***ISSN 2221-9927***

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

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

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

# БОТАНИКА

# (ИССЛЕДОВАНИЯ)

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

Выпуск 56

*Издается с 1959 года*

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

*Включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

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

Минск
«ИВЦ Минфина»
2025

УДК 582

**Ботаника (исследования)**: сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество. – Мн., 2025. – Выпуск 56. – 354 с. – ISSN 2221-9927.

**Научный редактор:**

*Николай Афанасьевич Ламан* – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

**Редакционная коллегия:**

*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. В. Демидчик* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

*В. Н. Прохоров* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

*В. В. Титок* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук,
Центральный ботанический сад НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

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

*Ю. К. Виноградова* – доктор биологических наук, профессор,
Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН (Москва, Россия)

*Д. В. Гельтман* – доктор биологических наук, профессор,
Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, Россия)

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

*Н. С. Гурина* – доктор биологических наук, профессор,
Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

*О. М. Масловский* – доктор биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

*С. С. Медведев* – доктор биологических наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия)

*О. И. Родькин* – доктор биологических наук, доцент, Международный государственный
экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ (Минск, Беларусь)

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

*О. В. Созинов* – доктор биологических наук, доцент,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы (Гродно, Беларусь)

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

*О. А. Иванов* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

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

*С. С. Савчук* – кандидат биологических наук, доцент,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

*Т. В. Самович* – кандидат биологических наук,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

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

**Ответственный секретарь:**

*Наталья Алексеевна Зеленкевич* – кандидат биологических наук, доцент,
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

© Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 2025

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

***ISSN 2221-9927***

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

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

SOCIAL ASSOCIATION "BOTANICAL SOCIETY"

# BOTANY

# (RESEARCH)

**COLLECTION OF SCIENTIFIC TRANSACTIONS**

Issue 56

*Published since 1959*

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

*Included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database*

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

Minsk
"CIC of the MinFin"
2025

UDC 582

**Botany (research)**: collection of scientific transactions / National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, Botanical Society. – Minsk, 2025. – Issue 56. – 354 p. – ISSN 2221-9927.

**Scientific editor:**

*Nikolay Afanasyevich Laman* – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

**Editorial board:**

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

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

*V. V. Demidchik* – Corresponding Member (National Academy of Sciences of Belarus), D. Sc. (Biology),
Full Professor, Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

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

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

*G. T. Sytpaeva* – Academician (Kazakhstan National Academy of Natural Sciences), D. Sc. (Biology),
Institute of Botany and Phytointroduction of Kazahstan (Alma-Ata, Kazakhstan)

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

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

*D. G. Grummo* – D. Sc. (Biology), Associate Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

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

*O. M. Maslovsky* – D. Sc. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

*S. S. Medvedev* – D. Sc. (Biology), Full Professor,
Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia)

*O. I. Rodkin* – D. Sc. (Biology), Associate Professor,
International Sakharov Environmental Institute of BSU (Minsk, Belarus)

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

*O. V. Sozinov* – D. Sc. (Biology), Associate Professor,
Yanka Kupala Grodno State University (Grodno, Belarus)

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

*O. A. Ivanov* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

*A.V. Puhachevsky* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

*S. S. Savchuk* – Ph. D. (Biology), Associate Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

*T. V. Samovich* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

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

**Executive Secretary:**

*Natallia Aliakseeuna Zeliankevich* – Ph. D. (Biology), Associate Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

© Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 2025

Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Belarus
Fax +375 (17) 322 18 53, tel. + 375 (17) 378 25 14, e-mail: botanika.issledovaniy@gmail.com

# СОДЕРЖАНИЕ

## ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА

*В. Н. Лебедько*
Новые виды секции *Ranunculus* рода лютик (*Ranunculus* L.) во флоре Беларуси …….. 11

*О. М. Масловский, А. В. Левкович, И. П. Сысой, Я. А. Христюк-Макарова, А. П. Амбросова, Л. С. Чумаков, А. А. Астрелин, В. М. Лапицкий, Р. В. Шиманович*
Оценка состояния популяций редких и исчезающих видов сосудистых растений национального парка «Нарочанский» ……. 35

## ФИТОЦЕНОЛОГИЯ

*Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов, Д. Ю. Жилинский*
Характеристика современной растительности Березинского биосферного заповедника ……. 44

*Н. А. Зеленкевич, О. С. Рымша, Е. В. Мойсейчик*
Динамика растительности пойменного болота Споровское (Беларусь) ……. 68

*С. А. Комар, М. В. Ермохін, А. В. Пугачэўскі, В. С. Іўковіч*
Узроставая і вертыкальная структура стараўзроставых чорнаальховых лясоў (на прыкладзе Бярэзінскага біясфернага запаведніка) …….. 88

*Е. Я. Куликова, Г. В. Ермоленкова, А. С. Романюк, К. В. Добыш, С. И. Васюк, Н. Л. Вознячук, А. В. Пучило*
Травяные сообщества класса *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 залежных земель Белорусской Поозерской провинции ……. 100

*Р. В. Цвирко, Д. Г. Груммо, Е. М. Волкова, М. Е. Леготин*
*Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris* – ассоциация мезоэвтрофных травяно-сфагновых сосняков . 131

## ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Ф. В. Сауткин, Ф. Г. Яковчик, С. В. Буга*
Проблема устойчивости декоративных древесных растений к повреждению листовыми минерами: результаты оценки их вредоносности в рекреационных лесах и зеленых насаждениях национального парка «Нарочанский» ……... 144

*А. В. Судник, Р. М. Голушко, А. Ю. Комар, И. П. Вознячук*
Состояние лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог Беларуси ……... 153

## МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ

*Д. Б. Беломесяцева, Е. О. Короленя-Баранская, М. Г. Синявская, Т. Г. Шабашова*
Целомицет *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter – возбудитель усыхания побегов ели (*Picea* sp.) …….. 171

*Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева, С. А. Алейников*
Видовое разнообразие кортициоидных грибов порядка *Polyporales* Gäum. на территории национального парка «Беловежская пуща» …….. 178

## ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

*О. А. Иванов, Н. А. Шевцов*
Накопление осмолитов и стресс-индуцируемых метаболитов в сеянцах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях водного дефицита …… 186

*Е. М. Кабачевская, С. М. Савина, Т. В. Шпитальная, Р. Г. Гончарик, Ю. В. Прищепчик, Т. Г. Курьянчик, Т. А. Гапеева, А. М. Малевич*
Биохимические реакции листьев магнолии различных видов (*Magnolia* sp.) в ответ на действие холодового стресса и в постстрессовый период ..... 196

*А. І. Каханоўскі, А. У. Спірыдовіч*
Тканкавая спецыфічнасць, лакалізацыя і мадыфікацыя гідроксіантрахінонаў у прадстаўнікоў сямейства Крушынавыя (*Rhamnaceae* Juss.) ..... 206

*В. И. Лукша, Л. Ф. Кабашникова, Л. В. Пашкевич, С. Н. Шпилевский, М. А. Даркович, Я. Н. Артемчук, С. С. Гордиенко, В. Н. Прохоров, Е. Н. Карасёва, А. В. Бабков, М. М. Сак*
Влияние препаратов «Иммунакт-ГК», «Иммунакт-БИО» и «Экосил» на фотосинтетический аппарат и окислительный статус в листьях декоративных кустарников на урбанизированных территориях ..... 214

*Е. А. Маслюков, А. А. Лешков, Г. И. Булавко, А. П. Яковлев*
Физиологические и агрохимические эффекты применения диазотрофных бактериальных композиций в условиях обедненных почвенных субстратов ..... 224

*П. А. Небышинец, К. Р. Кем, Т. В. Самович, Н. А. Ламан*
Влияние инкрустации семян пленкообразующими составами на основе поливинилацетата и органического растворителя на рост проростков в стрессовых условиях ..... 232

*Л. В. Пашкевич, Л. Ф. Кабашникова, В. И. Лукша, И. Н. Доманская, С. Н. Шпилевский, М. А. Даркович, Я. Н. Артемчук, С. С. Гордиенко, Г. С. Бородич, Н. Л. Белоусова*
Использование физиолого-биохимических показателей для оценки болезнеустойчивости разных сортов ирисов (*Iris* L.) ..... 240

*В. Н. Прохоров, Е. Н. Карасёва, Т. В. Фролова, А. В. Бабков, М. М. Сак, А. Н. Гриц, Д. С. Коржова, А. Ф. Судник*
Оценка аллелопатической активности некоторых видов растений рода мелколепестник (*Erigeron* L.) ..... 250

*Ж. А. Рупасова, Ф. И. Привалов, Н. Б. Павловский, А. С. Саян, А. В. Ушакова, С. Н. Авраменко, Э. И. Коломиец, М. Н. Мандрик-Литвинкович, З. М. Алещенкова*
Влияние уровня плодородия почвы на биохимический состав плодов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) на фоне применения биологических препаратов рострегулирующего действия ..... 262

*Т. А. Скуратович, Т. Н. Куделина, О. В. Молчан*
Оценка эффективности воздействия гербицидов на основе глифосата и метсульфурон-метила в отношении циклахены дурнишниколистной (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt) Fresen.) ..... 275

*А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, С. В. Суховеева*
Фитогормональный контроль метаболизма полифенолов в листьях картофеля (*Solanum tuberosum* L.) при искуственном заражении фитофторой ..... 283

*В. П. Шуканов, Е. В. Мельникова, Л. А. Корытько, С. Н. Полянская, Ж. Н. Калацкая*
Влияние защитно-стимулирующих составов на основе регулятора роста растений «Макрофитум ВС» на болезнеустойчивость и продуктивность злаковых культур ..... 295

## БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ

*О. Ю. Круглова, И. А. Федюшко, В. В. Заяц*
Первая регистрация в Беларуси микромицета *Hesperomyces harmoniae* Haelew. & de Kesel (Ascomycota: Laboulbeniales) – эктопаразита инвазивного вида кокцинеллид – *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) ..... 310

*С. С. Савчук, В. Н. Лебедько*
Обнаружение молочая иллирийского (*Euphorbia illirica* Lam.), вида, ранее считавшегося исчезнувшим из состава флоры Беларуси ..... 317

## БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ

*А. П. Яцына, А. П. Свирид*
Инвентаризация лишайников рода *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. в коллекции лишайников Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK–L) ..... 322

## ЮБИЛЯРЫ

Валерий Фомич Побирушко (к 70-летию) ..... 330

Александр Викторович Пугачевский (к 70-летию) ..... 332

Иосиф Михайлович Степанович (к 70-летию) ..... 334

## ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Дина Константиновна Гесь (1935–2019) к 90-летию со дня рождения ..... 335

Николай Афанасьевич Дорожкин (1905–1993) к 120-летию со дня рождения ..... 336

Ольга Олеговна Ермакова (1945–2014) к 80-летию со дня рождения ..... 338

Сергей Михайлович Маштаков (1905–1970) к 120-летию со дня рождения ..... 339

Иван Наумович Рахтеенко (1905–1988) к 120-летию со дня рождения ..... 341

## ПОТЕРИ НАУКИ

Олег Петрович Булко (1935–2025) ..... 343

## ХРОНИКА

Международная молодежная летняя школа по лесной фитоценологии «Sylvan 2025» ..... 344

IV Международная научная конференция молодых ученых «Современные проблемы экспериментальной ботаники» ..... 346

Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты исследований биологических инвазий» ..... 347

Международный научно-практический семинар Международного научно-общественного экологического совета стран Евразийского экономического союза («Экосовет») ..... 349

***АННОТАЦИИ НОВЫХ КНИГ*** ..... 350

***УКАЗАТЕЛЬ НОВЫХ НАЗВАНИЙ СИНТАКСОНОВ*** ..... 351

***ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ*** ..... 352

# CONTENTS

## FLORA AND SYSTEMATICS

*V. N. Lebedko*
New Species of the *Ranunculus* Section of the Genus *Ranunculus* L. in the Flora of Belarus …….. 11

*O. M. Maslovsky, A. V. Levkovich, I. P. Sysoi, Y. A. Khrystsiuk-Makarava, A. P. Ambrosova, L. S. Chumakov, A. A. Astrelin, V. M. Lapitsky, R. V. Shimanovich*
Estimation of the Status of Rare and Endangered Vascular Plants Species Populations in the Narochansky National Park …….. 35

## PHYTOCENOLOGY

*D. G. Grummo, R. V. Tsvirko, N. A. Zeliankevich, E. V. Mojsejchik, O. V. Sozinov, D. Yu. Zhylinsky*
Characteristic of Contemporary Vegetation in the Berezinsky Biosphere Reserve …… 44

*N. A. Zeliankevich, O. S. Rymsha, E. V. Mojsejchik*
Vegetation Dynamic in the Sporovskoye Floodplain Mire (Belarus) …… 68

*S. A. Komar, M. V. Yermokhin, A. V. Puhachevskiy, V. S. Ivkovich*
Age and Vertical Structure of Old-growth Black Alder Forests: a Case from the Berezinsky Biosphere Reserve……. 88

*E. Ya. Kulikova, G. V. Ermolenkova, A. S. Romaniuk, K. V. Dobysh, S. I. Vasiuk, N. L. Voznyachuk, A. V. Puchilo*
Class *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 Grass Communities of the Fallow Lands in the Belarusian Lake Region ……... 100

*R. V. Tsvirko, D. G. Grummo, E. M. Volkova, M. E. Legotin*
*Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris* – Association of Mesoeutrophic Grass-Sphagnum Pine Forests . 131

## ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

*F. V. Sautkin, F. G. Yakouchyk, S. V. Buga*
Problem of the Resistance of Ornamental Woody Plants to Leaf Miners: Results of the Assessment of Their Pestfulness in Recreational Forests and Green Spaces in the Narochansky National Park …… 144

*A. V. Sudnik, R. M. Golushko, A. Yu. Komar, I. P. Voznyachuk*
State of Forest and Protective Tree Stands Along the Belarus Railways …… 153

## MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

*D. B. Belomesyatseva, Ye. O. Korolenya-Baranskaya, M. G. Sinyavskaya, T. G. Shabashova*
Coelomycete *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter Is a Pathogen Causing Spruce (*Picea* sp.) Shoot Dieback ……..... 171

*T. G. Shabashova, D. B. Belomesaytseva, S. A. Aleinikau*
Species Diversity of Corticoid Fungi Polyporales Gäum. Order in the National Park "Belovezhskaya Puscha" Territory …….. 178

## PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

*O. A. Ivanov, N. A. Shevtsov*
Accumulation of Osmolites and Stress-induced Metabolites in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings under Water Deficit Conditions …… 186

*A. M. Kabachevskaya, S. M. Savina, T. V. Shpitalnaya, R. G. Goncharik, Yu. V. Prischepchik, T. G. Kuryanchyk, T. A. Gapeeva, A. M. Malevich*
Biochemical Reactions of Magnolia Leaves of Different Species (*Magnolia* sp.) in Response to Cold Stress and Post-stress Period …… 196

*A. I. Kakhanousky, A. U. Spirydovich*
Tissue Specificity, Localization and Modification of Hydroxyanthraquinones in *Rhamnaceae* …… 206

*V. I. Luksha, L. F. Kabashnikova, L. V. Pashkevich, S. N. Shpileusky, M. A. Darkovich, Y. N. Artemchuk, S. S. Gordienko, V. N. Prokhorov, E. N. Karasiova, A. V. Babkov, M. M. Sak*
The Effect of the Preparations "IMMUNACT-GC", "IMMUNACT-BIO" and "ECOSIL" on the Photosynthetic Apparatus and the Oxidative Status of Ornamental Shrubs Leaves in Urbanized Areas …… 214

*E. A. Maslyukov, A. A. Leshkov, G. I. Bulavko, A. P. Yakovlev*
Physiological and Agrochemical Effects of Diazotrophic Bacterial Compositions Applied in Nutrient-poor Soil Substrates …….. 224

*P. A. Nebyshinets, K. R. Kem, T. V. Samovich, N. A. Laman*
The Influence of Seed Incrustation with Film-forming Compositions Based on Polyvinyl Acetate and an Organic Solvent on the Growth of Seedlings under Stress Conditions ……..232

*L. V. Pashkevich, L. F. Kabashnikova, V. I. Luksha, I. N. Domanskaya, S. N. Shpileusky, M. A. Darkovich, Y. N. Artemchuk, S. S. Gordienko, G. S. Borodich, N. L. Belousova*
Physiological and Biochemical Parameters to Estimation Disease Resistance of Different *Iris* L. Varieties .. 240

*V. N. Prokhorov, E. N. Karasiova, T. V. Frolova, A. V. Babkov, M. M. Sak, A. N. Grits, D. S. Karzhova, A. F. Sudnik*
Allelopathic Activity Assessment of Some *Erigeron* L. Plant Species …….. 250

*J. A. Rupasova, F. I. Privalov, N. B. Pavlovsky, A. S. Sayan, A. V. Ushakova, S. N. Avramenko, E. I. Kolomiet, M. N. Mandrik-Litvinkovich, Z. M. Aleshchenkova*
Influence of Soil Fertility Level on Biochemical Composition of High-growing Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruits Against the Background of Application of Biological Preparations with Growth-regulating Effect ……... 262

*T. A. Skuratovich, T. N. Kudelina, O. V. Molchan*
Evaluation of the Impact Efficiency of Herbicides Based on Glyphosate and Methylsulfurone-methyl in Relation to *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt) Fresen. …….. 275

*A. A. Smirnov, E. M. Kabachevskaya, S. V. Sukhoveyeva*
Phytohormone Control of Polyphenol Metabolism in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Leaves under Artificial Late Blight Infection ……. 283

*V. P. Shukanov, E. V. Melnikova, L. A. Karytsko, S. N. Polijanskaja, J. N. Kalatskaja*
Influence of Protective-stimulating Compounds Based on the Plant Growth Regulator «Macrophytum VS» on Disease Resistance and Productivity OF Cereal Crops ……295

## BOTANICAL DISCOVERIES

*O. Yu. Kruglova, I. A. Fiadziushka, V. V. Zajats*
First Registration of Micromycete *Hesperomyces harmoniae* Haelew. & de Kesel (Ascomycota: Laboulbeniales) – Ectoparasite Invasive Species of Coccinellide – *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) in Belarus ……. 310

*S. S. Sauchuk, V. N. Lebedko*
Discovery of *Euphorbia illirica* Lam., a Species Previously Considered as Extinct in the Flora of Belarus .. 317

## BOTANICAL COLLECTIONS

*A. P. Yatsyna, A. P. Svirid*
Inventory of Lichens of the Genus *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. in the Lichen Collection of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (MSK–L) ……... 322

**JUBILEE**

Valery Fomich Pobirushko (on his 70th birthday) ..... 330
Alexander Viktorovich Pugachevsky (on his 70th birthday) ..... 332
Iosif Mikhailovich Stepanovich (on his 70th birthday) ..... 334

**MEMORABLE DATES**

Dina Konstantinovna Ges (1935–2019) on the 90th anniversary of the birth ..... 335
Nikolai Afanasyevich Dorozhkin (1905–1993) on the 120th anniversary of the birth ..... 336
Olga Olegovna Ermakova (1945–2014) on the 80th anniversary of the birth ..... 338
Sergey Mikhailovich Mashtakov (1905–1970) on the 120th anniversary of the birth ..... 339
Ivan Naumovich Rakhteenko (1905–1988) on the 120th anniversary of the birth ..... 341

**OBITUARY**

Oleg Petrovich Bulko (1935–2025) ..... 343

**CHRONICLE**

International Youth Summer School on Forest Phytocenology "Sylvan 2025" ..... 344
IV International Scientific Conference of Young Scientists "Modern Problems of Experimental Botany" ... 346
International Scientific Conference "Fundamental and Applied Aspects of Biological Invasion Research" .. 347
International Scientific and Practical Seminar of the International Scientific and Public Environmental Council of the Eurasian Economic Union Countries (Eco-Council) ..... 349

***NEW BOOKS DESCRIPTIONS*** ..... 350

***INDEX TO NEW SYNTAXA NAMES*** ..... 351

***REQUIREMENTS FOR AUTHORS*** ..... 352

# ФЛОРА И СИСТЕМАТИКА
# FLORA AND TAXONOMY

УДК 582.675.1: 581.96 (476)

В. Н. ЛЕБЕДЬКО

## НОВЫЕ ВИДЫ СЕКЦИИ *RANUNCULUS* РОДА ЛЮТИК (*RANUNCULUS* L.) ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: vladmir.flora@yandex.by*

**Аннотация.** Приводятся 32 новых для флоры Беларуси апомиктических видов секции *Ranunculus* одноименного рода. Все таксоны представлены 3 группами: *R.* aggr. *auricomus* L., *R.* aggr. *cassubicus* L., *R.* aggr. *fallax* (Wimm. et Grab.) Schur. Подавляющее количество видов относится к первой группе. Представлен их иллюстративный материал, морфологическое описание, экологическая приуроченность, распространение в Беларуси, общее распространение, для некоторых таксонов, при необходимости, приводятся критические пояснения.

**Ключевые слова:** секция *Ranunculus*, апомиктический комплекс, новые виды, флора Беларуси.

V. N. LEBEDKO

## NEW SPECIES OF THE *RANUNCULUS* SECTION OF THE GENUS *RANUNCULUS* L. IN THE FLORA OF BELARUS

*V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: vladmir.flora@yandex.by*

**Annotation.** Thirty-two apomictic species of the *Ranunculus* section of the genus *Ranunculus* new to the flora of Belarus are reported. All taxa are represented by three groups: *R.* aggr. *auricomus* L., *R.* aggr. *cassubicus* L., and *R.* aggr. *fallax* (Wimm. et Grab.) Schur. The overwhelming majority of species belong to the first group. Their illustrative material, morphological description, ecological confinement, distribution in Belarus and general distribution are presented; for some taxa, critical explanations are provided where necessary.

**Keywords:** *Ranunculus* section, apomictic complex, new species, flora of Belarus.

### Введение

*Ranunculus* L. – это крупнейший род семейства *Ranunculaceae* Adans., входящий в число 50 ведущих родов покрытосеменных растений [1]. В нем насчитывается более 600 видов, распространенных во всех внетропических странах, а также в горных районах тропиков [2]. В составе рода секция *Ranunculus* (лектотип рода – *Ranunculus auricomus* L.), несомненно наиболее сложная в систематическом отношении. Высокое разнообразие входящих в нее таксонов является результатом гибридизационных процессов между первичными (преимущественно диплоидными) видами этой секции, среди которых возникло значительное количество вполне обособленных и стабилизировавшихся вторичных видов, из которых многие являются апомиктическими.

В настоящее время в странах Восточной Европы апомиктический комплекс секции *Ranunculus* вызывает все больший интерес исследователей [2–14]. Одной из самых полных сводок для данного региона является «Флора Восточной Европы» [2]. В ней апомиктический комплекс этой ции представлен 84 видами (включая представителей *R.* aggr. *monophyllus* Ovcz.), большая часть которых встречается в Европейской части России. Из них описано 9 новых для науки апомиктических видов, являющихся эндемиками Восточной Европы. Для Верхне-Днепровского райо-

на, куда входит и Беларусь, здесь приводится 19 видов. Непосредственно для территории Беларуси в последней и более полной обобщающей сводке «Флора Беларуси» [15] приводится 84 вида из данного комплекса, что уже более чем в 4 раза превысило количество таксонов, указанных в целом для Верхне-Днепровского района. Из них 13 новых для науки видов.

