместить их на соответствующих Интернет-сайтах.

Генеральный директор НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, к.б.н. А. И. Чайковский торжественно вручил ведущему научному сотруднику Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, к.б.н. Д. В. Дубовику и старшему научному сотруднику А. Н. Скуратовичу Почетные грамоты за активное плодотворное сотрудничество в области изучения и устойчивого использования биологических ресурсов, к 100-летию со дня основания Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Участники мероприятия с благодарностью отметили большую работу, проведенную организационным комитетом конференции и Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси в целом по подготовке и проведению конференции. Оценивая атмосферу, в которой проходила конференция, можно уверенно утверждать, что это мероприятие придаст новый импульс работам по формированию гербарных коллекций, изучению биоразнообразия, его охране и рациональному использованию, в т.ч. и работам над созданием региональных и республиканских Красных книг.

К началу работы конференции изданы сборник материалов конференции и брошюра, посвященные 100-летию создания гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси:

Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев: материалы II Международной научно-практической конференции (Минск, 20–23 сентября 2022 г.) / редкол. В. И. Парфенов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 246 с. ISBN 978-985-880-265-3.

Гербарий / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 72 с. ISBN 978-985-880-269-1.

Оргкомитет II-ой Международной научно-практической конференции «Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев»

УКАЗАТЕЛЬ НОВЫХ НАЗВАНИЙ ТАКСОНОВ
INDEX TO NEW TAXA NAMES

Potentilla* × *belorussica D. Dubovik et S. Savczuk nothosp. nov. 252

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
REQUIREMENTS FOR AUTHORS

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

2. Основным условием публикации статей является их соответствие профилю издания, новизна и информативность содержания. Статьи принимаются редакцией и издаются на **русском, белорусском и английском языках**. Объем статьи не должен превышать **~40 тыс. знаков**, иной объем должен быть согласован с редакцией заранее.

3. Все материалы представляются распечатанными на белой бумаге (в 2-х экземплярах) с подписями всех авторов. На отдельных листах прилагаются: а) сведения *на русском* (*белорусском*) *и английском языках* с фамилиями, именами, отчествами авторов, указанием их должности, научной степени и звания; полным названием учреждения, почтовым и электронным адресом и телефоном для сообщений. б) акт экспертизы и сопроводительное письмо руководства или выписка из протокола заседания ученого совета (отдела, кафедры) учреждения, в котором выполнялась работа.

4. В электронном варианте работа предоставляется в редакцию в формате *.docx, *.doc, *.rtf. Название файла – фамилия первого автора. Формат страницы – **А4,** книжная ориентация, все поля – **2,2 см**. Шрифт **– Times New Roman**, межстрочный интервал – **1,0,** кегль шрифта **12**, абзацный отступ – **0,5 см**, выравнивание по ширине, автоматические переносы – отключены.

5. Структурные элементы статьи должны располагаться в следующей последовательности:

5.1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).

5.2. Инициалы и фамилии авторов.

5.3. Название статьи. В названии статьи типовые названия растений дублируются на латыни. Латинское название родов и видов печатается *курсивом***,** ссылка на автора прямым шрифтом**.**

5.4. Полное наименование учреждений с указанием города, страны, адреса электронной почты одного из авторов. Если статья оформляется несколькими учреждениями, то после ФИО каждого автора ставится верхний цифровой индекс ([1], [2], [3]), он же ставится перед названием учреждения**.**

5.5. Аннотация (кратко и информативно излагаются цели, методы и результаты работы **(100-200 слов)** с **ключевыми словами (**отражают содержание текста в терминах объектов, научной отрасли и методов исследования – **5–8 слов или словосочетаний**).

5.6. Далее в русско- и белорусскоязычных статьях на *английском языке* полностью приводятся все данные, предшествующие основному тексту статьи (пп. 5.1–5.5: авторы, название статьи, учреждения и аннотация); в англоязычных статьях вышеуказанные данные приводятся *на русском* (*белорусском*) *языке.*

5.7. Основной текст статьи, содержащий рубрики: «Введение», «Материалы (объекты) и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение». Графический материал и таблицы вставляются в основной текст, общее их количество, как правило, не должно превышать **8–10**. В русско- и белорусскоязычных статьях заголовки таблиц (в т.ч. колонок) и подрисуночные подписи даются на *русском* (*белорусском*) *и английском языках.*

5.8. Под заголовком «Благодарности» («Падзяка») или «Acknowledgements» сообщается информация о финансовой поддержке проектов грантами, а также о консультативной или методической помощи в проведении исследований.

5.9. Литература **(**цитируемые источники) – как правило, **от 15 до 40 ссылок**, приводятся общим списком **в порядке упоминания**, в тексте представлены порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1], [2, 3]). **Список оформляется в соответствии с требованиями Высшей**

аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Нумерация списка – не автоматическая!

6. Прочие технические требования: Не допускается изменения стандартных положений колонтитулов! Для формул используется формульный редактор Word. Вставку специальных символов выполнять через меню «Вставка / Символ». Верхний и нижний индексы (C^4, C_2) выполнять через меню «Шрифт / Верхний индекс», «Шрифт / Нижний индекс». Греческие буквы брать из гарнитуры «Symbol». Символы химических элементов (Na, Fe, Cl и др.) набираются прямым шрифтом. Между цифрами – длинное тире. Графический материал вставляется в текст без сжатия. Редакция вправе затребовать графический материал в виде отдельных файлов. Статьи с материалами о новых таксонах обязательно должны сопровождаться присылкой типа или изотипа этих таксонов. Со статьями о новых флористических находках должны быть представлены дубликаты образцов.

7. Поступившие в редакцию рукописи регистрируются, рассматриваются на соответствие профилю издания, соблюдение правил оформления и направляются на рецензирование. По рекомендации рецензента рукописи могут быть возвращены авторам на доработку. Переработанные статьи передаются редколлегии для принятия решения о публикации их в очередном выпуске сборника.

8. **Материалы с 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. **307, 301**. Тел. для справок: **+375 17 374 00 27, +375 17 378 25 14.**

9. **Электронный вариант статьи** предоставляется в редакцию по электронной почте: **botanika.issledovaniy@gmail.com.**

Научное издание

БОТАНИКА
(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 51

Ответственный за выпуск *Е. С. Патей*
Компьютерная верстка *Н. А. Зеленкевич*

Подписано в печать 26.12.2022.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл.печ.л. 31,6. Уч.-изд.л. 32,1.
Тираж 100 экз. Заказ № 22774.

Выпущено по заказу
государственного научного учреждения
«Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»

Издатель и полиграфическое исполнение:
общество с ограниченной ответственностью «Колорград».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/471 от 28.07.2015.

Пер. Велосипедный, 5-904, 220033, г. Минск,

+375 17 361 91 40
post@segment.by
segment.by