В результате дальнейшего критического изучения апомиктического комплекса секции *Ranunculus* в Беларуси его видовой состав в настоящее время существенно расширен. Большинство приводимых в данной работе таксонов относится к *R.* aggr. *auricomus* L. К примеру, в отличие от «Флоры Восточной Европы» [2], на территории Беларуси пока еще не были отмечены виды, относящиеся к *R.* aggr. *monophyllus* Ovcz.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Объектом исследований является секция *Ranunculus* одноименного рода.

Исследования проводили традиционным маршрутно-поисковым методом. Флористическое разнообразие секции изучали с акцентом на подходящие места произрастания: луговые и лесные сообщества, включая особо охраняемые природные территории, а также различные типы антропогенно нарушенных местообитаний – рудеральные места, обочины дорог, сады, мелиоративные каналы. Особое внимание уделяли старинным усадебным паркам и другим дендрологическим насаждениям (ботаническим садам и дендрариям), где могли присутствовать виды этой секции, занесенные туда с посадочным материалом из разных стран Европы.

Во время многочисленных полевых экспедиций на территории Беларуси, автором лично и непосредственно при его участии, начиная с 2010 г. собрано свыше 2000 гербарных образцов из данной секции рода *Ranunculus*, которые переданы в Гербарий Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK).

Определение таксонов проводили с помощью имеющихся в литературе диагностических ключей, морфологических описаний типового материала и его графических изображений [16–25]. Номенклатура таксонов принята преимущественно по номенклатурной и таксономической онлайн базе данных – «https://powo.science.kew.org».

Также проведена комплексная ревизия основных Гербариев Беларуси и зарубежных стран (России, Украины, Польши, Литвы, Латвии) (MSK, MSKU, MW, LE, KW, KRAM, WI, DAU и др.). Всего критически проанализировано свыше 5000 гербарных образцов, собранных в различный исторический период.

Критическое изучение гербарного материала выявило множество случаев ошибочной идентификации внутри видового комплекса *Ranunculus*, а также указало на высокий уровень морфологического и экологического разнообразия внутри этой группы, что позволило продолжить работу по актуализации и уточнению видового состава секции и закономерностей распространения ее представителей в стране.

## Результаты исследования и их обсуждение

Определение апомиктических видов секции *Ranunculus* требует многочисленного, качественно собранного материала, с учетом основных морфологических признаков, разделяющих виды данной секции:

– **цветок.** Наибольшее значение имеют строение цветоложа, степень развития лепестков и тычинок, форма и длина столбиков. У перекрестно опыляемых видов обычно все лепестки редуцированы и наружные тычинки имеют более короткие нити с плохо развитыми пыльниками. Имеется довольно много промежуточных по этим признакам видов, у которых более или менее развита лишь часть лепестков. Для подсекции *Ranunculus* более характерно голое или рассеянно-волосистое цветоложе с удлиненными карпеллофорами (хотя есть немало исключений). В подсекции *Cassubici*, напротив, цветоложе обычно густо волосистое с очень короткими карпеллофорами, а носики семянок обычно более длинные и при основании прямые;

– **стеблевые листья.** У всех видов секции они сидячие и до основания рассечены на сегменты различной формы и длины. У видов подсекции *Ranunculus* они чаще линейные и цельнокрайные, а у видов подсекции *Cassubici* – более широкие и зубчатые;

– **прикорневые листья.** В пределах секции очень сильно варьируют по форме пластинок. Для подсекции *Ranunculus* характерны прикорневые листья преимущественно с рассеченными пластинками, а для подсекции *Cassubici*, более характерны цельные почковидные пластинки (виды с только рассеченными листовыми пластинками, вероятно, являются в этой секции гибридогенными). Также у представителей подсекции *Cassubici* у основания побегов имеются чешуевидные листья, так называемые катафиллы,

которые всегда вторичны по отношению к листьям, обладающим пластинкой. У гибридогенных видов этой подсекции с б. м. рассеченными пластинками, катофиллы часто слабо развиты и уже к концу цветения отмирают.

У видов секции с б. м. выраженной гетерофиллией необходимо учитывать определенную цикличность появления разных листьев. Прикорневые листья одних и тех же особей могут существенно различаться по форме в разные периоды фенофазы растения. Весьма желательно собирать один и тот же вид с одного и того же места произрастания во время цветения и при плодоношении. Кроме того, надо иметь ввиду, что в случае гибели более ранних листьев они замещаются листьями не того же строения, а следующего цикла.

Далее приведен перечень новых видов секции *Ranunculus* для территории Беларуси:

1–27. ***Ranunculus*** aggr. ***auricomus*** L. 1753, Sp. Pl. : 551.

Обычно некрупные и тонкостебельные растения. К числу важнейших диагностических признаков таксонов комплекса *R. auricomus* относится конфигурация прикорневых листьев. Их относительно немного; тем не менее, даже в пределах одной особи преобладает ярко выраженная гетерофиллия: фактически, ни один лист не похож полностью на другой. Пластинки прикорневых листьев более или менее рассеченные; основные лопасти, доли и сегменты их с более менее оттянутыми верхушками. Сегменты стеблевых листьев обычно линейные и цельнокрайние. Цветоложе обычно голое или рассеянно-волосистое с удлиненными карпеллофорами.

***Ranunculus amplisinus*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 131. (рис. 1а). – *R. auricomus* subsp. *amplisinus* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3: 21.

**Краткое морфологическое описание.** Растение умеренно высокое, до 45 см выс., с серовато-зелеными листьями. Прикорневые листья 3–5-раздельные на довольно узкие доли; пластинки с очень широкой базальной выемкой у основания, их средний сегмент длинный и узкий, иногда несколько изогнутый, часто очень удален от боковых сегментов (угол иногда почти прямой). Боковые сегменты довольно узкие, часто двураздельные, с небольшим лопастным сегментом и цельными долями. Промежуточные прикорневые листья обычно с более узкой базальной выемкой, часто с тупыми зубцами и долями. Нижние стеблевые листья умеренной длины, довольно узкие, обычно линейные, часто цельнокрайние. Чашелистики обычно с красным оттенком на верхушке. Цветоложе очень редко волосистое, часто почти голое. Цветки темно-желтые, довольно крупные, но почти всегда несовершенные, с частично или полностью недоразвитыми лепестками.

Тип: описан из Финляндии («Links oben: Al. Vårdö, Vargata, «Anderssons hage», nasse Weide, Olofss. 13.5.1945. Links unten: Ta. Kalvola, Kuurila, Wiese < 1 km S von der Eisenbahnstation, Md 1.6. 1951. Rechts: St. Björneborg, Fleiviikinranta, kulturbeeinflusster Uferhain, Md 22. 5.1953»).

На лугах, вдоль обочин канав, в сырых и заболоченных лесах.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Минская обл.** *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus baeckii*** (Fagerstr. ex Kvist) Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 78. (рис. 1б). – *R. auricomus* subsp. *baeckii* Fagerstr. ex Kvist. 1982, Ann. Bot. Fenn., 19 : 53.

**Краткое морфологическое описание.** Растение средней высоты, серовато-буровато-зеленое. Стебель прямой, довольно крепкий, с отходящими от середины под прямым углом побегами. Прикорневые листья округло-почковидные с широкой базальной выемкой, короткими и широкими сегментами и лопастями. Апикальный зубец среднего сегмента короткий и тупой. Последующие листья довольно глубоко разделены, их сегменты часто клиновидные. Доли нижних стеблевых листьев многочисленные, довольно короткие, линейные, тупые, цельнокрайние, иногда некоторые двураздельные. Чашелистики желтоватые, нередко с фиолетовой верхушкой. Цветоложе с одиночными волосками. Цветки довольно крупные, обычно б. м. развитые, но иногда с почти редуцированными лепестками.

Голотип: описан из Финляндии («Fennia. Lapponia enontekiensis. Enontekiö: Siilastupa, 1935 H. Roivainen»).

На сырых лугах, в сырых и заболоченных лесах.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Минская обл.** *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus binatus*** Kit. ex Rchb. 1832, Fl. Germ. Excurs., 2 : 723. (рис. 1в). – *R. auricomus* subsp. *binatus* (Kit. Ex Rchb.) Jasiewicz. 1985, Fl. Polski Rosl. Naczyniowe, ed. 2, 4 : 72, without basionym ref.




а б в г

**Рис. 1. / Fig. 1.** а – *Ranunculus amplisinus* (Markl.) Ericss.;
б – *R. baeckii* (Fagerstr. ex Kvist) Ericss., в – *R. binatus* Kit. ex Rchb.; г – *R. bottnicus* Ericss.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, 15–35 см выс., у основания волокнистые, в верхней части разветвленные. Обычно все прикорневые листья б. м. рассеченные, в очертании округло-почковидные, в количестве 3–6(8). Пластинки наружных прикорневых листьев мелкие, тупо зубчатые, с выемкой у основания 75–120°, трехлопастные (редко трехраздельные). Последующие листья крупнее, с более широкой у основания выемкой и довольно острыми зубцами, часто до ¾ и глубже трехраздельные (иногда почти до основания), с узкой средней долей. Летние листья с очень широкой выемкой у основания, до 180°, чаще трехлопастные, с узкой средней долей и довольно остроузубчатыми боковыми долями. Доли нижних стеблевых листьев линейные, цельнокрайные. Цветоложе обычно волосистое, с многочисленными карпеллофорами средней длины. Цветки мелкие, очень часто с недоразвитыми лепестками.

Неотип: описан из северной Словакии («E Liptovia ab Generšich, in vallibus sylvat[icis] / Herbar. Kitaibel 4811 / Mus. nat. hung. fasc. XVI, no. 171»).

На сырых закустаренных лугах.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Минская обл.** *Пуховичский р-н:* окр. о. п. Веленский (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Неоднозначно трактуемый таксон [25], вероятно, относится к группе *R. indecorus* W. Koch.

***Ranunculus bottnicus*** Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 78. (рис. 1г). – *R. auricomus* subsp. *dactylophyllus* Julin. 1977, Bot. Not., 130: 288.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, прямые, 15–35 см выс., у основания фиолетовые, преимущественно в верхней части разветвленные. Прикорневые листья в очертании округло-почковидные, в количестве 3–8. Пластинки наружных прикорневых листьев многолопастные, с ланцетными, обычно цельными долями. Последующие листья многораздельные, с ланцетными, острыми, цельными или редко остроузубчатыми сегментами. Летние листья 3–5-лопастные или почти неразделенные, остроузубчатые. Доли нижних стеблевых листьев линейно-ланцетные, обычно цельнокрайные. Цветоложе густо-волосистое, с карпеллофорами средней длины. Цветки до 18 мм в диам., часто с б. м. развитыми лепестками.

Голотип: описан из Швеции («Suecia, Vestrobottnia, Vännäs, Vännfors, in prato roparío secus flumen Vindelälven 1.7.1996. Julin ssp. nov.»).

Черноольшаники, окраины болот, сырые и влажные луга, пастбища, старые парки.

**Распространение в Беларуси.** В юго-западной части страны, очень редко.

**Брестская обл.** *Ивановский р-н:* д. Дружиловичи (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus dactylophylloides*** (Julin) Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 79. (рис. 2а). – *R. auricomus* subsp. *dactylophylloides* Julin. 1980, Opera Bot. 57: 40.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, прямые или слегка изогнутые, 20–35 см выс., у основания фиолетовые и обычно волокнистые, в верхней части разветвленные. Большинство прикорневых листьев б. м. рассеченные, обычно довольно мелкие, в очертании округло-почковидные, с широкой выемкой у основания 140–180°, в количестве 3–4(6). Пластинки наружных прикорневых листьев мелкие, многолопастные, обычно цельнокрайные. Последующие листья немного крупнее, многораздельные, с ланцетными, острыми, чаще цельными сегментами. Летние листья слегка надрезанные или неразделенные, остроузубчатые. Доли нижних стеблевых листьев средней длины, линейные, цельнокрайные или с несколькими зубцами или лопастями, часто некоторые их них на черешочке. Цветоложе продолговатое, редко-волосистое, с немногочисленными карпеллофорами средней длины. Цветки мелкие, около 10 мм в диам., часто с б. м. развитыми лепестками.

Голотип: описан из Швеции («Suecia. Sudermannia, par. Nynäshamn, Nynäs, in prato 21.6.1966, T. Sundin (UPS)»).

Внепойменные луга.

**Распространение в Беларуси.** В северной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Витебская обл.** *Сенненский р-н:* окр. д. Менютево (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus decorifactus*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 137. (рис. 2б). – *R. auricomus* subsp. *decorifactus* Julin. 1965, Ark. Bot., 6(2) : 53.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно крепкие, прямые, 25–50 см выс., в верхней части разветвленные. Прикорневые листья в очертании округло-почковидные, в количестве 3–6. Пластинки наружных прикорневых листьев коротко трехлопастные или цельные, неравномерно городчато-зубчатые, с широкой выемкой у основания. Последующие листья трех-




а б

в г

**Рис. 2. / Fig. 2.** а – *Ranunculus dactylophylloides* (Julin) Ericss.,
б – *R. decorifactus* (Julin) Ericss., в – *R. dissidens* (Markl.) Ericss., г – *R. dysandrus* (Markl.) Ericss.

раздельные, с клиновидным средним сегментом и неразделенными тупо-зубчатыми или дольчатыми боковыми сегментами. Промежуточные листья 3–5(7)-раздельные. Внутренние листья почти округлые, с широкой (до 180°) выемкой у основания, 3–5-раздельные, с 2–3-лопастным средним сегментом и разделенными или дольчатыми острозубчатыми боковыми долями. Летние листья почти округлые, часто с широкой выемкой у основания, 3-раздельные, часто со средним сегментом на черешочке и дву- или трехлопастными, острозубчатыми боковыми долями. Доли нижних стеблевых листьев довольно длинные, широколинейные или ланцетные, обычно цельнокрайные. Цветоложе довольно крупное, яйцевидное, с редкими волосками и довольно короткими карпеллофорами. Цветки до 3 см в диам., часто с хорошо развитыми лепестками.

Голотип: описан из Швеции («Södermanland. Tuna : Fada 14. VI. 1962, 31.V.1963»).

Сырые и влажные луга, пойменные широколиственные леса.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, редко.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. д. Корсунь (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus dissidens*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 138. (рис. 2в). – *R. auricomus* subsp. *dissidens* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 43.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, прямые или слегка изогнутые, 15–35 см выс., у основания фиолетовые, преимущественно в верхней части разветвленные. Большинство прикорневых листьев б. м. рассеченные, в очертании полукруглые, с широкой выемкой у основания 70–150°, в количестве 3–4. Пластинки наружных прикорневых листьев трехраздельные, со средним сегментом в верхней части редко, коротко и тупо-зубчатым. Последующие листья глубоко-трехраздельные, с довольно узким средним сегментом и двураздельными боковыми сегментами. Летние листья преимущественно слегка трехлопастные, остро- и густо-зубчатые, вырезы между короткой средней долей и широкими боковыми часто очень узкие. Доли нижних стеблевых листьев линейные, обычно цельнокрайные, некоторые могут иметь 1–2 зубца. Цветоложе голое, с карпеллофорами средней длины. Цветки в основном с неразвитыми лепестками.

Тип: описан из Финляндии («Al. Vårdö, Simskäla, Västerön, Olofss. 1.6.1948. Links sowie oben: Rasen E vom Dorfe. Rechts: begraster Boden im Zentrum des Dorfes»).

Различные типы лугов.

**Распространение в Беларуси.** В южной и западной частях страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Мозырский р-н:* окр. д. Слобода (MSK).

**Гродненская обл.** *Дятловский р-н:* д. Юровичи (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus dysandrus*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 138. (рис. 2г). – *R. auricomus* subsp. *dysandrus* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 45.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, прямые, 25–50 см выс., в верхней части разветвленные. Пластинки наружных прикорневых листьев слегка трехраздельные, с лопастными боковыми сегментами. Промежуточные листья в основном глубоко трехраздельные, со средним обратнояйцевидно-ланцетным сегментом, в верхней части имеющим несколько туповатых зубцов и боковыми сегментами глубоко и узко раздельными. Летние листья глубоко и узко разделены, почти рассечены на базальные сегменты, нередко частично перекрывающиеся, с острыми зубцами. Доли нижних стеблевых листьев длинные, узколинейные, цельнокрайные. Цветоложе голое. Цветки довольно мелкие, до 1,8 см в диам., часто с б. м. развитыми лепестками.

Тип: описан из Финляндии («Åbo : Runsala, Grabenrand bei der Landstrasse E von der Abzweigung des Weges nach Kuuva, Md 11.6.1943. Links»).

Сырые и заболоченные луга, низинные ключевые болота, опушки ольсов, в поймах рек и ручьев с ключевинами.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, редко.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* д. Кляпин (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Очень схож с *R. brunnescens* (Markl.) Ericss., но отличается от него совершенно голым цветоложем и часто хорошо развитыми лепестками цветков.

***Ranunculus geminatus*** (Markl. ex Fagerstr.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 140. (рис. 3а). – *R. auricomus* subsp. *geminatus* Markl. ex Fagerstr. 1974, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(1) : 19.

**Краткое морфологическое описание.** Растение сизовато-зеленое. Стебли довольно тонкие, б. м. прямые, 15–35 см выс., у основания слегка фиолетовые, в средней и верхней части разветвленные. Все прикорневые листья б. м. рассеченные, в очертании округло-почковидные, с до-




а б

в г

**Рис. 3. / Fig. 3.** а – *Ranunculus geminatus* (Markl. ex Fagerstr.) Ericss., б – *R. haglundii* (Julin) Ericss., в – *R. hevellus* Hulsen ex O.Schwarz., г – *R. holanthus* (Markl.) Ericss.

вольно широкой выемкой у основания 40–150°, в количестве 2–4(6). Пластинки наружных прикорневых листьев трехлопастные, с редко- и тупозубчатым широким средним сегментом. Средние листья глубоко-трехлопастные, с широким основанием, узким или широко-клиновидным средним сегментом и 2–3-лопастными боковыми сегментами. Внутренние листья того же строения что и средние, но еще более глубоко лопастные или полностью трехраздельные, с глубоко-лопастной средней частью. Летние листья преимущественно трехлопастные, с островатыми зубцами. Доли нижних стеблевых листьев линейные, обычно цельнокрайные, редко некоторые снабжены несколькими мелкими зубцами; неко торые доли нижних стеблевых листьев иногда бывают на черешочках. Цветоложе мелкое, шаровидное, довольно волосистое, с карпеллофорами обычно средней длины. Цветки в основном с неразвитыми лепестками.

Тип: описан из Финляндии («Finnland, Karelia australis, Vehkalahti, Pyhältö, nahe Järvelä, 6. VI. 1953, leg. L. Fagerström»).

Преимущественно пойменные луга и леса.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. б. д. Струмень (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus haglundii*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 141. (рис. 3б). – *R. auricomus* subsp. *haglundii* Julin. 1967, Ark. Bot., a.s., 6(5) : 268. – *R. auricomus* subsp. *sparsidens* Markl. ex Fagerstr. 1976, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(4) : 90.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, прямые или в нижней части изогнутые, 15–35 см выс., в верхней части раскидисто-разветвленные. Пластинки наружных прикорневых листьев почковидные, трехлопастные, по краю городчатые, с довольно широким основанием. Последующие листья трехраздельные, с широко-клиновидным средним сегментом, дольчатой верхушкой и 2-лопастными боковыми сегментами. Промежуточные листья многораздельные, с ланцетными сегментами часто на черешочках, острозубчатые. Средние листья примерно того же строения что и промежуточные. Внутренние листья почти округлые, трехраздельные, с трехлопастной верхушкой. Летние листья преимущественно трехлопастные, с двулопастными или неразделенными боковыми лопастями, с более острыми зубцами. Доли нижних стеблевых листьев обычно довольно короткие, линейно-ланцетные или ланцетные, часто снабжены 1 – 2 зубцами разной длины или долями, некоторые из них могут быть на черешочках. Цветоложе небольшое, узко-яйцевидное, обычно голое, с довольно длинными немногочисленными карпеллофорами. Цветки с почти полностью редуцированными или б. м. развитыми лепестками.

Тип: описан из Швеции («Öland. Köping : alter Garten S von Lundegård 1944 G.H. Norra Möckleby : Laubwälgchen an der Gemeindegrenze zw. S. Bäck u. Gunnarstorp 1945 G. H.; Laubwäldchen am Weg zw. Bettorp U. Gunnarstorp, W von Bettorp 26. V 1945 G. H. (Holotypus). Räpplinge : wiese bei der Kirche 1944 G. H.»).

Лиственные леса, луга.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. дд. Кляпин и б. д. Труд (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus hevellus*** Hulsen ex O.Schwarz. 1949, Mitt. Thüring. Bot. Ges., 1 : 134. (рис. 3в). – *R. auricomus* f. *hevellus* Asch. et Graebn. 1898, Fl. Nordostdeut. Flachl. : 337.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли довольно тонкие, б. м. прямые, 15–30 см выс., красноватые у основания, в верхней части раскидисто-разветвленные. Прикорневые листья в количестве 3–6, с довольно широким 40–150° основанием, в очертании почти округлые. Пластинки наружных прикорневых листьев глубоко 3 – 5-лопастные, боковые доли повторно глубоко надрезанные, тупо зубчатые. Последующие листья 3–5-раздельные, иногда с тремя основными сегментами на черешочках. Внутренние листья менее глубоко рассеченные, доли их довольно широкие и более острозубчатые. Доли нижних стеблевых листьев широко- или узколинейные, цельнокрайные, редко с 1–2 линейными долями. Цветоложе довольно крупное, яйцевидное и голое, с карпеллофорами средней длины. Цветки с полностью или частично недоразвитыми лепестками.

Лектотип: описан из Германии («Rathenow, Grünauer Forst (8 Mai 1891 – R. Hülsen – Typus; 27.4.1897 c. fr., 28.5.1897 c. fr., – R. Hülsen»).

Влажные лиственные леса, луга.

**Распространение в Беларуси.** В северной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Витебская обл.** *Докшицкий р-н:* окр. д. Поляне (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Вероятно, является близким, к описанному из Швейцарии виду *R. argoviensis* W. Koch.

***Ranunculus holanthus*** (Markl.) Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 79. (рис. 3г). – *R. auricomus* subsp. *holanthus* Markl. 1964, Svensk Bot. Tidskr., 58 : 22.

**Краткое морфологическое описание.** Стебли часто тонкие, обычно несколько изогнутые, 15–35 см выс., преимущественно в верхней части разветвленные. Большинство прикорневых листьев б. м. рассеченные, в очертании округло-почковидные, также имеются 1–2 листа с цельной или слегка лопастной пластинкой; все листья с широкой выемкой у основания 70–180°, в количестве 3–6(9). Пластинки наружных прикорневых листьев мелкие, трехлопастные или трехраздельные, со средним широким и коротким сегментом, часто снабженным одним маленьким тупым зубцом с обеих сторон и городчато-дольчатыми боковыми сегментами. Промежуточные листья глубоко-трехраздельные, с боковыми сегментами, разделенными на небольшие сегменты или доли, часто несколько расширенные к закругленной верхушке; средний сегмент выше часто трехзубчатый или очень слабо трехлопастной, с округло-тупыми зубцами. Зубцы последующих листьев более острые, но короткие и широкие. Летние листья слегка трехлопастные с широкой и короткой средней долей, иногда почти полностью неразделенные; краевые зубцы коротко и широко-треугольные. Доли нижних стеблевых листьев средней длины, линейные, обычно цельнокрайные, очень редко некоторые могут иметь 1–2 зубца. Цветоложе шаровидное, голое или с единичными волосками и карпеллофорами средней длины. Цветки до 2 см в диам., очень часто с яркими, хорошо развитыми лепестками.

Тип: описан из Финляндии («Univers. Helsingiensis : Regio aboënsis Tenala, Lingö, in alneto glutinosae ad sinum Gretarbyviken. 18.6.1945, G. Marklund»).

Пойменные леса и луга.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. б. д. Струмень (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Внешне схож с описанным из Швеции *R. integerrimus* (Julin) Borch.-Kolb и, не исключено, что может являться лишь одной из его форм.

***Ranunculus macrophyllarius*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 144. (рис. 4а) – *R. auricomus* subsp. *macrophyllarius* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 77.

**Краткое морфологическое описание.** Растение часто довольно высокое. Промежуточные прикорневые листья трехраздельные, с узкой базальной выемкой, узким средним сегментом у основания, в верхней части расширяющимся, снабженным довольно короткими тупыми зубцами, с рассеченными боковыми сегментами. Последующие листья часто трех-рассеченные со средним сегментом, как правило, отделенным довольно широким углом от боковых; боковые сегменты глубоко разделены на узкие сегменты, базальные сегменты нередко несколько перекрывают друг друга; зубцы сегментов редкие, часто длинные и узкие, отчасти довольно широкие. Летние листья глубоко трехраздельные; зубцы острые, узко треугольные. Нижние стеблевые листья длинные, линейные, цельнокрайные; самый нижний лист в верхушечной части часто снабжен зубцами или несколькими лопастями. Цветки со многими или всеми лепестками недоразвитыми. Цветоложе рассеянно-волосистое.

Тип: описан из Финляндии, Аландские острова («Alandia. Vårdö, Olofss. Links: Listersbyholmen, Uferwiese mit Schwarzerlen, 9.6.1948. Rechts: Vargata, feuchte Wiese, 25.5.1943»).

Влажные луга и пастбища, заросшие ольхой.

**Распространение в Беларуси.** В центральной и северной частях страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Минская обл.** *Логойский р-н:* г. п. Плещеницы (MSK); *Мядельский р-н:* окр. д. Наносы (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus magnimammus*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 144. (рис. 4б). – *R. auricomus* subsp. *magnimammus* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 77.

**Краткое морфологическое описание.** Растение умеренно высокое. Стебли довольно тонкие, обычно полегающие у основания, пурпурные, с изогнутыми побегами. Прикорневые листья довольно крупные, обычно почковидные в очертании, у основания с широкой базальной выемкой. Пластинки наружных прикорневых листьев трехлопастные, по краю городчатые. Последующие листья трехраздельные, средний сегмент обычно клиновидный, боковые сегменты лопастные или раздельные, сегменты и доли сосочковидно-зубчатые. Промежуточные листья трехраздельные, сегменты черешковые, боковые сегменты двураздельные, ланцетные или клиновидно-ланцетные, острозубчатые. Внутренние листья почти округлые в очертании, трехраздельные, средний сегмент клиновидно-ланцетный, боковые сегменты раздельные, сегменты и доли снабжены крупными острыми зубцами. Летние листья часто неразделенные, остро сосцевидно-зубчатые. Сегменты нижних стеблевых листьев




а б

в г

**Рис. 4. / Fig. 4.** а – *Ranunculus macrophyllarius* (Markl.) Ericss., б – *R. magnimammus* (Julin) Ericss., в – *R. mimulus* (Markl.) Ericss., г – *R. nephromorphus* (Julin) Ericss.

довольно длинные, линейно-ланцетные, острые, цельнокрайные или снабжены одним или двумя зубцами, или лопастями. Цветки крупные, до 2,5 см в диаметре, обычно с хорошо развитыми лепестками. Цветоложе яйцевидное, слабоопушенное, карпеллофоры довольно длинные.

Тип: описан из Финляндии («Univers. Helsingiensis : Regio aboënsis Tenala, Lingö, in alneto glutinosae ad sinum Gretarbyviken. 18.6.1945, G. Marklund»).

Сырые и заболоченные луга, опушки и поляны хвойных и лиственных лесов, среди кустарников.

**Распространение в Беларуси.** В восточной и западной частях страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* д. Кляпин (MSK); **Гродненская обл.** *Дятловский р-н:* окр. д. Лудичи (MSK), окр. д. Руда (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** По-видимому, очень близок к *R. subdecumbens*. Также часто имеет полегающие стебли, конфигурацию ранних и средних прикорневых листьев и довольно крупные цветки, обычно с хорошо развитыми лепестками. Ключевые морфологические характеристики вида *R. magnimammus* включают менее рассеченные, а иногда и нерассеченные поздние прикорневые листья, опушение и более длинные карпеллофоры цветоложа.

***Ranunculus mimulus*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 145. (рис. 4в). – *R. auricomus* subsp. *mimulus* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 80

**Краткое морфологическое описание.** Растение довольно низкое со стеблями, часто несколько изогнутыми у основания. Прикорневые листья довольно мелкие, обычно многочисленные; промежуточные трехраздельные, со средним сегментом зубчатым наверху, боковые сегменты разделены на доли или небольшие сегменты, обычно слегка расширенные, закругленные к вершине. Последующие листья часто глубоко разделены на сегменты и тупые доли. Летние листья округло-почковидные, обычно слегка трехраздельные и с немного лопастными боковыми сегментами, их доли аккуратно уменьшаются к основанию листа, средний сегмент до-вольно короткий и широкий, верхушечный зубец не очень острый, вырезы между средним сегментом и боковыми сегментами узкие. Сегменты стеблевых листьев умеренно широкие и длинные, линейные, закругленные на верхушке, обычно цельнокрайные; сегменты нижних стеблевых листьев иногда снабжены одним или двумя зубцами. Чашелистики сверху красноватые. Цветки часто совершенные, около 2 см в диаметре, с широкими, почти округлыми лепестками, края которых слегка перекрываются. Цветоложе обычно б. м. волосистое.

Тип: описан из Финляндии, Аландские острова («Alandia. Vårdö, Vargata, Olofss. Unten und links oben: Rasen und Grabenrand, 25.5.1943. Rechts oben: im N-Teil des Dorfes, 30.5.1942»).

Влажные луга и лесные опушки.

**Распространение в Беларуси.** В южной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Мозырский р-н:* окр. г. Мозырь (LE).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Ранее этот микровид собранный в окрестностях Мозыря был идентифицирован предположительно как *R. pseudovertumnalis* Haas и во «Флоре Восточной Европы» приведен для Верхне-Днепровского района [2]. Однако последний имеет ранние прикорневые листья с очень широкими, частично перекрывающимися долями, в верхней части с широкими тупыми зубцами. Также у него встречается форма листьев с трехлопастными пластинками с широкими и неразделенными боковыми долями. Последующие листья уже глубоко-рассеченные на узкие зубчатые доли. Сегменты стеблевых листьев также обычно более широкие, линейно-ланцетные, с зубцами разной длины или лопастями.

***Ranunculus nephromorphus*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 146. (рис. 4г). – *R. auricomus* subsp. *nephromorphus* Julin. 1966, Ark. Bot., 6(4) : 211.

**Краткое морфологическое описание.** Растение довольно высокое. Стебли прямостоячие, довольно тонкие, но крепкие, внизу темно-фиолетового цвета, ветви отходят под довольно узким углом. Прикорневые листья в очертании почковидные, с очень широкой базальной выемкой. Внешние листья городчатые, глубоко-трехлопастные, средняя доля широкая, округло-клиновидная. Промежуточные листья кратко сосцевидно-зубчатые, рыхло-трехраздельные, средний сегмент округло-клиновидный, боковые сегменты рыхло-лопастные. Внутренние листья трехраздельные, средний сегмент черешковый, широко-клиновидный, сосцевидно-зубчатый, боковые сегменты двулопастные, треугольно-зубчатые. Летние листья редко опушенные с нижней стороны, треугольно-остро-сосцевидно-зубчатые, трехраздельные, средний сегмент широко округло-клиновидный, боковые сегменты широкие, рыхло-лопастные или цельные. Сегменты нижних стеблевых листьев умеренно длинные, линейно-ланцетные, обычно с зубцом или небольшой лопастью, удлиненные или полностью изогнутые с одной или обеих сторон. Нижний лист иногда похож на листья розетки. Цветки довольно несовершенные, с несколькими

или многими недоразвитыми лепестками. Цветоложе продолговатое, довольно густо и коротко опушенное, карпеллофоры средней длины.

Тип: описан из Швеции («Upland. Börje: Hässelby, im Wald N vom Hof 1942 J.A.N. 5702 b und etwa 500 m WNW vom Hof 1944 J.A.N. 7134»).

Сырые луга (особенно в долинах рек), сырые и заболоченные леса, окраины болот.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* д. Кляпин (LE).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus obtusidens*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 147. (рис. 5а). – *R. auricomus* subsp. *obtusidens* Julin. 1967, Ark. Bot., a.s., 6(5) : 287.

**Краткое морфологическое описание.** Растение довольно высокое. Стебли прямостоячие. Внешние прикорневые листья почковидные, слегка трехлопастные, тупо городчатые, с узкой базальной пазухой. Последующие листья округлые, тупо-зубчатые, трехраздельные, средний сегмент округлый, боковые сегменты широкие, разделенные или двулопастные, с узкой базальной пазухой. Промежуточные листья округлые в очертании, трехраздельные или трехлопастные, средний сегмент с трехлопастной вершиной, часто на довольно длинном черешке, боковые сегменты широкие, двураздельные, сегменты округлые или сосочковидно-лопастные, или зубчатые, с узкой базальной пазухой, частично перекрывающиеся. Внутренние листья трехраздельные, сегменты черешковые, средний сегмент клиновидно-ланцетный, вершина трехлопастная, боковые сегменты разделенные, лопастные или сосочковидно-зубчатые, с довольно широкой базальной пазухой. Летние листья с обеих сторон опушенные, округло-почковидные, трехраздельные или трехлопастные, с округлой или клиновидно-ланцетной средней долей, с боковыми долями, дольчатыми или цельными, довольно тупо закругленными, сосочковидными или треугольно-зубчатыми, с узкой базальной пазухой. Доли нижних стеблевых листьев умеренно длинные, линейно-ланцетные, часто средней ширины или широкие, цельнокрайные, с зубцом или небольшой широкой долей. Цветки либо с хорошо развитыми лепестками, до 2,5 см в диам., либо с частично развитыми лепестками. Цветоложе довольно мелкое, округло-яйцевидное или продолговатое, с одиночными волосками.

Тип: описан из Швеции («Öland. Hulterstad: Graben 1943 J. Lagerkranz»).

В лиственных лесах, на лесных полянах и опушках, лугах.

**Распространение в Беларуси.** На большей части территории страны, редко.

**Брестская обл.** *Ляховичский р-н:* окр. д. Кулики (MSK); **Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. д. Струмень (MSK);

**Гродненская обл.** *Дятловский р-н:* окр. д. Дворок (MSK);

**Могилевская обл.** *Быховский р-н:* окр. д. Борколабово (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus ophiocladus*** (Markl. ex Fagerstr.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 147 (рис. 5б). – *R. auricomus* subsp. *ophiocladus* Markl. 1976, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(4) : 36.

**Краткое морфологическое описание.** Растение умеренно высокое, с крайне небольшим количеством прикорневых листьев. Стебли тонкие, б. м. прямые, в нижней части слегка пурпурные. Прикорневые листья в розетке до основания 3–5-рассеченные, некоторые с тремя основными сегментами на длинных черешочках; боковые сегменты глубоко разделены на узкие сегменты; зубцы сегментов редкие, часто длинные и узкие. Сегменты стеблевых листьев длинные, линейные, цельнокрайные, тупые, иногда на черешочках, самые нижние из них редко снабжены несколькими дольками. Цветки до 1,8 см в диаметре, лепестков может быть развито лишь несколько, но часто все недоразвитые. Цветоложе узкое, продолговатое, голое. Карпеллофоры длинные и узкие.

Голотип: описан из Финляндии («Finnland, Savonia australis, Valkeala, am Stromufer S vom Gut Kouvola gård, 18. VI. 1955, leg. F. W. Klingstedt»).

Сырые луга, сырые и заболоченные леса, окраины болот.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, редко.

**Гомельская обл.** *Дрибинский р-н:* окр. д. Бирь (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus pannonicus*** Soó. 1964, Acta Bot. Acad. Sci. Hung., 10 : 227 (рис. 5в).

**Краткое морфологическое описание.** Растение высотой до 40 см. Прикорневые листья частично цельнокрайные, почковидные, городчато- или пильчато-зубчатые, шириной до 6 см, частично рассеченные, 3–5-лопастные или рассеченные, их доли или сегменты клиновидно-продолговатые, или полукруглые, цельнокрайные, надрезанно-зубчатые, частично также рассечен-




а б в г

**Рис. 5. / Fig. 5.** а – *Ranunculus obtusidens* (Julin) Ericss., б – *R. ophiocladus* (Markl. ex Fagerstr.) Ericss., в – *R. pannonicus* Soó., г – *R. pulchridentatus* (Cedercr.) Ericss.

ные, с продолговатыми, надрезанно-зубчатыми долями; по крайней мере, на большей части листового ряда основания широко открытые. Сегменты стеблевых листьев линейные или линейно-ланцетные, шириной 2–8 мм, цельнокрайные или максимум 1–2-зубчатые. Цветки довольно мелкие, диаметром 1,2–1,6 см, с частично неразвитыми лепестками. Цветоложе голое.

Голотип: описан из Словакии («Slovacia, Planities Moravica, Magyarfalva = Uhorská Ves (Scheffer, Hb. MNH Bpest)»).

Сырые луга и лесные поляны, разреженные леса, среди кустарников.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, редко. Вероятно, встречается шире.

**Могилевская обл.** *Могилевский р-н:* окр. п. Малая Боровка (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Н. Н. Цвелев считает данный таксон [2] синонимом описанного из Польши *R. subtatricus* Jasiew., хотя последний имеет прикорневые листья с преимущественно цельными пластинками.

***Ranunculus pulchridentatus*** (Cedercr.) Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 81 (рис. 5г) – *R. auricomus* subsp. *pulchridentatus* Cedercr. 1965, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 78(4) : 6. – *R. auricomus* subsp. *modicus* Markl. ex G. Kvist. 1975, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(2) : 21.

**Краткое морфологическое описание.** Стройное растение обычно средней высоты, чистозеленого цвета. Стебли рыхлые, чаще б. м. прямые, с широко расходящимися ветвями. Прикорневые листья почковидные, трехлопастные; средняя часть широко-городчатая; боковые части лопастные или с 4–6 зубцами. Внешние листья глубоко лопастные; средняя часть ровная, черешковая, более острая. Средние листья более глубоко рассеченные; центральная часть даже черешковая; передняя доля базальных долей направлена вперед, с одним или несколькими зубцами на внутренней стороне и одним зубцом на внешней. Летние листья более массивные, остропильчатые: более поздние глубоко трехлопастные, более молодые – мелколопастные или полностью цельные, почковидные, полукруглые или широко-треугольные, сильно и неравномерно крупнопильчатые. Доли нижних стеблевых листьев узколанцетные, тупые, иногда некоторые черешковые, часто снабжены немногими зубцами длиной до 1 см. Цветки всегда недоразвитые. Цветоложе голое, карпеллофоры средней длины.

Тип: описан из Финляндии, Аландские острова («Alandia. Brändö Hullberga (1948). Regio aboënsis. Askainen Lemsjöholm (1952)»).

Луга, лесные поляны и опушки, среди кустарников.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, редко. Вероятно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* д. Кляпин (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus rigidifolius*** (Markl. ex Fagerstr.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 151 (рис. 6а). – *R. auricomus* subsp. *rigidifolius* Markl. 1976, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(4) : 77

**Краткое морфологическое описание.** Растение обычно умеренно высокое, серовато-зеленое. Стебли б. м. крепкие, прямые или слегка изогнутые, довольно высоко широковетвистые. Узлы часто ярко-красно-фиолетовые. Прикорневые листья практически все б. м. рассеченные, часто довольно плотные, почти кожистые. Пластинки наружных прикорневых листьев обычно трехлопастные, городчатые, с открытой прикорневой пазухой. Последующие прикорневые листья 3–5-раздельные, реже почти до основания рассеченные. Летние листья 3-раздельные; средняя доля узкая, в верхней части зубчатая, боковые – глубоко-лопастные или зубчатые. Доли стеблевых листьев умеренно длинные, линейные, цельнокрайные; самые нижние из них иногда черешковые, с несколькими зубцами или лопастями. Цветки крупные (до 2,5 см в диам.), лепестки часто развиты, или с несколькими недоразвитыми длинными лепестками. Цветоложе яйцевидное, голое, или почти голое.

Голотип: описан из Финляндии («Finnland, Satakunta, Raumo, auf Grasböden nahe Äyhänjärvi, 2.VI.1948, leg. G. Marklund»).

Сырые луга и лесные поляны, окраины болот.

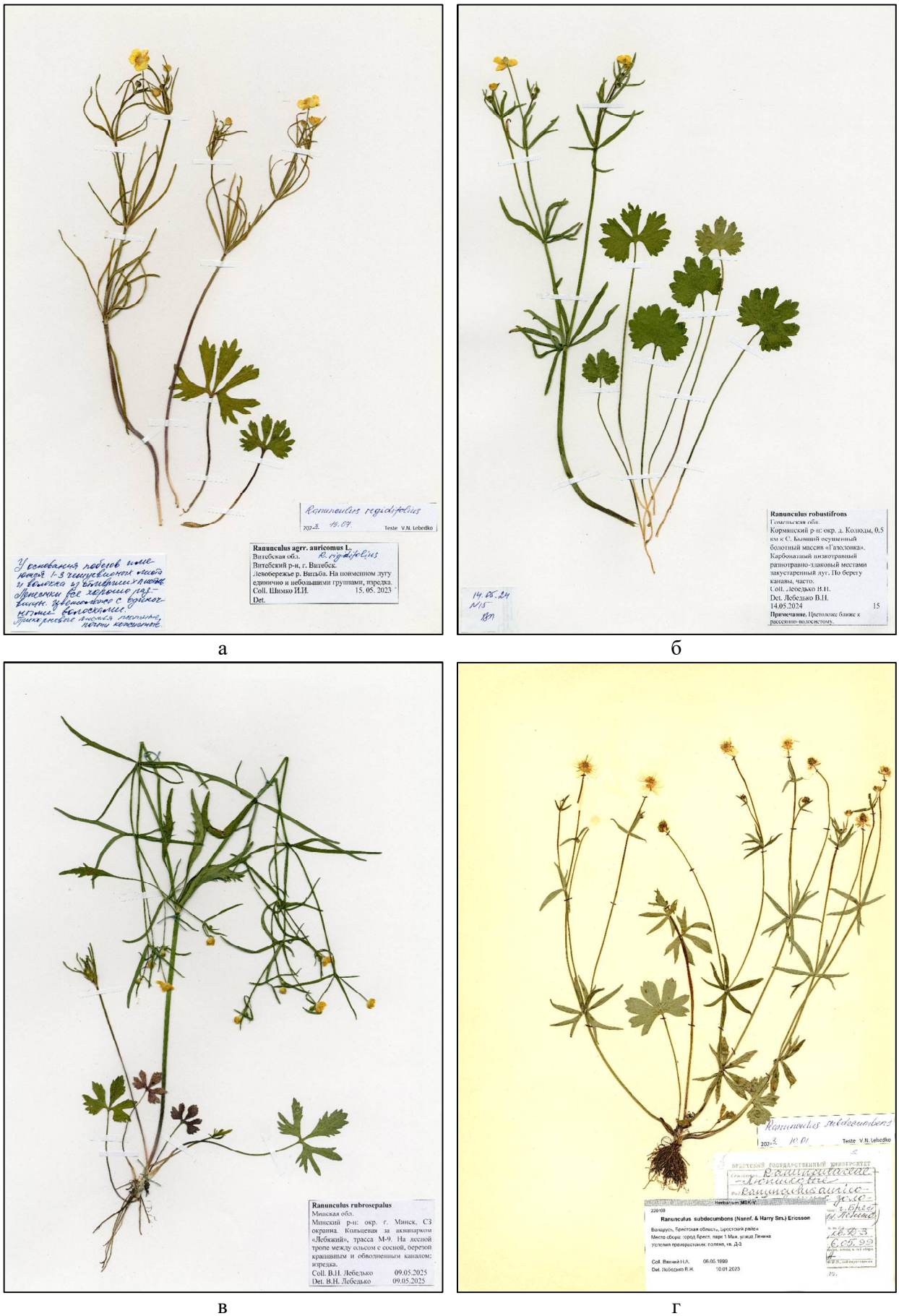
**Распространение в Беларуси.** В северной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Витебская обл.** *Витебский р-н:* г. Витебск (MSK, VTV).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus robustifrons*** (Markl.) Ericss. 1992, Svensk Bot. Tidskr., 86 : 82 (рис. 6б) – *R. auricomus* subsp. *robustifrons* Markl. 1961, Fl. Fenn., 3 : 107.

**Краткое морфологическое описание.** Растение средней высоты, довольно крепкое. Прикорневые листья округло-почковидные, довольно крупные, плотные. Промежуточные листья трехраздельные, средняя часть с широким верхушечным зубцом и обычно двумя боковыми; короткие щелевидные, боковые сегменты широко и округлые лопастные, меньшие доли цельнокрайные.




а б в г

**Рис. 6. / Fig. 6.** а – *Ranunculus rigidifolius* (Markl. ex Fagerstr.) Ericss., б – *R. robustifrons* (Markl.) Ericss., в – *R. rubrosepalus* (Julin) Ericss., г – *R. subdecumbens* (Nannf. ex Harry Sm.) Ericss.

Задние листья глубже разделены на сегменты и доли и более острые зубцы. Летние листья в основном трехраздельные со средним сегментом клиновидным, верхние с несколькими треугольными островатыми зубцами, боковые сегменты слегка лопастные или неразделенные и крупно зубчатые, вырезы между средним и боковыми сегментами узкие. Доли нижних стеблевых листьев умеренно широкие, линейные или ланцетно-линейные, цельнокрайные или некоторые в верхней части снабжены двумя очень короткими зубцами. Цветки диаметром около 2 см с лепестками, иногда довольно хорошо развитыми, широкими, округлыми. Цветоложе волосистое.

Голотип: описан из Финляндии, Аландские острова («Alandia. Vårdö, links unten (Typus) und rechts oben: Vargata, feuchte Wiese, 1.6.1945»).

Сырые луга и лесные поляны, окраины болот.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. д. Колюды (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus rubrosepalus*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 151 (рис. 6в). – *R. auricomus* subsp. *rubrosepalus* Julin. 1980, Opera Bot., 57 : 127.

**Краткое морфологическое описание.** Растение умеренно высокое. Стебли часто утолщенные, прямые или в нижней части несколько изогнутые, снизу фиолетовые, самая нижняя ветвь отходит под широким углом, верхние ветви расходятся под довольно узким углом; боковые стебли часто снизу редко коротко-волосистые. Прикорневые листья почковидные, с широким базальным синусом, более мелкие часто с нижней стороны пурпурно-фиолетовые. Внешние листья городчатые, трехраздельные, средний сегмент округло-клиновидный, боковые сегменты лопастные. Средние листья городчатые, трехраздельные, сегменты на б. м. длинных черешочках, частично прикрывающие друг друга; средний сегмент округло-клиновидный, боковые – широкие, лопастные. Последующие листья многораздельные, средний сегмент обычно имеет довольно длинный черешочек, довольно широкий клиновидный, вершина закругленная, неравномерно остро-треугольно-зубчатая, боковые сегменты более узкие. Внутренние листья многораздельные, их сегменты острые, широколанцетные, неравномерно острозубчатые или иногда цельнокрайные. Летние листья пильчатые, трехраздельные, средняя часть широколанцетная, боковые – глубоко рассеченные. Стеблевые листья умеренно длинные, довольно широколинейно-ланцетные или яйцевидно-ланцетные, цельнокрайные или, особенно на нижних, зубчатые или лопастные, часто на длинных черешочках. Цветки несовершенные, все лепестки в основном недоразвитые. Цветоложе яйцевидное, голое.

Голотип: описан из Швеции («Suecia, Sudermannia, par. Hyltinge, Västertorp, in margine viae prope Västersjön 24.5.1964, B. Pettersson»).

На лесных полянах и опушках, обочинах лесных дорог, в разреженных лесах.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Минская обл.** *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus subdecumbens*** (Nannf. ex Harry Sm.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 153 (рис. 6г) – *R. auricomus* subsp. *subdecumbens* Nannf. ex Harry Sm. 1966, Ark. Bot. 6(4) : 237.

**Краткое морфологическое описание.** Растение от средне до умеренно высокого. Стебли тонкие, полегающие у основания, пурпурные, боковые стебли часто снизу редко опушенные. Наружные прикорневые листья почковидные, трехлопастные, средняя доля усеченно-клиновидная, боковые доли широкие, с широкой базальной выемкой. Промежуточные листья почковидные, трехраздельные, средняя доля клиновидная или ланцетно-клиновидная, с тремя почти равными треугольными или сосочковидными зубцами. Боковые сегменты продольные, лопастные или раздельные. Внутренние листья многораздельные, сегменты часто черешочковые, узколанцетные, цельнокрайные или редко острозубчатые или пластинчатые. Летние листья почти округлые в очертании, трехраздельные или трехлопастные, сегменты (доли) довольно широколанцетные, цельнокрайные или с 1–2 острыми зубцами. Сегменты стеблевых листьев средней длины, линейно-ланцетные, острые, цельнокрайные или снабжены одним или двумя зубцами, или лопастями. Цветки в основном совершенные, со всеми или большей частью хорошо развитыми лепестками, диаметром до 2,5 см. Цветоложе яйцевидное, голое, с довольно короткими карпеллофорами.

Голотип: описан из Швеции.

На лугах, лесных полянах и опушках, в зарослях кустарника, парках.

**Распространение в Беларуси.** В юго-западной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Брестская обл.** *Брестский р-н:* г. Брест (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus sundinii*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 153 (рис. 7а). – *R. auricomus* subsp. *sundinii* Julin. 1978, Bot. Not., 131 : 342.

**Краткое морфологическое описание.** Растение обычно высокое. Стебли прямостоячие, ветви отходят под острым углом. Крупные прикорневые листья почковидные или округлые, с базальным синусом от 0° до 135°. Внешние листья цельные, сильно городчатые. Очередные листья трехлопастные. Средние доли удлиненные, клиновидные, боковые доли городчатые или округло-лопастные. Промежуточные листья трехраздельные, с широкими пазухами между сегментами, средний сегмент длинный, клиновидный или почти такой же ширины, верхушка городчатая, боковые доли многолопастные, закругленные на верхушке, цельнокрайные или городчатые. Внутренние листья похожи на промежуточные, но с острыми или острозубчатыми сегментами и долями. Летние листья от трехраздельных до трехлопастных или неразделенных, тупо-треугольнозубчатые или надрезанные. Сегменты нижних стеблевых листьев длинные, линейные или линейно-ланцетные, тупые, цельнокрайные или иногда с одним или двумя зубцами, или небольшой долей, часто на черешочках. Цветки либо несовершенные, почти с полностью недоразвитыми лепестками, либо совершенные, со всеми или большинством хорошо развитых лепестков, до 17 мм в диаметре. Цветоложе шаровидное, густо-волосистое, с короткой или средней длины карпеллофорами.

Голотип: описан из Швеции («Suecia, Sudermannia, Nynäshamn, Estö, Änggatan, in prato humido 11.6.1964, T. Sundin»).

На влажных лугах, по берегам водоемов, на лесных полянах и опушках, в лесах, зарослях кустарника, парках.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. д. Колюды (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus sychnoschistus*** (Cedercr.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn. 29: 153. (рис. 7б). – *R. auricomus* subsp. *sychnoschistus* Cedercr.1961, Fl. Fenn. 3: 115.

**Краткое морфологическое описание.** Растение умеренно высокое, темно-зеленое. Самые ранние прикорневые листья округлой формы с узкой базальной выемкой. Промежуточные листья рассеченные, сегменты туповатые, часто расширенные к верхушке. Летние листья обычно трехраздельные, со средним сегментом сверху остро трехраздельным или длинно-зубчатым, боковые сегменты, в свою очередь, рассеченные на мелкие сегменты, лопасти и острые зубцы. Сегменты стеблевых листьев средней длины, линейные, нижние иногда с одним или двумя зубцами. Цветки обычно до 2 см в диам., лепестки частично развиты, темно-желтые. Цветоложе рассеянно-волосистое.

Тип: описан из Финляндии («Al. Föglö, Skråvsö, feuchte Wiese, Ctz 31.5.1948»).

Луга, окраины полей, лесные поляны и опушки, обочины дорог.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Возможно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. д. Волынцы (MSK).

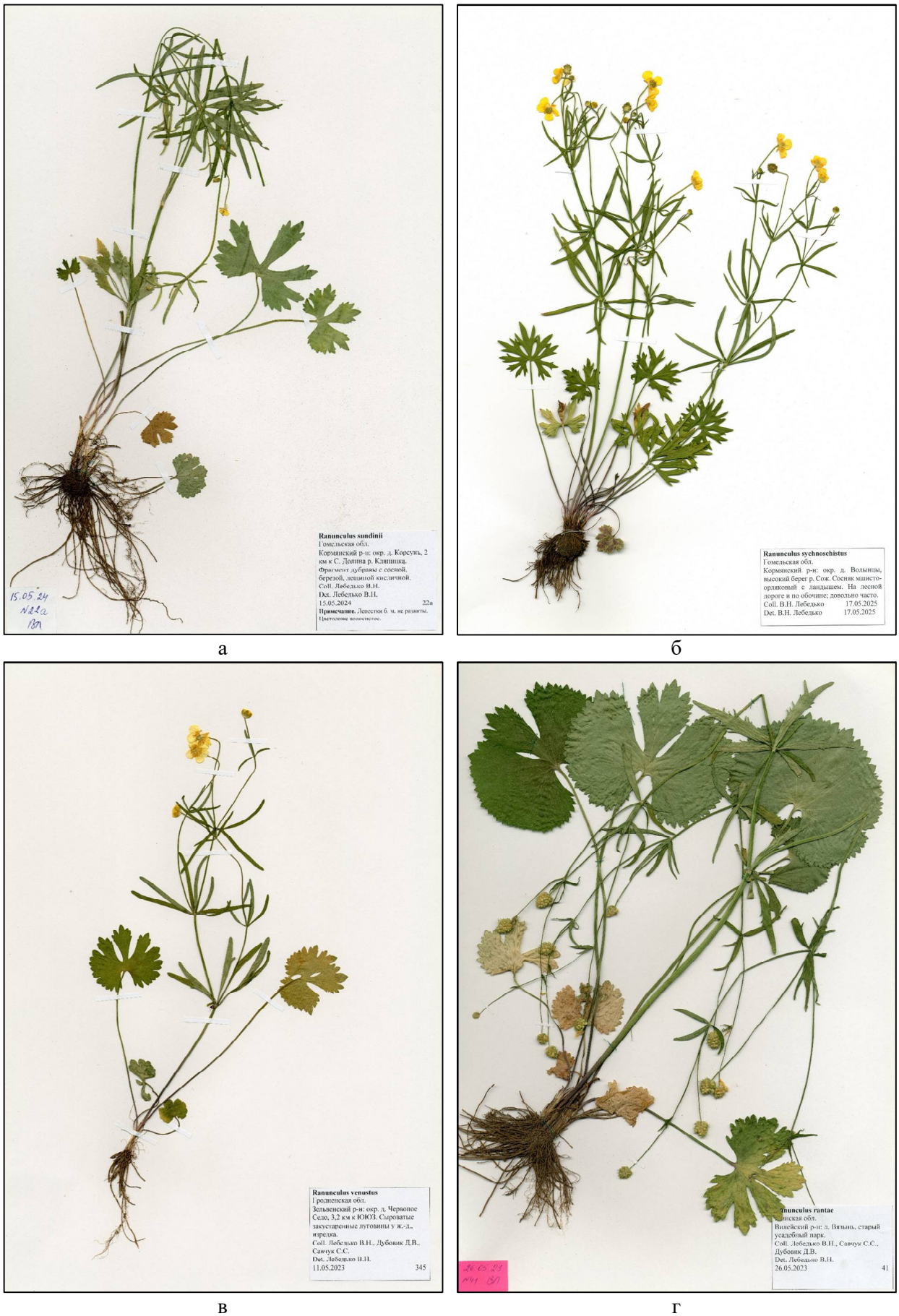
**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus venustus*** (Julin) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 156 (рис. 7в). – *R. auricomus* subsp. *venustus* Julin. 1967, Ark. Bot., a.s., 6(5) : 306.

**Краткое морфологическое описание.** Растение от среднего до умеренно высокого. Стебли прямые или слегка изогнутые, ветви отходят под углом 45°. Прикорневые листья от округло-почковидных до почти округлых. Наружные листья городчатые, глубоко-трехлопастные, боковые доли цельные или дольчатые. Промежуточные листья трехраздельные, сегменты часто черешочковые, средний сегмент широко-клиновидный, верхушка сосочковидно-трехлопастная, боковые сегменты повторно рассеченные. Внутренние листья трехраздельные, средний сегмент широко-клиновидный, остро сосцевидно-зубчатый, боковые доли широкие, б. м. глубоко лопастные, остро сосцевидно-зубчатые; доли частично прикрывающие друг друга. Летние листья с нижней стороны редко опушенные, широко и коротко остро сосцевидно-зубчатые, глубоко трехлопастные, срединная доля клиновидная, с широким основанием, боковые доли слегка лопастные или цельные, выемки между долями узкие. Сегменты стеблевых листьев средней величины, довольно короткие, линейно-ланцетные, тупые, цельнокрайные, либо с зубцом, либо с 1 – 2 широкими лопастями. Цветки развитые, до 2,5 см в диаметре, с очень широкими, частично закрывающими друг друга лепестками. Цветоложе небольшое, продолговатое, голое.

Голотип: описан из Швеции («Öland. Resmo: Laubwiese 1 km N von der Kirche 1964 und 30.V.1965 E. J.»).

Закустаренные луга, разреженные хвойные и лиственные леса, их поляны и опушки.




а б в г

**Рис. 7. / Fig. 7.** а – *Ranunculus sundinii* (Julin) Ericss., б – *R. Ranunculus sychnoschistus* (Cedercr.) Ericss., в – *R. venustus* (Julin) Ericss., г – *R. rantae* (Fagerstr.) Ericss.

**Распространение в Беларуси.** В западной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Гродненская обл.** *Зельвенский р-н:* окр. д. Червоное Село (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Вид, получивший свое название благодаря крупным, многочисленным цветкам. Напоминает описанный из Финляндии *R. aurosulus* (Markl.) Ericss., от которого отличается прежде всего стабильно очень мелким цветоложем.

28. ***Ranunculus*** aggr. ***cassubicus*** L. 1753, Sp. Pl. : 551.

Габитуально самые крупные и мощные таксоны секции *Ranunculus* относятся к агрегату *R. cassubicus*. Немногочисленные прикорневые листья с развитыми пластинками крупные, округло-почковидные, большей частью цельные и опушенные у большинства микровидов. Сегменты стеблевых листьев обычно довольно широкие и зубчатые. Цветоложе волосистое с очень короткими карпеллофорами. Цветение наступает несколько раньше, чем у представителей агрегата *R. auricomus*.

***Ranunculus rantae*** (Fagerstr.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 151 (рис. 7г) – *R. cassubicus* subsp. *rantae* Fagerstr. 1974, Acta Soc. Fauna Fl. Fenn., 82(1) : 4.

**Краткое морфологическое описание.** Растение высотой до 60 см, крепкое, темно-зеленое. Стебли прочные, прямые, у основания насыщенно-фиолетовые. У основания растения обычно чешуевидные листья (катафиллы). Следующий лист округлый, обычно с узкой выемкой у основания, слегка трехлопастный, городчатый или тупо-острозубчатый, с довольно короткой и широкой средней долей, полностью заполняющей пространство между неразделенными боковыми долями. Внутренние листья до 8 см шириной, округло-почковидные, с узкой или более широкой выемкой у основания, цельные или трехлопастные (иногда глубоко трехлопастные), регулярно округло-городчатые; трехлопастные листья имеют широкую среднюю долю, с 5–6 короткими, широкими, тупыми верхушечными зубцами. Молодые листья обычно опушенные. Сегменты стеблевых листьев широкие, с многочисленными длинными, тупыми или острыми зубцами. Сегменты самого нижнего стеблевого листа в числе 7, с наибольшей шириной выше средины, иногда черешковые, клиновидные, с многочисленными зубцами, часто тупыми, неравной длины. Цветки очень крупные, до 3,5 см в диаметре. Лепестки крупные, темно-желтые. Плодики до 3 мм длиной, с прямым носиком. Цветоложе продолговато-яйцевидное, от рассеянно- до густо волосистого. Карпеллофоры очень короткие.

Голотип: описан из Финляндии («Finnland, Tavastia australis, Pälkäne, Huhtioinen, im üppigen Hain am Ufer eines Bächleins ca. 300 m NW von Paavola, 4.VI.1968, leg. Y. Ranta»).

В лесах и парках, на лесных опушках и полянах, лугах.

**Распространение в Беларуси.** В западной и центральной частях страны, очень редко.

**Гродненская обл.** *Дятловский р-н:* окр. д. Ходевляны (MSK);

**Минская обл.** *Вилейский р-н:* д. Вязынь (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Один из немногих видов данного агрегата, имеющий рассеченные платинки прикорневых листьев.

29–32. ***Ranunculus*** aggr. ***fallax*** (Wimm. et Grab.) Schur, 1877, Verh. Naturf. Ver. Brunn, 15, 2 : 37; Sloboda, 1852, Rostlinnictvi : 679, comb. illeg. – *R. auricomus* var. *fallax* Wimm. et Grab. 1829, Fl. Siles. 1, 2 : 128.

Представители этого агрегата занимают промежуточное положение между *R.* aggr. *auricomus* и *R.* aggr. *cassubicus*.

Виды *R.* aggr. *fallax*, обычно крупнее и крепче, чем большинство таксонов *R.* aggr. *auricomus*. У основания стебля обычно находятся 1–3 чешуевидных листовых влагалища, которые к моменту созревания плодов часто уже распадаются. Прикорневые листья с пластинками более крупными и в среднем менее рассеченными чем у aggr. *R. auricomus*. Сегменты стеблевых листьев шире и, как правило, более или менее зубчатые по краям (до перистолопастных). Плоды обычно имеют более длинный носик, чем у представителей aggr. *R. auricomus*. Цветоложе густо волосистое с короткими карпеллофорами.

***Ranunculus hemicyclodes*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 141 (рис. 8а). – *R. fallax* subsp. *hemicyclodes* Markl. 1965, Fl. Fenn., 4 : 37.

**Краткое морфологическое описание.** Растение 20 – 50 см высотой. Прикорневые листья все с очень широкой базальной выемкой или чаще полностью усечены у основания, образуя прямую линию. Первый лист (за исключением чешуевидного) мелкий, неразделенный, край городчато-зубчатый, последующие листья слегка

трехлопастные или трехраздельные. Летние листья либо слегка трехлопастные с небольшой средней долей, обычно почти прямоугольные с боковыми краями довольно параллельными, либо неразделенные; верхняя поверхность волосистая, краевые зубцы довольно узко-треугольные. Сегменты стеблевых листьев обратнояйцевидно-ланцетные, особенно у нижних листьев снабжены довольно многочисленными треугольными зубцами. Цветки с частично развитыми лепестками, заметно узкие, обратнояйцевидные. Цветоложе густо волосистое. Плоды 2,5 – 2,7 мм длиной с тонким и длинным носиком (1,2 –1,6 мм).

Тип: описан из южной Финляндии («Nylandia. Esbo: N von Kilo, unweit der Grenze gegen Helsinge, feuchter Hain (Md 1942); Hain N von Kilo (V. Erkamo 1942)»).

В сырых лиственных и смешанных лесах.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Могилевская обл.** *Дрибинский р-н:* окр. д. Бирь (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

***Ranunculus microdon*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 145 (рис. 8б). – *R. fallax* subsp. *microdon* Markl. 1965, Fl. Fenn., 4 : 51.

**Краткое морфологическое описание.** Стебель умеренно высокий, с ветвями, отходящими под довольно узким углом. Прикорневые листовые влагалища немногочисленные (часто всего одно). Самый наружный прикорневой лист мелкий, почковидно-округлый, край городчатый, неразделенный или часто слегка трехлопастный, следующий лист несколько крупнее и более глубоко трехлопастный, верхний обычно глубоко разделенный, иногда трижды рассеченный с боковыми сегментами, обратно разделенными, с более острыми зубцами. Внутренних листьев часто 2, почти округлых, с короткими и широкотреугольными зубцами. Сегменты стеблевых листьев линейно-ланцетные, тупые, самые нижние снабжены несколькими короткими зубцами, остальные цельные; редко сегменты самого нижнего листа черешковые и затем часто снабжены несколько более многочисленными и длинными зубцами. Цветки с лепестками, большей частью недоразвитыми. Цветоложе волосистое. – 2n = 32.

Тип: описан из Финляндии («Tavastia australis. Lammi: Iso-Pappila, 4 Funde an Graben-rändern und in hainartigen Wäldern; feuchte Wiese bei der Landstrasse nach Koski; Graben an der Landstrasse Kilparisti-Jaakkola (Md 1950)»).

В сырых и заболоченных лиственных и смешанных лесах, на влажных полянах и опушках, лугах.

**Распространение в Беларуси.** В восточной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Гомельская обл.** *Кормянский р-н:* окр. дд. Волынцы и Корсунь (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** *R. microdon* относится к группе *R.* aggr. *fallax*, однако габитуально более напоминает представителей aggr. *R. auricomus*. Об этом свидетельствует, во-первых, большее чем у подавляющего количества таксонов *R.* aggr. *fallax* число прикорневых листьев; часто у *R. microdon* их пять. Также у данного таксона у основания побегов развит чаще всего один чешуевидный лист. Во-вторых, сегменты стеблевых листьев с редкими или даже отсутствующими зубчиками, отчего растения напоминают представителей *R.* aggr. *auricomus*.

***Ranunculus sibboënsis*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 152 (рис.8в). – *R. fallax* subsp. *sibboënsis* Markl. 1965, Fl. Fenn., 4 : 66.

**Краткое морфологическое описание.** Прикорневые листья (за исключением безлистного чешуевидного влагалища) плотные, в количестве 3–6. Самые наружные прикорневые листья нередко цельные, с широко тупо-городчатым краем. Последующий лист часто трехлопастный (слегка трехраздельный), средняя доля городчатая на верхушке, в основном широкая, короткая, округлой формы, боковые доли грубо дольчато-городчатые. Обычно присутствует глубоко трехраздельный лист с двураздельными боковыми сегментами. Летний лист обычно слегка трехлопастный или цельный, верхняя сторона лишь слегка опушена. Сегменты стеблевых листьев более широкие, тупые, нередко почти все или полностью цельные, некоторые с немногими зубцами; зубцы обычно в верхушечном сегменте, часто короткие. Цветки несовершенные, лепестки обычно все неразвиты, реже развито их несколько. Цветоложе волосистое.

Тип: описан из южной Финляндии («Sibbo: Domars, 4 Funde an feuchten Wiesen und in feuchten Wäldern (Elis F. af Hällström 1941, 1950»).

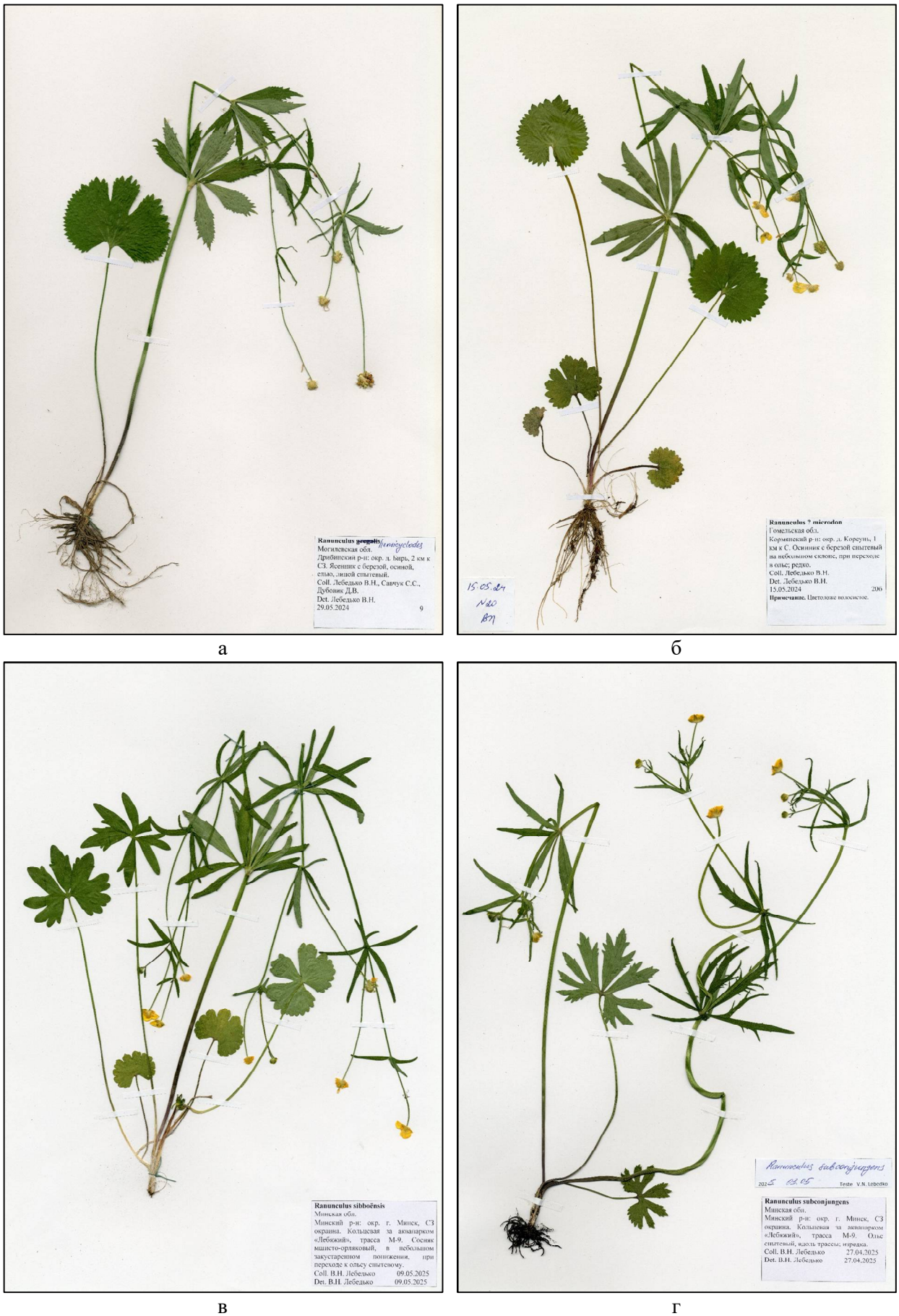
В разреженных лесах, на влажных полянах и опушках, лугах, среди кустарников.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Минская обл.** *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

**Примечание.** Внешне *R. sibboënsis* больше напоминает представителей *R.* aggr. *auricomus*.




а б

в г

**Рис. 8. / Fig. 8.** а – *Ranunculus hemicyclodes* (Markl.) Ericss., б – *R. microdon* (Markl.) Ericss., в – *R. sibboënsis* (Markl.) Ericss., г – *R. subconjungens* (Markl.) Ericss.

***Ranunculus subconjungens*** (Markl.) Ericss. 1992, Ann. Bot. Fenn., 29 : 153 (рис. 8г). – *R. fallax* subsp. *subconjungens* Markl. 1965, Fl. Fenn., 4 : 67.

**Краткое морфологическое описание.** Довольно высокое, обычно многоствольное растение. Чешуевидные листья (катафиллы) обычно сохраняются даже во время цветения. Прикорневые листья немногочисленные, наружные в основном глубоко трехраздельные, боковые сегменты в основном двулопастные, нижний сегмент слегка выемчатый, иногда довольно глубоко разделенный. Внутренний лист трехраздельный или трехлопастный, боковые сегменты либо б. м. разделены, либо почти или полностью неразделены, краевые зубцы узко-треугольные, острые, верхняя сторона опушена почти только по жилкам. Пазухи стеблевых листьев снаружи несколько красноватые. Их сегменты уже, чем у большинства представителей *R.* aggr. *fallax*, прочнее, особенно нижние листья с несколькими узкими и острыми зубцами разной длины. Лепестки во многих цветках недоразвитые, иногда лишь один из них развит. Цветоложе густо-волосистое.

Тип: описан из западной Финляндии («Satakunta. Alastaro: Niinijoensuu, Grabenrand bei einem Wege W von der Mündung des Flüsschens Niinijoki (Md 1952)»).

В сырых и заболоченных лиственных и смешанных лесах, на влажных полянах и опушках, лугах.

**Распространение в Беларуси.** В центральной части страны, очень редко. Вероятно, встречается шире.

**Минская обл.** *Минский р-н:* окр. г. Минск (MSK).

**Общее распространение.** Европа.

## Заключение

В результате критической обработки секции *Ranunculus* одноименного рода, впервые для территории Беларуси приводится 32 новых вида. С учетом числа таксонов, приводимых ранее в монографической сводке [15], современный видовой состав секции во флоре Беларуси насчитывает 116 видов. Из этой секции в Беларуси известно 70 видов из *R.* aggr. *auricomus*, 20 – из *R.* aggr. *cassubicus* и 25 – из *R.* aggr. *fallax*. Также не исключено нахождение на территории страны представителей сибирской по происхождению небольшой группы таксонов *R.* aggr. *monophyllus*, приводимых для «Флоры Восточной Европы». Они на территорию Европы проникли, вероятно, лишь после последнего оледенения и характеризуются тонкими и обычно изогнутыми стеблями, крайне немногочисленными (1–2(3)) цельными или б. м. рассеченными прикорневыми листьями, обычно широколинейными и цельнокрайными сегментами стеблевых листьев, коротко-волосистым (редко голым) цветоложем.

Абсолютное большинство приведенных в работе видов в настоящее время известно из Северной и Центральной Европы и лишь единичные из них доходят вплоть до Южной Европы. Таким образом, наши данные существенно расширяют географическое распространение видов из этой секции не только в Беларуси, но и в Европе в целом.

## Литература

1. Frodin, D. G. History and concepts of big plant genera / D. G. Frodin. – Taxon, 2004. – V. 53 – P. 753–776.

2. Цвелев, Н. Н. Род Лютик – Ranunculus L. / Н. Н. Цвелев // Флора Восточной Европы: В 12 т. Т. X. СПб.: Мир и семья. – 2001. – С. 100–158.

3. Hörandl, E. Der Ranunculus auricomus-Komplex in Österreich. 1. Methodik. Gruppierung der mitteleuropäischen Sippen / E. Hörandl, W. Gutermann // Botanische Jahrbücher fur Systematik, 1998. – 120. – P. 1–44.

4. Hörandl, E. Der Ranunculus auricomus-Komplex in Österreich. 2. Die R. cassubicus-, R. monophyllus- und R. fallax-Sammelgruppe / E. Hörandl, W. Gutermann // Botanische Jahrbücher fur Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 1998. – 120. – P. 545–598.

5. Hörandl, E. Zur Kenntnis des Ranunculus auricomus-Komplexes in Österreich: Die Arten der R. phragmiteti und R. indecorus-Gruppe / E. Hörandl, W. Gutermann // Phyton (Horn), 1998. – 37. – P. 263–320.

6. Hörandl, E. Der Ranunculus auricomus-Komplex in Österreich und benachbarten Gebieten. 3. Die Arten der R. latisectus-, R. puberulus-, R. stricticaulis und R. argoviensis-Gruppe (R. auricomus Sammelgruppe) / E. Hörandl, W. Gutermann // Botanische Jahrbücher fur Systematik, 1999. – 121. – P. 99–138.

7. Reticulate evolution and taxonomic concepts in the Ranunculus auricomus complex (Ranunculaceae): insights from morphological, karyological and molecular data / E. Hörandl, J. Greilhuber, K. Klimmovek [et al.] // Taxon, 2009. – 58. – P. 1194–1215.

8. Dunkel, F. G. The Ranunculus auricomus L. complex (Ranunculaceae) in Northern Italy / F. G. Dunkel // Webbia, 2010. – 65(2). – P. 179–227.

9. Dunkel, F. G. Le complexe de Ranunculus auricomus (Ranunculaeae) en Alsace / F. G. Dunkel // Le Journal de Botanique de la Société Botanique de France, 2014. – 66. – P. 3–53.

10. Dunkel, F. G. The Ranunculus auricomus complex in Slovenia / F. G. Dunkel // Stapfa. – 2019. – 111. – P. 33–91.

11. Studies on the species of Ranunculus auricomus complex in the flora of Latvia: Ranunculus fallax group. / P. Evarts-Bunders, G. Evarte-Bundere, D. Krasnapoļska [et al.] // Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. – 2021. – 21(1) – P. 37–58.

12. Studies on the species of Ranunculus auricomus complex in the flora of Latvia. Ranunculus auricomus group – species with hairy receptacles / P. Evarts-Bunders, G. Evarte-Bundere, D. Krasnapoļska [et al.] // Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. – 2022. – 22(1). – P. 43–66.

13. Studies on species of the Ranunculus auricomus complex in the flora of Latvia: Ranunculus cassubicus group. / P. Evarts-Bunders, G. Evarte-Bundere, D. Krasnapoļska [et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B. – 2024. – 78 (3). – P. 206–219.

14. Studies on the species of Ranunculus auricomus complex in the flora of Latvia. Ranunculus auricomus group – species with glabrous receptacles / P. Evarts-Bunders, G. Evarte-Bundere, D. Krasnapoļska [et al.] // Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. – 2024. – 24(1). – P. 133–156.

15. Лебедько, В. Н. Род Ranunculus L. / В. Н. Лебедько // Флора Беларуси. Сосудистые растения: В 6 т. – Т.4. – Мн.: Беларуская навука, 2023. – С. 220–320.

16. Marklund, G. Der Ranunculus auricomus Komplex in Finnland. I. Diagnosen und Fundortslisten einiger ippen des R. auricomus L. coll. (s. str.) / G. Marklund // Flora Fennica. – 1961. – V. 3. – P. 1–128.

17. Marklund, G. Der Ranunculus auricomus Komplex in Finnland. II. Diagnosen und Fundortslisten einiger Sippen von R. fallax (W. & Gr.) Schur, R. monophyllus Ovcz. und R. cassubicus L. / G. Marklund // Flora Fennica. – 1965. – V. 4. – P. 1–198.

18. Julin, E. Der Formenkreis des Ranunculus auricomus L. in Schweden. IV Sippen von R. auricomus s.str. aus Öland / E. Julin // Arkiv för Botanik. – 1966. – Band 6 (5). – P. 243–340.

19. Julin, E. Der Formenkreis des Ranunculus auricomus L. in Schweden. II Diagnosen und Fundortsangaben neuer Sippen aus Södermalland / E. Julin // Arkiv för Botanik. – 1967. – Band 6 (2). – P. 29–108.

20. Julin, E. Ranunculus auricomus L. in Södermanland, East-Central Sweden / E. Julin // Opera Botanica. – 1980. – 57. – P. 1–145.

21. Fagerström, L. Neue Sippen des Ranunculus auricomus Komplexes aus Finnland / L. Fagerström // Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. – 1965. – 78(1). – P. 1–15.

22. Fagerström, L. Neue Sippen des Ranunculus auricomus Komplexes aus Finnland. III. / L. Fagerström // Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. – 1974. – 82(1). – P. 1–63.

23. Fagerström, L. Neue Sippen des Ranunculus auricomus Komplexes aus Finnland. IV. / L. Fagerström, G. Kvist, A. Valta // Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. – 1975. – 82(2). – P. 1–54.

24. Fagerström, L. Neue Sippen des Ranunculus auricomus Komplexes aus Finnland. V. / L. Fagerström // Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. – 1976. – 82(4). – P. 1–175.

25. Jasiewicz, A. Research on Ranunculus from the Auricomi Owcz series. near Krakow and in the northern part of the Carpathians [Badania nad jaskrami z cyklu Auricomi Owcz. w okolicach Krakowa i w póùnocnej cz¿úci Karpat] / A. Jasiewicz // Fragmenta Floristica et Geobotanica. –1956. – 2– P. 62–110.

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Лебедько Владимир Николаевич*** – научный сотрудник лаборатории флоры и систематики растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Лебедько, В. Н. Новые виды секции *Ranunculus* рода лютик (*Ranunculus* L.) во флоре Беларуси / В. Н. Лебедько // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 11–34.

УДК 502.75: 574.34 (476)

О. М. МАСЛОВСКИЙ, А. В. ЛЕВКОВИЧ, И. П. СЫСОЙ,
Я. А. ХРИСТЮК-МАКАРОВА, А. П. АМБРОСОВА, Л. С. ЧУМАКОВ,
А. А. АСТРЕЛИН, В. М. ЛАПИЦКИЙ, Р. В. ШИМАНОВИЧ

# ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

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

**Аннотация.** В статье приведены результаты 25-летних популяционных мониторинговых исследований редких и исчезающих видов сосудистых растений национального парка «Нарочанский» (Беларусь). На основании полевых исследований более 250 популяций 74 видов проведен анализ их состояния и тенденций развития. Виды разделены на 4 группы: имеющие тенденцию к сокращению численности, увеличению численности, с нейтральной тенденций, а также виды, чье состояние не оценено в силу недостаточности данных. Проанализированы факторы угрозы популяциям редких и исчезающих видов сосудистых растений и основные направления их охраны.

**Ключевые слова:** мониторинг, метапопуляции, Красная книга, ООПТ, оценка состояния.

O. M. MASLOVSKY, A. V. LEVKOVICH, I. P. SYSOI, Y. A. KHRYSTSIUK-MAKARAVA,
A. P. AMBROSOVA, L. S. CHUMAKOV, A. A. ASTRELIN, V. M. LAPITSKY, R. V. SHIMANOVICH

# ESTIMATION OF THE STATUS OF RARE AND ENDANGERED VASCULAR PLANTS SPECIES POPULATIONS IN THE NAROCHANSKY NATIONAL PARK

*V. F. Kurpevich 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 25 years of population monitoring studies of rare and endangered vascular plants in Narochansky National Park (Belarus). Based on field studies of over 250 populations of 74 species, an analysis of their status and development trends was conducted. Species were divided into four groups: those with a trend toward population decline, those with an increasing trend, those with a neutral trend, and those whose status has not been assessed due to insufficient data. Threat factors threatening the populations of rare and endangered vascular plant species and key conservation strategies were analyzed.

**Key words:** monitoring, metapopulations, Red Book, protected areas, status assessment.

## Введение

Национальный парк (НП) «Нарочанский» характеризуется высоким биоразнообразием растений и является местом сосредоточения популяций редких и исчезающих видов растений. Данная территория в силу своих географических и природных особенностей может рассматриваться как один из важнейших центров пространственной структуры флоры Беларуси [1] и оказывает значительное влияние на биоразнообразие окружающих территорий и страны в целом. В связи с этим оценка состояния популяций редких и исчезающих сосудистых растений национального парка «Нарочанский» является важным направлением для понимания биогеографических и флористических процессов, их моделирования и прогнозирования, а также основой для реализации эффективных природоохранных мероприятий в Беларуси.

Первые сведения о растениях территории НП «Нарочанский» относятся к концу XIX – началу XX вв. и связаны с именами М. Твардовской [2–5] по сосудистым растениям и К. Шафнагеля по мохообразным [6].

Обширные флористические исследования этого региона связаны с открытием с 1946 г. базы летней учебной практики студентов биологического факультета БГУ на оз. Нарочь под руководством Н. О. Цеттерман, Г. Ф. Захаревской, З. Н. Кудряшевой, Г. И. Зубкевич, Т. А. Сауткиной, Ю. А. Бибикова.

В 1960–1970-х гг. регулярные флористические исследования проводили сотрудники Института

экспериментальной ботаники АН БССР, студенты БГУ: вначале Н. В. Козловская, Г. А. Ким, Г. Ф. Рыковский и др., а затем Г. В. Вынаев, Д. И. Третьяков, В. В. Голубков, Д. В. Гельтман, О. М. Масловский, Л. М. Мержвинский и др.

В эти же годы под руководством О. Ф. Якушко учреждена первая охраняемая территория в регионе – заказник «Голубые озера». В работе Г. В. Вынаева и Д. И. Третьякова 1978 г. [7] указано нахождение 542 видов сосудистых растений для этой территории.

Начиная с 1990-х гг. значительный вклад в изучение флоры и редких и исчезающих видов растений данной территории внесли сотрудники Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси: Д. И. Третьяков, А. Н. Скуратович, Д. В. Дубовик, С. С. Савчук, Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, И. М. Степанович, А. П. Яцына и др.; кафедры ботаники БГУ: В. Н. Тихомиров, М. А. Джус и др.

Популяционными исследованиями редких и исчезающих видов сосудистых растений, в т.ч. и на территории парка занимались Л. В. Семеренко, Р. Ю. Блажевич, И. В. Швец.

Флоре национального парка «Нарочанский» посвящена магистерская диссертация Т. В. Броско (2006 г.). В 2009 г. вышла монография О. М. Масловского и др. «Уникальный природный комплекс «Голубые озера» [8], где обобщена информация о флоре и редких и исчезающих видов растений данной территории. В 2012 г. Д. В. Дубовиком и др. опубликованы материалы и конспект флоры национального парка [9], а в 2014 г. монография о биоразнообразии растений этого региона [10].

С начала 2000-х гг. популяционными исследованиями редких и исчезающих растений национального парка «Нарочанский» занимаются сотрудники сектора кадастра растительного мира, а затем лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Для сохранения редких и исчезающих видов растений на территории национального парка необходимы полноценная оценка их состояния, структуры и свойств отдельных популяций, выявление угроз и тенденций их развития. С этой целью в течении 25 лет проводится мониторинг популяций охраняемых видов растений, а также апробация различных мероприятий по их охране.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Полевые исследования проводили с 2001 г. на основе как стандартных, общепринятых ботанических популяционных методик, так и оригинальных методов моделирования и прогнозирования метапопуляций [8, 11]. В необходимых случаях для детальной идентификации собирали гербарий, который хранится в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK).

## Результаты исследования и их обсуждение

Всего обследовано и проанализировано более 250 популяций 74 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь [12] на территории национального парка «Нарочанский». Многие популяции наблюдали на протяжении более 20 лет. Далее представлены результаты анализа тенденций их развития. Виды разделены на 4 группы: имеющие тенденцию к сокращению численности, имеющие нейтральную тенденцию, тенденцию к увеличению численности, а также виды, чья тенденция не оценена в силу недостаточности данных.

Виды, имеющие тенденцию к сокращению численности:

***Ajuga pyramidalis* L.** Всего на территории национального парка зарегистрировано 8 популяций, из них 1 паспортизирована, 2 – аннулированы (исчезли) и 5 популяций приведено по литературным и другим источникам без точного местонахождения. На настоящее время общее состояние вида критически неудовлетворительно вследствие крайней малочисленности (всего 1 экземпляр). Возможно исчезновение этого вида с территории НП.

***Anacamptis morio* (L.) R. M. Bateman, A. M. Pridgeon, M. W. Chase.** Две единичные паспортизированные популяции данного вида не наблюдались в течение нескольких лет, возможно исчезновение данного вида с территории НП. Требует дальнейшего мониторинга. В тоже время имеются литературные сведения о еще 15 местах произрастания без точных указаний, которые нуждаются в дополнительных исследованиях.

***Anemone sylvestris* L.** Всего на территории национального парка зарегистрировано 9 популяций, из них 4 паспортизированы (1 – новая), 2 – аннулированы (исчезли) и 1 популяция приведена по литературным и другим источникам без точного местонахождения. В настоящее время общая численность вида в НП составляет около 635 экземпляров. Различные популяции на территории НП имеют разный вектор развития, но в целом прослеживается тенденция к постепен-

ному сокращению общей численности вида вследствие зарастания травянистой и кустарниковой растительностью, естественных сукцессионных изменений мест обитания и других внешних факторов. Отмечается увеличение численности популяции на северном берегу оз. Мястро, значительное уменьшение – в окрестностях д. Пасынки (с 6586 до 91 экз.). В целом общее состояние популяций удовлетворительное, но неустойчивое, поскольку связано со специфичностью мест произрастания (относительно открытые склоны определенной экспозиции, лесные поляны, а также почвы, содержащие карбонаты). Это налагает отпечаток в совокупности с антропогенной нагрузкой и сукцессионными изменениями растительных сообществ на возможности произрастания и расселения данного вида.

***Aruncus vulgaris* (Walter) Fernald.** Состояние вида на территории НП критически неудовлетворительное. Единственная популяция данного вида исчезла. Следует продолжить поисковые полевые исследования в сходных местообитаниях окружающих территорий.

***Cardamine bulbifera* (L.) Crantz.** На территории национального парка по литературным источникам известна 1 популяция, в окр. д. Гатовичи. В результате крайней низкой численности и отсутствия благоприятных мест для произрастания (вид характерный для более южных районов Беларуси) возможно исчезновение данного вида с территории НП.

***Cephalanthera rubra* (L.) Rich.** Всего на территории национального парка зарегистрировано 3 популяции, однако единственная паспортизированная популяция исчезла, а 2 другие приводятся без точного местонахождения. Состояние вида на исследуемой территории критически неудовлетворительное. Возможно его полное исчезновение на территории НП.

***Cladium mariscus* (L.) Pohl.** Всего на территории национального парка зарегистрировано 2 популяции в природном комплексе «Голубые озера». Одна из них на оз. Глубелька в последние годы сильно деградировала и исчезла (1300 экземпляров на площади 306 м$^2$). Популяция на оз. Ячменец насчитывает 33 экземпляра. Вид имеет общую тенденцию к сокращению численности популяций. Хотя вследствие своих биологических особенностей численность этого вида напрямую зависит от внешних факторов и может колебаться в течение лет в зависимости от сложившихся климатических и гидрологических условий.

***Cotoneaster laxiflorus* J. Jacq. ex Lindl. s.l. (incl. *C. rannensis* B. Hylmö et J. Fryer).** На территории НП известно о 10 популяциях, 3 из них паспортизированы (1 исчезла), 7 приведены без точного местонахождения. Общая численность вида на исследуемой территории в настоящее время составляет 30 экземпляров. В целом, для данного вида сохраняются небольшие колебания численности с отрицательной, в целом, направленностью. Это происходит в результате естественного старения особей и локальных зарастаний древесно-кустарниковой растительностью.

***Dracocephalum ruyschiana* L.** Единственная малочисленная популяция данного вида не наблюдалась много лет, возможно исчезновение данного вида с территории НП.

***Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess.** На территории НП известно о 15 популяциях, из которых 2 паспортизированы (1 исчезла). Остальные приведены по литературным и другим источникам без точного местонахождения. Отмечается постепенное сокращение численности данного вида на территории НП. В настоящее время она составляет 45 экземпляров.

***Eriophorum gracile* W. D. J. Koch.** На территории НП известно о 8 популяциях, 2 из которых паспортизированы (1 аннулирована, исчезла), 6 приведены без точного местонахождения. Общая численность вида на исследуемой территории в настоящее время составляет только 10 экземпляров. Данный вид имеет общую тенденцию сокращения численности популяций, основным фактором которому послужили естественные сукцессионные процессы в местах произрастания.

***Gentiana cruciata* L.** Зарегистрировано 49 популяции, 12 из которых имеют паспорта, причем в 6 из них вид исчез. В ходе проведенных в 2024 г. обследований обнаружены 24 новые популяции горечавки крестообразной на территории НП. Общая численность вида на исследуемой территории в настоящее время составляет около 400 экземпляров. Очень динамичный вид. Наблюдается общая отрицательная тенденция со значительным сокращением численности популяций данного вида, несмотря на небольшие положительные колебания и обнаружение новых локусов. Этому способствуют естественные сукцессии, зарастание кустарниковой растительностью и антропогенное воздействие.

***Gladiolus imbricatus* L.** На территории НП известно о 20 популяциях, 4 из них паспортизированы (1 исчезла), кроме того, не подтверждены еще 5 популяций, вследствие сукцессий и зарастания кустарниковой растительностью и высокотравьем. Общая численность вида в национальном парке значительно уменьшилась и составляет в настоя-

щее время около 1400 экземпляров. Сохраняется отрицательная тенденция для данного вида на исследуемой территории.

***Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze.** Наблюдается сокращение численности популяций. Ранее подтвержденные немалочисленные популяции не выявлены в течение ряда лет, причинами такой отрицательной тенденции, скорее всего, послужили климатические изменения и сукцессионные процессы. Необходимо дополнительное обследование популяций, приводимых в литературных источниках.

***Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit.) Gren.** На территории НП известны 11 популяций чины гладкой, 3 из них паспортизированы. В ходе проведенных в 2024 г. обследований установлено следующее: 2 популяции исчезли вследствие трансформации мест произрастаний, помимо этого выявлена новая популяция данного вида. Несмотря на это, сохраняется общая негативная тенденция сильного сокращения численности, обусловленная особенностью мест произрастания данного вида. Общая численность вида на территории национального парка сократилась с 200 до 9 экземпляров.

***Liparis loeselii* (L.) Rich.** Зарегистрировано 15 мест произрастания, на 4 из которых ранее составлены охранные документы. В ходе проведенных обследований на территории НП выявлены 4 новых популяций данного вида. Также 8 популяций приведены по литературным источникам. Вид с сильными колебаниями численности популяций. Отмечены негативные изменения численности по результатам обследований ранее установленных популяций, где ранее малочисленные локусы в последние годы не наблюдались. Общая численность вида на территории национального парка сократилась до 11 экземпляров. Как и другие представители орхидных данный вид имеет чувствительность к климатическим изменениям в окружающей среде и способен в течение нескольких лет не появляться на ранее установленном месте произрастания – требует дальнейшего мониторинга.

***Malaxis monophyllos* (L.) Sw.** Имеются сведения о 20 популяциях, 2 паспортизированы, 2 не подтверждены. Отмечается негативная тенденция сокращения численности, малочисленность популяций.

***Neottia ovata* (L.) Bluff et Fingerh.** Известно о 47 популяциях, 13 из которых паспортизированы. По результатам проведенных в 2024–2025 гг. Обследований на территории НП обнаружены 10 новых мест произрастания данного вида. Однако в 5 паспартизированных популяциях растения данного вида не обнаружены. Имеет негативную тенденцию сокращения численности популяций (в настоящее время около 400 экземпляров, несмотря на некоторые положительные колебания).

***Nymphaea alba* L.** Две паспортизированные ранее выявленные немногочисленные популяции много лет не наблюдались на территории НП. По [11] указания *N. alba* для парка ошибочны и относятся к *N. candida* и *N. x borealis*.

***Orobanche reticulata* Wallr. (*O. pallidiflora* Wimm. et Grab.).** Состояние этого вида на территории НП, в целом, неудовлетворительное. Единственная популяция немногочисленна, место произрастание испытывает значительную антропогенную нагрузку.

***Polypodium vulgare* L.** На территории НП известны 13 популяций, 3 из которых имеют паспорта. По результатам проведенных в 2024 г. обследований установлено, что 1 популяция данного вида исчезла. Помимо этого, в ходе проведенных обследований обнаружены 2 новые популяции. Отмечается тенденция сильного сокращения численности во всех известных популяциях данного вида. Вероятно, негативное влияние засух в последние годы на территории Беларуси.

***Pulmonaria mollis* J. F. Wolff. ex Hornem.** Сокращение единственной известной популяции данного вида в результате поедания дикими копытными животными. Возможно исчезновение этого вида с территории НП.

***Pulsatilla patens* (L.) Mill. s.l.** Наблюдается общая тенденция сокращения численности популяций данного вида вследствие неблагоприятных погодных условий (устоявшиеся весенние засухи), несмотря на обнаружение новых локусов и незначительных положительных колебаний численности в мелких популяциях.

***Sceptridium multifidum* (S. G. Gmel.) M. Nishida ex Tagawa.** На территории национального парка зарегистрировано 8 популяций без точного местонахождения. Сведения о достоверно известных популяциях вида на территории НП отсутствуют. Состояние вида на территории неудовлетворительное. Следует продолжить поисковые полевые исследования в сходных местообитаниях окружающих территорий.

***Takhtajaniantha glabra* (Rupr.) Chepinoga.** Неярко выраженное устоявшееся сокращение численности единственной популяции данного вида с некоторыми годовыми колебаниями, что связано с сукцессионными изменениями и зарастанием места произрастания.

Виды, имеющие нейтральную тенденцию изменения численности:

***Betula humilis* Schrank.** В целом, для данного вида сохраняется нейтральная тенденция изменения численности. Несмотря на сокращения популяции в одном месте произрастания вследствие зарастания древесно-кустарниковой растительностью береза низкая занимает новые места открытых участков болот, тем самым сохраняя свою общую численность более или менее постоянной.

***Betula nana* L.** Численность единственной популяции не изменилась. Общее состояние вида на территории НП удовлетворительно в силу специфичности местообитаний.

***Carex ornithopoda* Willd.** Общее состояние вида на территории национального парка можно условно оценить как удовлетворительное в силу специфичности местообитаний и значительного количества популяций.

***Dactylorhiza majalis* (Reichenb.) P. F. Hunt et Summerhayes.** Несмотря на колебания численности вследствие биологических особенностей вида и изменения климатических условий общее число особей в разных популяциях имеет нейтральную тенденцию к изменению.

***Orchis mascula* (L.) L.** Известно о 5 местах произрастания, но большинство из них относится к 1980-м гг. и не имеют точных географических привязок. Паспортизирована 1 популяция. Небольшое внутрипопуляционное колебание численности вследствие биологических особенностей вида.

***Pulmonaria angustifolia* L.** Паспортизирована немногочисленная, но устойчивая популяция данного вида, не имеющая колебаний в численности. Нахождение указано также для ряда мест без точных местонахождений.

***Trollius europaeus* L.** На территории национального парка зарегистрировано более 20 популяций данного вида. Несмотря на сильные колебания в численности ранее установленных популяций данного вида и обнаружения новых локусов, общая численность сохраняется на примерно одном уровне.

Виды, имеющие тенденцию к увеличению численности:

***Arnica montana* L.** В целом состояние этого вида на территории НП находится в удовлетворительном состоянии. Обнаруженная в ходе полевых исследований в 2024 г. популяция (354 экземпляра) значительно увеличила общую численность вида и повысила его устойчивость в регионе.

***Carex capillaris* L.** Обнаруженные в последние годы новые популяции этого вида позволяют сделать условный вывод об улучшении состояния данного вида на территории НП, однако вероятно, оно неустойчиво. Мониторинговые исследования позволят сделать более определенный вывод.

***Cypripedium calceolus* L.** Отмечено постепенное сокращение ранее восстановленной популяции. В 2025 г. проведены дополнительные работы, позволившие повысить устойчивость популяции.

***Dactylorhiza incarnata* subsp. *ochroleuca* (Wüstnei ex Boll) P. F. Hunt et Summerh.** На данный момент вид имеет положительную тенденцию к повышению общей численности вида в данном регионе.

***Drosera intermedia* Hayne.** О возможной положительной тенденции повышения численности данного вида свидетельствует обнаружение новой многочисленной и устойчивой популяции на территории НП. Требуется дальнейший мониторинг для определения последующих популяционных колебаний.

***Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart. s.l.** Неярко выраженная положительная тенденция с небольшими колебаниями численности внутри ранее выявленных крупных популяций и исчезновением малочисленных неустойчивых локусов. Несмотря на это обнаружено несколько новых достаточно крупных и устойчивых локусов данного вида. Значительное количество популяций в регионе обеспечивают его общую стабильность на данной территории.

***Iris sibirica* L.** Невыраженная положительная тенденция к увеличению численности. Популяции данного вида достаточно устойчивы и имеют некоторое увеличение численности.

***Linnaea borealis* L.** Можно говорить о выраженной положительной тенденции увеличения численности данного вида, в результате обнаружения 2 новых популяций, одна из которых имеет более 100 экземпляров.

***Rubus chamaemorus* L.** Отмечается стабильное состояние данного вида при увеличении численности известной популяции.

***Salix myrtilloides* L.** Положительная тенденция с ростом численности, вследствие обнаруже-

ния новой многочисленной (200 экземпляров) устойчивой популяции данного вида.

***Trichophorum alpinum* (L.) Pers.** Вид имеет тенденцию к увеличению своей численности; несмотря на деградацию и элиминацию некоторых незначительных популяций. В последние годы выявлены новые многочисленные популяции данного вида, что повышает его общую устойчивость, формирует более стабильную сетчатую структуру и обеспечение семенным материалом на территории НП. В целом, состояние этого вида будет определяться стабильностью его мест произрастания.

Виды, чья тенденция не оценена:

Для ряда видов изменения численности не оценены, в следствие недостаточной информации: *Aldrovanda vesiculosa* L., *Berula erecta* (Huds.) Cov., *Botrychium matricariifolium* (Retz.) A. Br. ex W. D. J. Koch, *Campanula latifolia* L., *Carex helenastes* Ehrth. ex L. f., *C. pauciflora* Lightf., *C. paupercula* Michx., *Coeloglossum viride* (L.) C. Hartm., *Corallorhiza trifida* Chatel., *Crepis mollis* (Jacq.) Aschers., *Gentianella amarella* (L.) Börner s.l. (incl. *G. lingulata* C. Agardh; *G. uliginosa* (Willd.) Börner), *Isoetes lacustris* L. s.l. (incl. *I. ecshinospora* Durieu), *Jacobaea aquatica* (Hill) G. Gaertn., B. Mey. et Scherb., *Lilium martagon* L., *Lunaria rediviva* L., *Moneses uniflora* (L.) A. Gray, (*Najas marina* L. s.l. (incl. *N. major* All.)), *Neottia cordata* (L.) Rich., *Pedicularis sceptrum-carolinum* L., *P. sylvatica* L., *Pinguicula vulgaris* L., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s.l. (incl. *P. bohemica* (Skalický) Tzvelev), *Salix lapponum* L., *Saxifraga hirculus* L., *Scabiosa columbaria* L., *Sparganium gramineum* Georgi, *Stellaria crassifolia* Ehrh., *Vaccinium microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. ex Busch, *Viola elatior* Fr., nom. cons., *V. uliginosa* Bess. Для этих видов необходимо проведение дополнительных мониторинговых исследований.

Таким образом, установлено, что 25 видов сосудистых растений (33% от исследованных) имеют тенденцию к сокращению численности (рис. 1). Это связано со многими факторами, такими как естественная сукцессия, влияние окружающей среды или особенностями жизненного цикла. 8 видов (10%) имеют нейтральную тенденцию, а положительные изменения можно отметить у 11 видов (14%). В тоже время для почти половины охраняемых видов сосудистых растений провести квалифицированную оценку их состояния пока не представляется возможным. Необходимы дополнительные исследования, а также подтверждение отмечавшихся в литературных источниках мест их произрастания.

Анализ распределения редких и исчезающих видов сосудистых растений по категориям охраны представлен в табл.

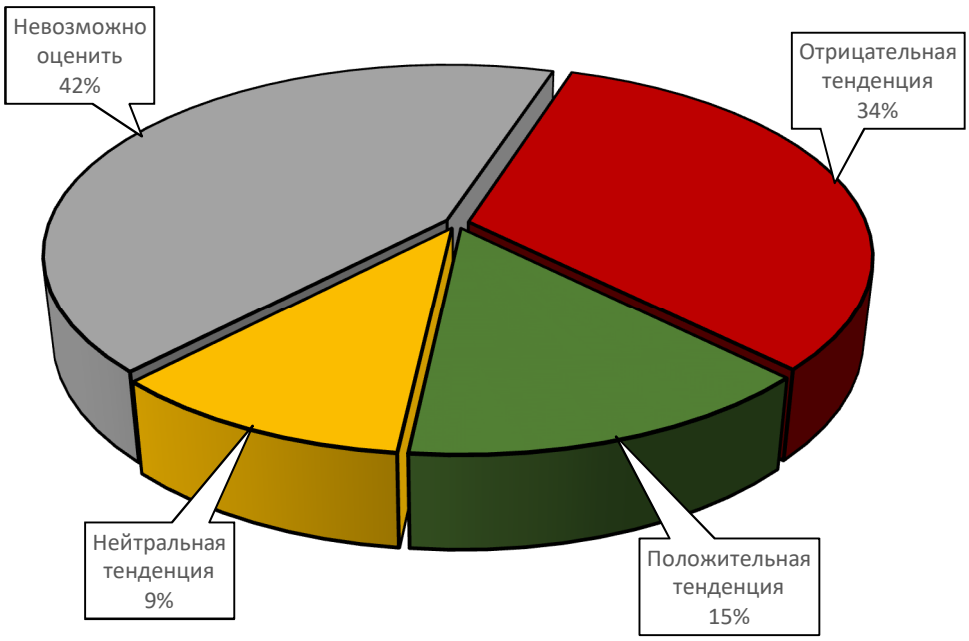



**Рис. 1.** Распределение охраняемых видов сосудистых растений по тенденциям изменения численности

**Fig. 1.** Distribution of protected species of vascular plants according to trends of quantity

**Таблица.** Распределение редких и исчезающих видов сосудистых растений по категориям охраны

**Table.** Distribution of rare and endangered species of vascular plants by conservation categories

| Категория охраны | Тенденция | | | | Всего |
|---|---|---|---|---|---|
| | Отрицательная тенденция | Положительная тенденция | Нейтральная тенденция | Невозможно оценить | |
| I категория | 4 | 0 | 1 | 8 | 13 |
| II категория | 5 | 4 | 2 | 9 | 20 |
| III категория | 11 | 3 | 3 | 4 | 21 |
| IV категория | 5 | 4 | 1 | 10 | 20 |
| Всего видов | 25 | 11 | 7 | 31 | 74 |

Наибольшие отрицательные тенденции наблюдаются прежде всего среди видов 1 категории охраны, хотя доли таких видов среди оцененных видов максимальны также среди всех других категорий охраны.

Анализ факторов, влияющих на состояние популяций охраняемых видов сосудистых растений на территории национального парка «Нарочанский», на основании экспертной оценки и заключений актов обследования специалистов НАН Беларуси, Министерства природных ресурсов и национального парка представлен на рис. 2.

Наибольшее влияние оказывают антропогенное воздействие на места произрастания, уровень грунтовых вод, а также зарастание кустарниковой и травянистой растительностью. Значимыми являются также климатические изменения и естественные сукцессии растительных сообществ.

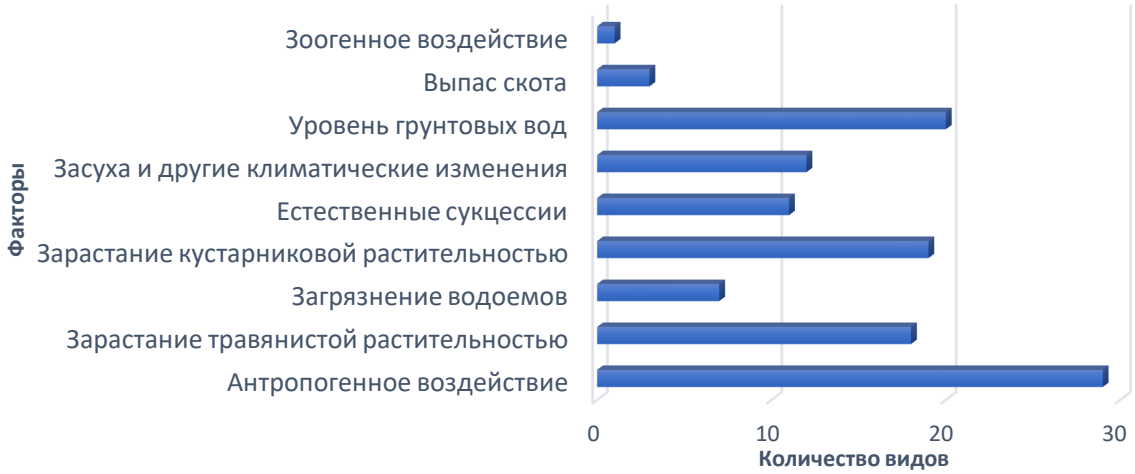



**Рис. 2.** Факторы, влияющие на состояние популяций охраняемых видов сосудистых растений на территории национального парка «Нарочанский»

**Fig. 2.** Factors influence to the status of populations of protected vascular plants species in the Narochansky National Park

## Заключение

Результаты проведенного мониторинга показывают, что популяции редких и исчезающих видов растений в исследованном регионе находятся в постоянной динамике. Выделенные группы позволяют сосредоточить внимание на видах, имеющих негативную тенденцию развития на территории НП. Проведенная оценка является основой для осуществления дальнейшего мониторинга, а также реализации природоохранных мероприятий. Причем такие мероприятия должны быть направлены не только на сохранение мест произрастания, но и обеспечение устойчивости самих популяций, их метапопуляционной структуры. В этом отношении в 2025 г. реализован ряд проектов восстановления популяций и повышения их устойчивости охраняемых орхидных видов растений на территории национального парка «Нарочанский».

## Благодарности

*Работа выполнена в рамках более 25 научных проектов, в т.ч. заданий научно-исследовательских программ, среди которых: ГНТП «Экологическая безопасность» (2006–2010 гг.); ГПОФИ «Ресурсы растительного и животного мира» (2006–2010 гг.); ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда» (2011–2015 гг.); ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» (2021–2025), а также задания Государственной программы развития курортной зоны Нарочанского региона на 2011–2015 гг.; отдельных проектов с Минским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды, администрацией национального парка «Нарочанский»; грантов БРФФИ № Б15М-098, № Б22СРБГ-005); международных проектов при поддержке ЮНЕСКО «Внедрение в практику системы охраны исчезающих видов растений в соответствии с приоритетами Глобальной и Европейской стратегий сохранения растений» (2010–2011 гг.), «Создание возможностей и внедрение в заповедниках и национальных парках Беларуси практических мер по сохранению исчезающих видов растений и местообитаний на основе международного опыта, критериев Международного союза охраны природы (IUCN) и Европейской директивы по местообитаниям (European Habitats Directives)» (2016–2017 гг.), «Ключевые ботанические территории Беларуси» IUCN (2004–2005 гг.); «Создание возможностей ББО в повышении охраны и устойчивого использования луговых экосистем как территорий с высоким природным значением и включения их в Европейскую экологическую сеть» BBI-MATRA (2006–2007 гг.), «European red list of mosses, liverworts and hornworts» IUCN (2017–2019 гг.). Значительную помощь в проведении мониторинговых исследований оказали сотрудники научного отдела национального парка «Нарочанский» и члены Королевского общества любителей природы (Нидерланды).*

## Литература

1. Масловский, О. М. Бриокомплексы Беларуси в системе флор мохообразных Восточной Европы / О. М. Масловский. – Мн. : Беларус. навука, 2022. – 530 с.

2. Twardowska, M. Spis roślin znalezionych w okolicy Szemetowszczyzny na Litwie / M. Twardowska // Pam. Fizyjogr. – Dzial 3: Botanika i zoologija. – 1883. – T. 3. – S. 274–291.

3. Twardowska, M. Spis roslin zebranych z Szemetowszczyzny i z Welesnicy w latach 1893 i 1894 / M. Twardowska // Pam. Fizyjogr. – Dzial 3: Botanika i zoologija. – 1896. – T. 14. – S. 115–118.

4. Twardowska, M. Spis roslin z Szemetowszczyzny i z Welesnicy / M. Twardowska // Pam. Fizyjogr. – Dzial 3: Botanika i zoologija. – 1902. – T. 17. – S. 95–99.

5. Twardowska, M. Notatki florystyczne z Szemetowszczyzny i Welesnicy / M. Twardowska // Pam. Fizyjogr. – Dzial 3: Botanika i zoologija. – 1907. – T. 19. – S. 40–43.

6. Szafnagel, K. Zapiski bryologiczne / K. Szafnagel. – Wilno : J. Zawadzki, 1908. – 74 s.

7. Вынаев, Г. В. Флористические материалы к познанию природы государственного ландшафтного заказника «Голубые озера» / Г. В. Вынаев, Д. И. Третьяков // Закономерности развития органического мира и научные основы его использования: материалы V науч. конф. молодых ученых Академии наук БССР по современным проблемам биологии, посвящ. 60-летию ВЛКСМ. – Мн. : Наука и техника, 1978. – С. 8.

8. Уникальный природный комплекс «Голубые озера» в национальном парке «Нарочанский» / О. М. Масловский, В. С. Люштык, М. П. Колесникова [и др.]. – Мн. : АльПак, 2009. – 56 с.

9. Материалы к флоре сосудистых растений национального парка «Нарочанский» / Д. В. Дубовик, Д. И. Третьяков, В. И. Парфенов, А. Н. Скуратович // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования : сб. науч. ст. / Управление делами президента Республики Беларусь, ГПУ «Березинский биосферный заповедник». – Мн. : Белорусский Дом печати, 2012. – Вып. 7. – С. 39–128.

10. Биологическое разнообразие национального парка «Нарочанский»: Сосудистые растения / Д. В. Дубовик, А. Н. Скуратович, Д. И. Третьяков [и др.]. – Борисов : Борисов. укрупн. тип. им. 1 Мая, 2014. – 256 с.

11. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. / О. М. Масловский, А. В. Левкович, И. П. Сысой [и др.]. – Мн. : Беларуская навука, 2019. – 599 с.

12. Красная книга Республики Беларусь. Растения : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол. : С. М. Масляк, М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.] ; редсовет : А.Н. Карлюкевич (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : Беларусь, 2025. – 576 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Масловский Олег Мечиславович*** – доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Левкович Анастасия Владимировна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Сысой Ирина Петровна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Христюк-Макарова Яна Александровна*** – младший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Амбросова Алина Петровна*** – младший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Чумаков Леонид Степанович*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Астрелин Алексей Александрович*** – младший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Лапицкий Владислав Максимович*** – младший научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Шиманович Рита Валентиновна*** – научный сотрудник лаборатории ресурсов и кадастра растительного мира Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Оценка состояния популяций редких и исчезающих видов сосудистых растений национального парка «Нарочанский» / О. М. Масловский, А. В. Левкович, И. П. Сысой [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 35–43.

# ФИТОЦЕНОЛОГИЯ
# PHYTOCENOLOGY

УДК 581.524.42

Д. Г. ГРУММО[1], Р. В. ЦВИРКО[1], Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ[1],
Е. В. МОЙСЕЙЧИК[1], О. В. СОЗИНОВ[2], Д. Ю. ЖИЛИНСКИЙ[1]

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: zm.hrumo@gmail.com*
[2]*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь*

**Аннотация.** На основе результатов наземных исследований, разновременной аэрокосмической информации, литературных и картографических источников, материалов земле- и лесоустройства составлена и проанализирована крупномасштабная (М 1:100 000) карта актуальной растительности Березинского биосферного заповедника. Легенда карты разработана на основе эколого-фитоценотического (доминантного) подхода к классификации растительности и содержит 59 картируемых единиц. В структуре земель Березинского биосферного заповедника леса занимают 68 049,5 га (81,9%), открытые (нелесные) болота – 12 002,8 га (14,6%), луга – 499,5 га (0,6%), сельскохозяйственные земли – 143,1 га (0,2%), мелколесья и кустарники – 2 233,1 га (2,7%). Ценотическое разнообразие лесов отражено на карте 33 категориями. Лесной покров довольно разнообразен и представлен различными типами хвойных, широколиственно-хвойных, широколиственных, мелколиственных производных и коренных лиственных болотных лесов. Преобладают лиственные болотные леса (27 080,1 га – 32,7%). Значительные площади занимают сообщества сосновых болотных лесов (13 054,5 га – 15,7%), а также монодоминантные сосняки кустарничково-зеленомошные (9 378,5 га – 11,3%). Доля открытых болот на территории заповедника относительно невелика (12 002,8 га – 14,6%); представлена растительность верховых (5 490,4 га – 6,8%), переходных (2 944,8 га – 3,5%) и низинных (3 567,6 га – 4,3%) болот. Луга представлены группой ассоциаций болотистых пойменных лугов (466,7 га – 0,5%), которые в регионе имеют незначительное распространение и приурочены преимущественно к долине р. Березина. В границах заповедника активным распространением характеризуются кустарниковая растительность, генезис которой обусловлен различными видами сукцессионных процессов и, в первую очередь, связан с активным заболачиванием и зарастанием пойменных лугово-болотных земель.

**Ключевые слова:** карта растительности, Березинский биосферный заповедник, эколого-фитоценотическая классификация, нарушенность растительности.

D. G. GRUMMO[1], R. V. TSVIRKO[1], N. A. ZELIANKEVICH[1],
E. V. MOJSEJCHIK[1], O. V. SOZINOV[1], D. Yu. ZHYLINSKY[1]

## CHARACTERISTIC OF CONTEMPORARY VEGETATION IN THE BEREZINSKY BIOSPHERE RESERVE

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: zm.hrumo@gmail.com*
[2]*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus*

**Annotation.** The large-scale (M 1:100 000) Map of the current state vegetation of the Berezinsky Biosphere Reserve are compiled and analysied on the results of ground-based research, multi-temporal aerospace information, literary and cartographic sources, land and forest management materials. The map legend which developed on the ecological-phytocenotic (dominant) approach to vegetation classification, contains 59 mapping units. In the Berezinsky Biosphere Reserve land structure forests occupy 68 049.5 hectares (81.9%), non-forest mires – 12 002,8 hectares (14.6%),

meadows – 499.5 hectares (0.6%), agricultural lands – 143.1 hectares (0.2%), coppices and shrubs – 2 233.1 hectares (2.7%). The cenotic forests diversity reflected by 33 categories on the map. The forest cover is completely diverse and represented by various types of coniferous, broadleaf-coniferous, broadleaf, small-leaved derivatives and native deciduous swamp forests. Deciduous swamp forests predominate (27 080.1 hectares, or 32.7%). Significant areas occupied by pine swamp forest communities (13 054.5 hectares, or 15.7%), as well as monodominant shrub moss pine forests (9 378.5 hectares, or 11.3%). The share of non-forested mires in the Reserve territory is relatively small (12 002.8 hectares – 14.6%); the vegetation represented are raised bogs (5 490.4 hectares – 6.8%), transitional mires (2 944.8 hectares – 3.5%) and fens (3 567.6 hectares – 4.3%). The meadows are a group of marshy floodplain meadow associations (466.7 hectares – 0.6%), which are not widely distributed in the region and confined mainly to the Berezina River valley. Shrub vegetation is actively distributed within the Reserve boundaries; its genesis determined by various types of successional processes and, first of all, by active swamping and overgrowing of floodplain meadow-marsh lands.

**Keywords:** vegetation map, Berezinsky Biosphere Reserve, ecological-phytocenotic classification, vegetation disturbance.

## Введение

Березинский биосферный заповедник (ББЗ) – уникальный природный комплекс, расположенный вдоль реки Березина и сочетающий обширные массивы заболоченных лесов, лесных и открытых (нелесных) болот различных типов питания.

Березинский биосферный заповедник – одна из старейших особо охраняемых природных территорий (ООПТ) страны. Создание заповедника было определено крайне бедственным состоянием природных ресурсов республики в годы военной и послереволюционной разрухи (1914–1921 гг.), когда на огромных площадях были вырублены леса, резко сократилась численность многих видов диких животных. Уникальная находка профессором Белорусского государственного университета А. В. Федюшиным в верховьях р. Березины колонии речного бобра, считавшегося уже полностью истребленным, предрешила вопрос о срочном объявлении территории заповедной. 30 января 1925 г. постановлением Совета Народных Комиссаров БССР учрежден первый в стране Государственный охотничий заповедник, цель которого заключалась в охране и размножении ценных диких животных, в особенности речных бобров.

В настоящее время ООПТ имеет высокий международный статус. В 1979 г. ББЗ включен в мировую сеть биосферных заповедников, созданную в рамках постоянной Программы «Человек и биосфера» ЮНЕСКО. По классификации Международного союза охраны природы (IUCN) заповедник соответствует категории 1a (строго охраняемый природный резерват / участок дикой природы). В 1995 г. Березинский биосферный заповедник награжден Европейским дипломом для охраняемых территорий высшей категории А. С 2004 г. является ключевой ботанической территорией (IPA, BY 001), с 2005 г. ключевой орнитологической территорией (IBA, BY005). Включен в Рамсарский Список водно-болотных угодий международного значения (№ 1927, с 2010 г.); член международной организации Всемирной сети образовательных центров по водно-болотным угодьям Wetland Link International (с 2011 г.).

В заповеднике организована системная научно-исследовательская работа. К настоящему времени практически завершен этап инвентаризации биоты, подготовлены списки видов млекопитающих, птиц, насекомых, рыб, высших сосудистых растений, мхов, лишайников. Благодаря всестороннему изучению природы составлены территориальные информационные природные карты заповедника (болот, гидрологической сети, почв и гамма-фона).

Вместе с тем изучение растительности к моменту начала наших исследований (2008 г.) было ограничено крупномасштабной картой лесотипологических комплексов ББЗ (М 1:25 000). В связи с вышеизложенным, авторами в 2008–2020 гг. проведены работы по инвентаризации растительности ББЗ с составлением крупномасштабной (М 1:100 000) геоботанической карты.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Березинский биосферный заповедник расположен в северной части Республики Беларусь по границе Витебской и Минской областей, на территории 4-х административных районов: Лепельского, Докшицкого и Ушачского Витебской области и Борисовского района Минской области. Центральная усадьба заповедника находится в д. Домжерицы Лепельского района Витебской области на расстоянии 3 км от автомагистрали М3 (Минск-Витебск), в 130 км от г. Минска и 150 км от г. Витебска. Территория заповедника (координаты центральной точки – 28,3495º в.д., 54,7652º с.ш.) представлена одним крупным лесоболотным массивом, вытянутым с севера на юг протяженностью ~60 км, с запада на восток – 25 км (рис. 1). Площадь заповедника на 2024 г. – 86,38 тыс. га.




**Рис. 1.** Географическое положение Березинского биосферного заповедника

**Fig. 1.** Geographical location of the Berezinsky Biosphere Reserve

Верхнеберезинская низина, основную часть которой занимает территория заповедника, приурочена к Белорусской антеклизе. Современный рельеф сформирован в четвертичный период под воздействием процессов накопления обломочного материала в краевой зоне сожского (московского) и водно-ледниковых отложений поозерского (валдайского) оледенений. По строению рельефа территория подразделяется на две существенно различающиеся части – повышенную северную (абсолютные высоты 180–200 м) и пониженную южную (155–165 м) (рис. 2). Наиболее распространены лимно- и флювиогляциальные, моренные и аллювиальные отложения [1].

Климат заповедника умеренно-континентальный, прохладный, формируется под влиянием влажных и теплых воздушных масс Атлантики. Средняя температура самого холодного месяца года – января – составляет -7,3°С (абсолютный минимум зимой -36,6°С), самого теплого – июля – +16,7°С (абсолютный максимум летом +37,5°С), а в среднем за год – +5,7°С. Средняя продолжительность безморозного периода – 120 дней (пределы 92–173). Переход среднесуточных температур через 0°С происходит в конце марта, продолжительность теплого периода (>15°С) – 68 дней. По количеству осадков территория ББЗ относится к зоне достаточного увлажнения: в среднем за год выпадает около 692 (пределы 509–980) мм.

Речная сеть территории заповедника развита хорошо (средняя густота 0,41 км/км$^2$) и представлена свыше 80 реками и ручьями длиной более 1 км с постоянным и сезонным течением, общей протяженностью 315 км, где длина большинства из них (80%) не превышает 5 км. Территория заповедника находится в верховьях р. Березины (приток р. Днепр) – важнейшего водотока центральной части Беларуси и основной водной артерии региона. Протяженность реки в пределах заповедника – 96 км. Пойма развита на всем протяжении реки, средняя ширина ее составляет 2–3 км, поверхность ровная заторфованная, повсеместно встречаются затоки, старицы, некоторые из них превратились в пойменные озера. Связанные с Березиной реки и ручьи, озера и старицы в немалой степени формируют уникальность заповедника и играют роль важного ландшафто-образующего компонента его территории. Общий уклон водной поверхности в пределах водосбора 0,22% пределы 0,05–0,47%). Гидрографическую сеть заповедника дополняют 19 озер [1].

По степени развития основного процесса почвообразования и механическому составу на территории заповедника выделено 5 генетических типов почв: дерново-подзолистые (12,8% площади заповедника), дерново-подзолистые заболоченные (17,5%), дерновые заболоченные (3,2%), торфяно-болотные (60,1%) и аллювиальные (6,4%), подразделяющиеся на 42 почвенные разновидности [1].

На территории ББЗ встречаются 4 рода ландшафтов [5]. Доминируют по площади озерно-болотные, занимающие 57,5% территории заповедника, значительно меньшую долю занимают водно-ледниковые ландшафты (18,4%), ландшафты речных долин (14,3%) и камово-моренные (9,8%).

По принадлежности к определенным гипсометрическим уровням роды ландшафтов объединены в три группы – возвышенные, средневысотные и низменные. К возвышенным ландшафтам (9,8% площади заповедника) отнесены только камово-моренный род ландшафтов. Средневысотные ландшафты (18,4%) представлены только водно-ледниковым родом ландшафтов. Низменные ландшафты занимают доминирующие позиции (71,8%), к ним относятся озерно-болотные и ландшафты речных долин [5].

Геоботаническая карта Березинского биосферного заповедника составлена в М 1:100 000 и относится к типу обобщенных крупномасштабных. При составлении карты авторами поставлены следующие задачи: отразить ценотическое разнообразие растительности, установить основные картируемые типологические категории сообществ и группировок, дать оценку современного состояния растительности.

Карта составлена на основе результатов наземных исследований (2008, 2010, 2014–2018 гг.), анализа разновременной спутниковой информации, литературных и картографических источников, материалов земле- и лесоустройства. Работа по составлению карты, отражающей современную растительность территории, состояла из 3 этапов:

1) *предполевой (камеральный) этап* включал сбор фондовых данных на территорию исследуемого объекта, подбор материалов космической съемки, первичную обработку цифровых снимков и визуализацию данных, дешифрирование, выполнение автоматической неконтролируемой классификации, составление предварительной карты;

2) *полевые исследования* предусматривали наземное дешифрирование растительности по материалам спутниковой съемки;

3) *постполевой камеральный этап*, в который входит подготовка картографической основы, систематизация полевых материалов, разработка итоговой легенды, группировка эталонов изображений для создания картографических моделей, проведение контролируемой классификации изображения, оценку достоверности результатов классификации, геометрическую и географическую генерализацию, создание составительского оригинала карты.

Не вдаваясь в детальное описание методологии составления крупномасштабных геоботанических карт и которая приведена нами в специальных публикациях [4, 7], отметим только некоторые ключевые моменты.

Для картографирования растительности подобраны безоблачные спутниковые снимки Белорусского космического аппарата с разрешением 2,1 м (панхроматический режим) и 10,5 м (мультиспектральный режим). Для валидации результатов исследований также использованы изображения, подготовленные на основе снимков высокого и сверхвысокого разрешения, доступных на геосервисах (Яндекс-карты, GoogleMaps, ESRI, Bing).

В ходе полевых описаний проводили сбор данных о видовом составе, структуре и состоянии растительности классическими геоботаническими методами [6], с использованием GPS-приемника для привязки точек описаний и треков путевых маршрутов. Оценку разнообразия типов лесных фитоценозов выполняли с учетом материалов базового лесоустройства. Рисунок растительности нелесных земель (болота, луга, сельскохозяйственные земли) создавали в результате детального наземно-дистанционного обследования.

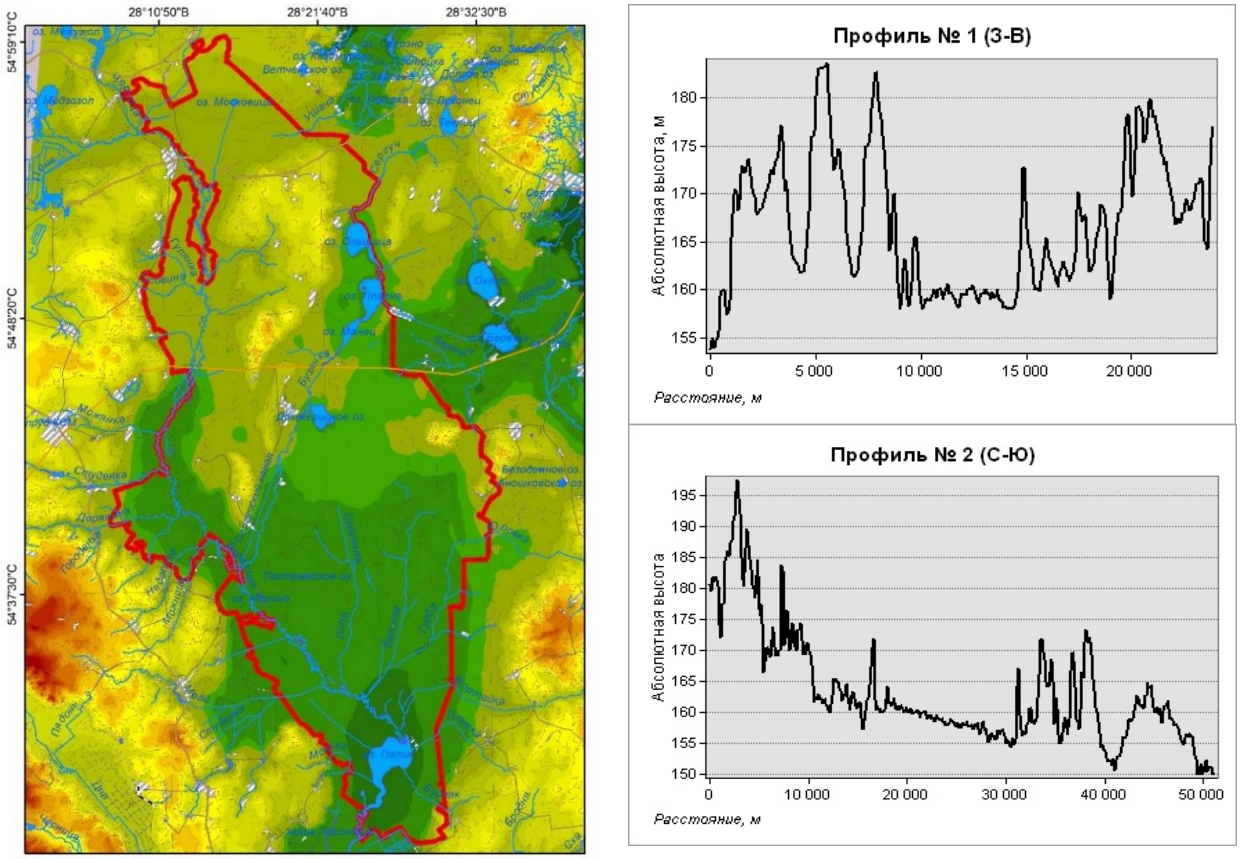



**Рис. 2.** Рельеф Березинского биосферного заповедника и прилегающих территорий

**Fig. 2.** Relief of the Berezinsky Biosphere Reserve and adjacent territories

Всего в ходе полевых исследований выполнено 471 геоботаническое описание, в том числе 147 в лесных, 229 в болотных, 95 в кустарниковых и луговых сообществах. Размер описаний на участках, лишенных древесного яруса, составлял 25–100 м$^2$, с древесным ярусом не менее 100 м$^2$. Объем полевых исследований позволил выявить и устранить возможные ошибки, возникающие при базовом лесоустройстве, провести описания практически всех крупных выделов растительности прекарты, а также сформировать репрезентативный объем для обучающей выборки при контролируемой классификации.

Эталонные точки созданы путем стратифицированной случайной выборки в пределах групп типов растительности. Всего для формирования каталога эталонов использовано 75% от общего объема базы геоботанических описаний. Общее количество полигонов обучающей выборки – 321, их площадь – 1 872 га. Каждый полигон получил номинальное цифровое значение в зависимости от принадлежности к определенной единице итоговой легенды геоботанической карты.

Легенда карты разработана на основе эколого-фитоценотического (доминантного) подхода и построена по иерархическому принципу. На карте отражена современная растительность, которая представляет динамическую систему, состоящую как из коренных, так и производных растительных сообществ, находящихся на разных стадиях восстановления или деградации. Высшие единицы легенды – типы и группы типов растительности эколого-фитоцентической классификации.

Лесной тип растительности подразделяется на классы формаций: хвойные, широколиственно-хвойные, широколиственные, мелколиственные производные и лиственные коренные леса на болотах. Картируемые таксоны хвойных (в подавляющем большинстве сосновых) лесов на болотах рассматриваются как градации этих лесов, коренные лиственные леса на болотах выделены в отдельную таксономическую категорию высшего ранга. Это продиктовано стремлением сохранить единство формационной структуры лесной растительности. Лиственные леса на болотах – пушистоберезовые и черноольховые – образуют самостоятельные, сопряженные друг с другом формации, тогда как типы сосняков на болотах составляют часть эколого-фитоценотического ряда сосновых лесов. Подзаголовками следующего ранга для лесной растительности являются формации (сосновые, еловые, осиновые, черноольховые и т.д.). Далее в легенде проведено разделение лесной растительности по так сонам, близким по объему к единицам (типам, группам типов) отечественной лесотипологической классификации [2, 3].

Основной картируемой единицей болотной и луговой растительности является группа ассоциаций, для гетерогенной растительности болот – комплексы (кочковато-мочажинный, кочковато-ковровый, грядово-мочажинный, регрессивный комплексы). Отдельно отображены растительность агроэкосистем, которая представлена 2 категориями: пахотные земли, культурные сенокосы и пастбища.

При создании геоботанической карты использовали контролируемую классификацию изображения (алгоритм Random Forest) с предварительной сегментацией. Этот объектно-ориентированный процесс похож на традиционный подход к классификации пиксельного изображения, использующий методы контролируемой и неконтролируемой классификации. Однако вместо классификации пикселов, процесс классифицирует сегменты, которые можно рассматривать как суперпикселы. Алгоритм включает 3 основные операции [7]: а) *сегментация изображения* – группирует вместе соседние пикселы со сходным цветом и геометрическими характеристиками; б) *обучение классификатора* – выполняется с использованием набора тренировочных данных (полевых описаний) и сегментированного растра по алгоритму Random Forest; в) *классификация растра* (выходными данными является набор тематических растровых данных в соответствии со схемой, разработанной в процессе обучения).

Качество классификационной модели, оценивали 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.

На основе матрицы ошибок, составленной по контрольным участкам (не совпадающим с эталонными, использовавшимися для создания обучающих выборок), рассчитывали ряд показателей достоверности классификации: ошибки омиссии (количество сегментов, ошибочно не попавших в данный класс); ошибки комиссии (количество сегментов, ошибочно присоединенных к данному классу); достоверность классификации (% правильно классифицированных сегментов от общего количества проверяемых). Удовлетворительными считали результаты, если правильно определены 70–85% классифицируемых объектов. Точность классификации нелесных земель заповедника в наших исследованиях составила 84,3%.

Определение точности карты лесов заповедника проводили методом набора случайных контрольных точек в пределах каждого проверяемого класса на карте и сравнения их с материалами лесоустройства. Анализ проверки (n=147) дает от 74,5 до 85,3% совпадений в зависимости от класса, при средней точности классификации 79,4%. Учитывая некоторые несоответствия в классификации, а также определенную условность картографического изображения в материалах лесоустройства (прежде всего, в части болотных лесов) по сравнению с реальностью, данный результат можно признать удовлетворительным.

В целом, общая точность геоботанической карты (с учетом точности лесоустроительных данных) составила 80,4%, что оценивается как удовлетворительный результат.

Все операции с пространственными данными выполнены в специализированных программных пакетах (ENVI, ArcGIS), а также с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine. При обработке геоботанических описаний для построения легенды карты использована программа JUICE.

Карта растительности Березинского биосферного заповедника представлена на рис. 3. Полная легенда геоботанической карты ООПТ приведена в табличной форме (табл.). В первом столбце указан номер легенды, во втором – приведены названия растительных сообществ на доминантной основе с указанием индикаторной группы видов растений, в третьем и четвертом – сведения о занимаемой площади (га и %). Дигрессивные стадии растительности болот приведены с индексом «а» (34а, 47а, 48а).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно геоботаническому районированию Беларуси территория Березинского биосферного заповедника относится к Верхнеберезинскому району Ошмяно-Минского округа подзоны дубово-темнохвойных лесов [2]. Однако благодаря тому, что практически все территория заповедника находится в пределах депрессии и здесь не осуществляется хозяйственная деятельность, для ООПТ характерна своеобразная растительность, которая существенно отличается от фоновой растительности геоботанического района. В растительном покрове ББЗ по сравнению с Верхнеберезинским геоботаническим райном значительные площади заняты болотной растительностью, большая часть лесов (~60%) здесь в той или иной степени заболочена, существенно ниже доля мелколиственно-производных лесов, практически отсутствуют пахотные земли (рис. 4).

### Лесная растительность

В структуре наземного растительного покрова Березинского биосферного заповедника леса являются преобладающим типом растительности и занимают 81,9% площади ООПТ (см. рис. 3, табл.). Леса образуют единый, вытянутый в широтном направлении массив, и отражают почвенно-гидрологические особенности территории [1].

Классификационная схема лесной растительности ООПТ включает 4 класса формаций, 12 формаций, 27 серий и 92 типа. В составе лесов преобладают (рис. 5) сосновые (42,2% лесопокрытой площади), пушистоберезовые (22,5%) и черноольховые (18,2%) насаждения. Относительно высоким участием характеризуются еловые (7,8%) и повислоберезовые (6,9%) леса. Фрагментарно представлены осиновые (1,0%), сероольховые (0,9%) и широколиственные (дубовые, липовые, черноольхово-ясеневые, кленовые) леса (0,5%).

В спектре типологического разнообразия преобладают насаждения осоковой (34,8% лесопокрытой площади), мшистой (10,3%), черничной (6,7%), осоково-сфагновой (6,6%), кисличной (6,5%) серий типов леса (рис. 6).

Ценотическое разнообразие лесов отражено на геоботанической карте 33 категориями (см. табл.). Дальнейшая характеристика лесной растительности заповедника приводится в соответствии с легендой к карте.

**Хвойные леса** занимают значительную площадь (30,6 тыс. га или 36,7%). Среди хвойных лесов наибольшим распространением характеризуются монодоминантные сосновые зеленомошные леса (9 378,5 га или 11,3%). Они сконцентрированы в северной и центральной частях заповедника, где произрастают на слаборазвитых подзолистых и дерново-подзолистых почвах (см. рис. 3). Возраст насаждений в геоботанических описаниях составляет в среднем – 75–100 лет, класс бонитета – I–II (в среднем I,6), среднегодовой прирост – 3–3,4 м$^3$/га. Насаждения часто изреженные, со следами проводившихся в прошлом рубок.

Основным доминантом древесного яруса выступает сосна (*Pinus sylvestris*). К сосне примешиваются береза повислая (*Betula pendula*), ель (*Picea abies*). Примесь этих пород, как правило, не превышает 20%. Подрост повсеместно представлен сосной, елью, березой повислой, реже встречаются осина (*Populus tremula*) и дуб черешчатый (*Quercus robur*). Ярус подлеска фор-

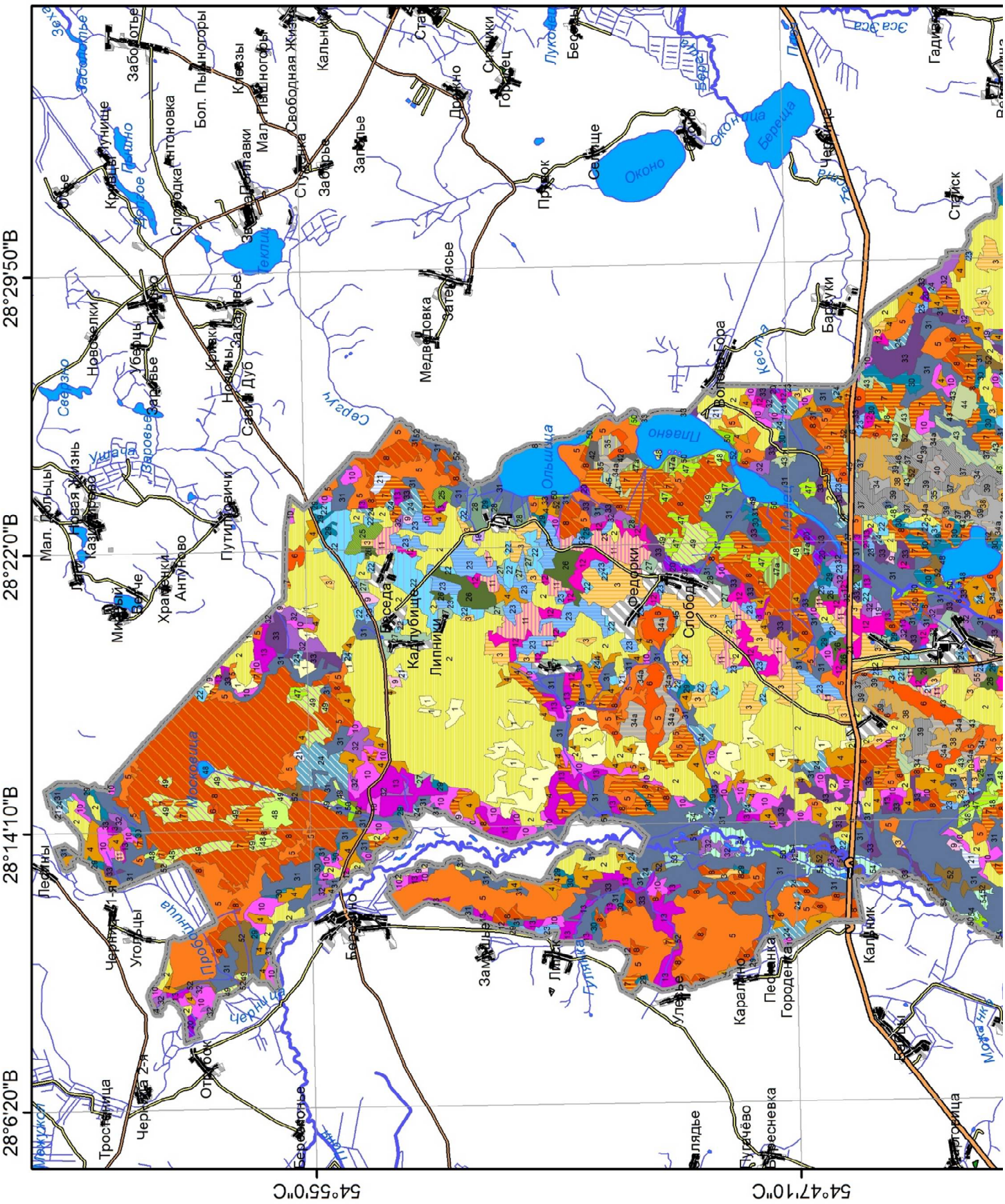
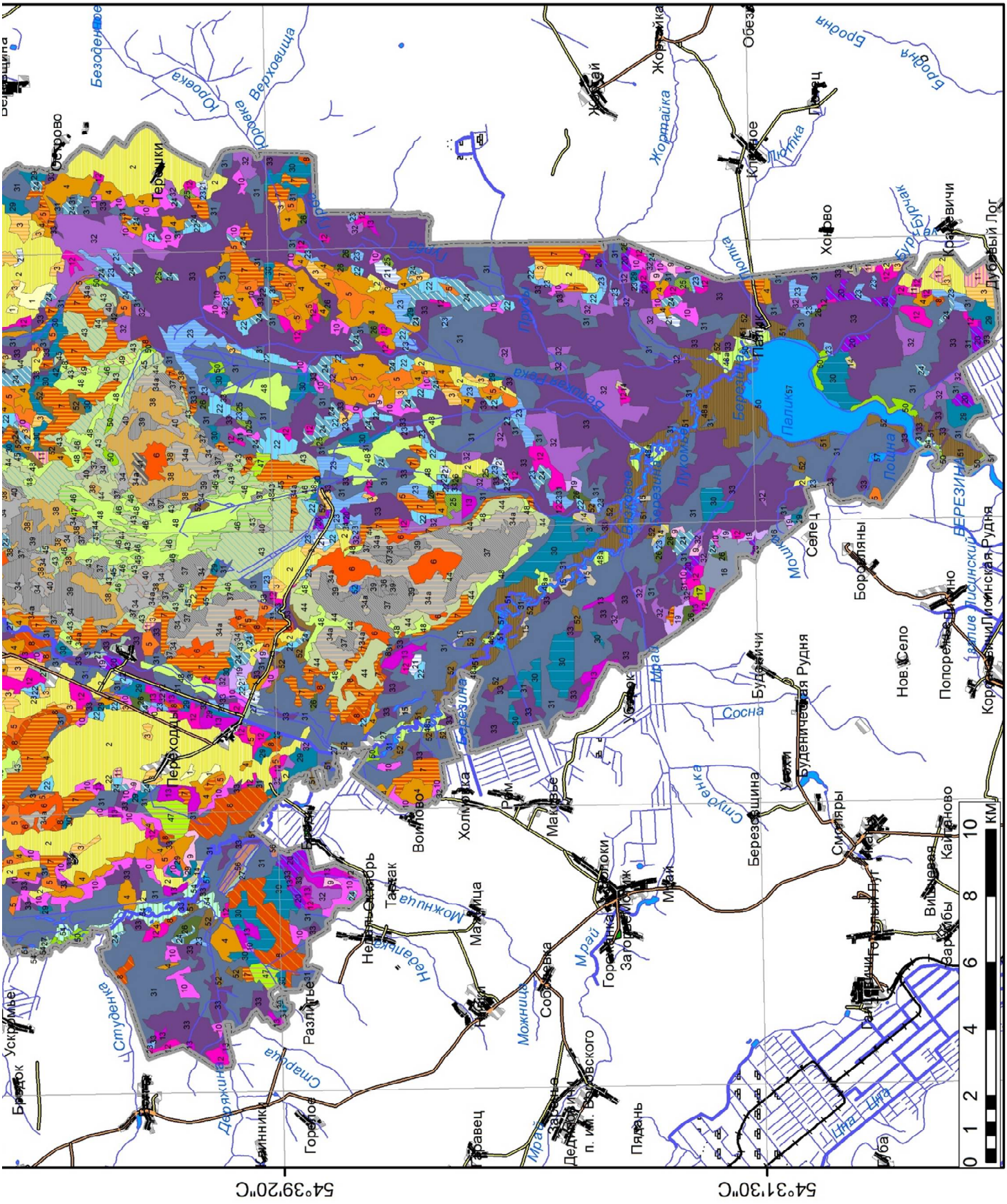



**Рис. 3.** Карта растительности Березинского биосферного

**Fig. 3.** Vegetation map of the Berezinsky




заповедника (по состоянию на 2018 г.)

Biosphere Reserve (as of 2018)

**Таблица.** Легенда к карте растительности Березинского биосферного заповедника (по состоянию на 2018 г.)

**Table.** Legend to the Vegetation map of the Berezinsky Biosphere Reserve (as of 2018)

| № | Единицы легенды | Площадь | |
|---|---|---|---|
| | | га | % |
| **ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ** | | **68049,5** | **81,9** |
| ***ХВОЙНЫЕ ЛЕСА*** | | **30559,5** | **36,7** |
| **Сосновые (*Pinus sylvestris*) леса** | | **28099,5** | **33,8** |
| 1. | Сосновые вересково-лишайниково-зеленомошные (*Calluna vulgaris*, *Cetraria islandica*, виды рода *Cladonia*, *Dicranum polysetum*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, *Pleurozium schreberi*) | 708,2 | 0,8 |
| 2. | Сосновые зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*) с редкими кустарничками (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*) | 9378,5 | 11,3 |
| 3. | Елово-сосновые травяно-кустарничково-зеленомошные (*Rubus saxatilis*, *Convallaria majalis*, *Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis arundinacea, Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*, *Maianthemum bifolium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) с кустарничками (*Vaccinium myrtillus*) | 1720,8 | 2,1 |
| 4. | Сосновые и елово-сосновые чернично-зеленомошные (*Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) в сочетании с кустарничково-сфагново-долгомошными (*Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Carex nigra*, *Molinia caerulea*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*, *S. fallax*) | 3237,5 | 3,9 |
| 5. | Сосновые кустарничково-сфагновые (*Pinus sylvestris* f. *uliginosa* + обычная форма [h=6–10 м], *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. divinum, S. russowii*) | 3741,4 | 4,5 |
| 6. | Сосновые пушицево-сфагновые (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii* [h=3–5 м, сомкнутость 0,4–0,6], *Calluna vulgaris*, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum divinum*, *S. angustifolium, S. fuscum*) | 1016,7 | 1,2 |
| 7. | Сосновые и пушистоберезово-сосновые с неоднородным покровом: кустарничково-сфагновые кочки (*Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Sphagnum divinum*) и осоково-пушицево-сфагновые межкочья (*Carex lasiocarpa*, *C. nigra*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*) | 3618,6 | 4,4 |
| 8. | Сосновые и пушистоберезово-сосновые гигрофитно-травяно-осоковые (*Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *C. lasiocarpa*, *C. chordorrhiza*, *Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*) с хорошо выраженным моховым покровом (*Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum capillifolium, S. centrale, S. fallax, S. girgensohnii, S. divinum, S. squarrosum, S. warnstorfii*) с *Betula humilis*, *Juniperus communis*, *Salix rosmarinifolia* в подлеске | 4677,8 | 5,6 |
| **Еловые (*Picea abies*) леса** | | **2460,0** | **2,9** |
| 9. | Еловые зеленомошные (*Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*) с редким травяно-кустарничковым покровом (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Goodyera repens*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea*) | 205,7 | 0,2 |
| 10. | Еловые чернично-зеленомошные (*Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) в сочетании с чернично-сфагново-долгомошными (*Carex globularis*, *Vaccinium myrtillus*, *Sphagnum capillifolium, S. girgensohnii*, *Polytrichum commune*) | 2254,3 | 2,7 |
| ***ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫЕ ЛЕСА*** | | **3501,2** | **4,2** |
| **Елово-сосновые (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*) леса с кленом, дубом, липой, лещиной (*Acer platanoides, Quercus robur*, *Tilia cordata, Corylus avellana*)** | | **622,9** | **0,7** |
| 11. | Елово-сосновые кисличные (*Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Hepatica nobilis*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Rubus saxatilis*, *Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*, *Sciuro-hypnum curtum*) | 622,9 | 0,7 |
| **Широколиственно-еловые (*Acer platanoides, Alnus glutinosa*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*) леса** | | **2878,3** | **3,5** |
| 12. | Еловые с дубом, кленом, липой кисличные (*Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Hepatica nobilis*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Stellaria holostea, Rubus saxatilis*) с зелеными мхами (*Eurhynchium angustirete*, *Pleurozium schreberi*, виды родов *Plagiomnium* и *Brachythecium*) в сочетании со снытевыми (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum*, *Gymnocarpium dryopteris*) | 1485,6 | 1,8 |

| № | Единицы легенды | Площадь | |
|---|---|---|---|
| | | га | % |
| 13. | Еловые и черноольхово-еловые приручьевые и крапивно-папоротниковые (*Athyrium filix-femina*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Cirsium oleraceum*, *Crepis paludosa*, *Dryopteris expansa*, *D. filix-mas*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Paris quadrifolia*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiomnium affine*, *P. ellipticum*, *Rhodobryum roseum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) | 1392,7 | 1,7 |
| ***ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА*** | | **943,4** | **1,1** |
| **Дубовые (*Quercus robur*) леса** | | **145,6** | **0,2** |
| 14. | Елово-дубовые кисличные в сочетании со снытевыми (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Melica nutans*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) и папоротниково-крапивными (*Athyrium filix-femina*, *Filipendula ulmaria*, *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*) с *Euonymus europaea*, *Humulus lupulus*, *Padus avium*, *Rubus caesius* в подлеске | 77,2 | 0,1 |
| 15. | Дубравы злаково-пойменные (*Agrostis gigantea*, *Calamagrostis arundinacea*, *C. epigeios*, *Deschampsia cespitosa*, *Filipendula ulmaria, Lysimachia nummullaria*, *L. vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Melampyrum nemorosum, Molinia caerulea, Poa pratensis*) | 68,4 | 0,1 |
| **Ясеневые (*Fraxinus excelsior*) леса** | | **177,4** | **0,2** |
| 16. | Елово-черноольхово-ясеневые папоротниково-крапивные (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Cirsium oleraceum*, *Festuca gigantea*, *Ficaria verna*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*) в сочетании с кислично-снытевыми (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) | 177,4 | 0,2 |
| **Липовые (*Tilia cordata*) леса** | | **14,1** | **<0,1** |
| 17. | Липняки с елью, кленом кислично-снытевые (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) | 14,1 | <0,1 |
| **Кленовые (*Acer platanoides*) леса** | | **10,1** | **<0,1** |
| 18. | Елово-дубово-кленовые кисличные в сочетании со снытево-крапивными (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) | 10,1 | <0,1 |
| **Черноольховые (*Alnus glutinosa*) леса** | | **596,2** | **0,7** |
| 19. | Черноольховые кислично-снытевые (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*, *S. nemorum*) | 159,4 | 0,2 |
| 20. | Черноольховые с елью, ясенем папоротниково-крапивные (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Chrysosplenium alternifolium, Cirsium oleraceum*, *Festuca gigantea*, *Ficaria verna*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*) | 436,8 | 0,5 |
| ***МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА*** | | **5965,3** | **7,2** |
| **Повислоберезовые (*Betula pendula*) *леса*** | | **4663,0** | **5,6** |
| 21. | Сосново-березовые с елью кустарничково (*Arctostaphylos uva-ursi, Calluna vulgaris, Vaccinium vitis-idaea, V. myrtillus*)-зеленомошные (*Dicranum polysetum, Pleurozium schreberi, Polytrichum juniperinum*) с лугово-лесными видами (*Agrostis tenuis, Calamagrostis epigeios, Festuca ovina, Fragaria vesca, Hieracium pilosella, Melampyrum pratense, Poa pratensis*) | 239,7 | 0,3 |
| 22. | Березовые с осиной, сосной, елью злаково-орляковые (*Calamagrostis arundinacea*, *Convallaria majalis*, *Fragaria vesca*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Orthilia secunda, Pteridium aquilinum*, *Trientalis europaea*, *Rubus saxatilis*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*) | 1284,1 | 1,5 |
| 23. | Широколиственно-елово-березовые снытево-кисличные (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*, *Maianthemum bifolium*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Stellaria holostea*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*) | 1830,4 | 2,2 |
| 24. | Елово-березовые с сосной травяно-черничные (*Calamagrostis arundinacea*, *Lycopodium annotinum*, *Melampyrum pratense*, *Molinia caerulea*, *Orthilia secunda*, *Pteridium aquilinum*, *Vac-* | 1308,8 | 1,6 |

| № | Единицы легенды | Площадь | |
|---|---|---|---|
| | | га | % |
| | *cinium myrtillus*, *Pleurozium schreberi*) в сочетании с вейниково-кустарничково-долгомошными (*Calamagrostis canescens*, *Carex nigra*, *Eriophorum vaginatum*, *Lysimachia vulgaris*, *Molinia caerulea*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*, *S. fallax*) | | |
| **Осиновые (*Populus tremula*) леса** | | **699,0** | **0,8** |
| 25. | Елово-осиновые с березой повислой вейниково-черничные (*Calamagrostis arundinacea*, *Maianthemum bifolium*, *Pteridium aquilinum*, *Trientalis europaea*, *Rubus saxatilis*, *Vaccinium myrtillus*) в сочетании с долгомошными (*Calamagrostis canescens*, *Carex nigra*, *Juncus effusus*, *Sphagnum fallax*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) | 188,9 | 0,2 |
| 26. | Широколиственно-елово-осиновые кислично-снытевые (*Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) в сочетании с папоротниково-крапивными (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Festuca gigantea*, *Ficaria verna*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*) | 510,1 | 0,6 |
| **Сероольховые (*Alnus incana*) леса** | | **603,3** | **0,8** |
| 27. | Сероольховые кислично-снытевые (*Aegopodium podagraria*, *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Carex sylvatica*, *Chaerophyllum aromaticum*, *Festuca gigantea*, *Galeobdolon luteum*, *Lathyrus vernus*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*) | 460,4 | 0,6 |
| 28. | Сероольховые папоротниково-таволговые (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Aegopodium podagraria*, *Anthriscus sylvestris*, *Chaerophyllum aromaticum*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Lysimachia vulgaris*, *Stellaria nemorum*) в сочетании с гигрофитнотравяно-осоковыми (*Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. pseudocyperus*, *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris*) с *Salix cinerea*, *S. fragilis*, *S. pentandra* в подлеске | 142,9 | 0,2 |
| ***ЛИСТВЕННЫЕ БОЛОТНЫЕ ЛЕСА*** | | **27080,1** | **32,7** |
| **Пушистоберезовые (*Betula pubescens*) леса** | | **15325,9** | **18,5** |
| 29. | Березовые (*Betula pendula*, *B. pubescens*) и черноольхово-березовые крапивно-кочедыжниковые (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*) в сочетании с елово-березовыми приручьевыми (*Cirsium oleraceum*, *Crepis paludosa*, *Dryopteris expansa*, *Pyrola rotundifolia*, *Rubus saxatilis*, *Vaccinium myrtillus*, *Climacium dendroides*, *Eurhynchium angustirete*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) | 705,2 | 0,8 |
| 30. | Пушистоберезовые с сосной осоково-травяно-сфагновые (*Calamagrostis canescens*, *Carex lasiocarpa*, *C. nigra*, *C. rostrata*, *Comarum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Menyanthes trifoliata*, *Peucedanum palustre*, *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Sphagnum centrale, S. fallax*) с *Salix aurita, S. cinerea, S. rosmarinifolia* в подлеске | 1621,4 | 2,0 |
| 31. | Пушистоберезовые и черноольхово-пушистоберезовые гигрофитнотравяно-осоковые (*Calla palustris*, *Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. cinerea*, *C. appropinquata*, *C. cespitosa*, *C. pseudocyperus, Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Filipendula ulmaria*, *Lycopus europaeus*, *Menyanthes trifoliata*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Peucedanum palustre*, *Phragmites australis*, *Ranunculus lingua*, *Thelypteris palustris*) | 12999,3 | 15,7 |
| **Черноольховые (*Alnus glutinosa*) леса** | | **11754,2** | **14,2** |
| 32. | Черноольховые с березой пушистой, елью, ясенем кочедыжниково-таволговые (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Caltha palustris*, *Carex elongata*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Cirsium oleraceum*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Mercurialis perennis*, *Ranunculus repens*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*) | 1982,1 | 2,4 |
| 33. | Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые гигрофитнотравяно-осоковые (*Calla palustris*, *Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. pseudocyperus*, *C. vesicaria*, *Equisetum fluviatile*, *Filipendula ulmaria*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Peucedanum palustre*, *Phragmites australis*, *Ranunculus lingua*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*) нередко с густым кустарниковым ярусом (*Frangula alnus*, *Salix cinerea*) | 9772,1 | 11,8 |
| **БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ** | | **12002,8** | **14,6** |
| ***ВЕРХОВЫЕ (ОЛИГОТРОФНЫЕ) БОЛОТА*** | | **5490,4** | **6,8** |
| 34. | Пушицево-кустарничково-сфагновые (*Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus palustris, Sphagnum divinum*, *S. angustifolium, S. rubellum*) | 480,8 | 0,6 |

| № | Единицы легенды | Площадь | |
|---|---|---|---|
| | | га | % |
| 34а. | с разреженным (сомкнутость 0,1–0,3) ярусом *Pinus sylvestris* f. *litwinowii* | 1315,6 | 1,6 |
| 35. | Кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus microcarpus*, *Sphagnum fuscum*) с редкой *Pinus sylvestris* f. *litwinowii* | 62,9 | 0,1 |
| 36. | Кочковато-ковровый комплекс:<br>кочки: кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*, *Sphagnum divinum*) с редкой *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*<br>ковры: пушицево-подбелово-сфагновые ковры (*Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum angustifolium*, *S. balticum, S. cuspidatum*) | 49,7 | 0,1 |
| 37. | Кочковато-мочажинный комплекс:<br>кочки: кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum divinum*) с редкой *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*<br>мочажины: очеретниково (*Rhynchospora alba*)- и шейхцериево (*Scheuchzeria palustris*)-топяноосоково (*Carex limosa*)-сфагновые (*Sphagnum cuspidatum, S. balticum*), иногда с признаками регрессии (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Cladopodiella fluitans*, *Cephalozia fluitans*, *Mylia anomala*, *Sphagnum cuspidatum, S. balticum*) | 1219,0 | 1,5 |
| 38. | Грядово-мочажинный комплекс:<br>гряды: сосново-пушицево-сфагновые (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, f. *willkommii*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. divinum*, *S. fuscum*)<br>мочажины: пушицево-очеретниково-сфагновые (*Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora alba*, *Sphagnum balticum*, *S. cuspidatum*, *S. majus*), в наиболее обводненных очеретниково- и шейхцериево-топяноосоково-сфагновые (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Sphagnum balticum, S. cuspidatum*) | 1130,5 | 1,4 |
| 39. | Грядово-мочажинный комплекс:<br>гряды: кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum fuscum, S. divinum*) с редкой сосной (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, f. *willkommii*)<br>мочажины: очеретниково- и шейхцериево-топяноосоково-сфагновые (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Sphagnum balticum*, *S. cuspidatum*), нередко с признаками регрессии (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Cladopodiella fluitans*, *Cephalozia fluitans*, *Mylia anomala*, *Sphagnum cuspidatum, S. balticum*) | 927,2 | 1,1 |
| 40. | Грядово-мочажинный комплекс:<br>гряды-«островки»: кустарничково-сфагновые (*Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Sphagnum fuscum*, S. *rubellum*) с редкой сосной (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, f. *willkommii*)<br>мочажины: сильно развитые очеретниково (*Rhynchospora alba*)- и шейхцериево (*Scheuchzeria palustris*)-топяноосоково (*Carex limosa*)-сфагновые мочажины (*Sphagnum balticum, S. cuspidatum, S. majus*) в сочетании с мелкими озерками с открытой водной поверхностью или затягивающимися сфагновыми мхами (*Sphagnum cuspidatum*, *S. majus*) | 213,5 | 0,3 |
| 41. | Регрессивный комплекс:<br>гряды: кустарничково-сфагновые (*Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Sphagnum fuscum*, *S. rubellum*) с редкой *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*<br>мочажины: юнгерманиевые (*Cladopodiella fluitans*, *Cephalozia fluitans*, *Mylia anomala*) в сочетании с деградированными сфагновыми (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum cuspidatum, S. balticum*) и с денудированными пятнами торфа | 27,4 | <0,1 |
| 42. | Осоково-сфагновые топи (*Scheuchzeria palustris, Carex limosa, Sphagnum cuspidatum, S. majus*) | 63,8 | 0,1 |
| ***ПЕРЕХОДНЫЕ (МЕЗООЛИГОТРОФНЫЕ И МЕЗОТРОФНЫЕ) БОЛОТА*** | | **2944,8** | **3,5** |
| 43. | Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Menyanthes trifoliata*, *Eriophorum polystachyon*, *Comarum palustre*, *Sphagnum fallax*), иногда с разреженным ярусом березы (*Betula pubescens*), иногда с ивами (*Salix cinerea, S. aurita*) | 1566,2 | 1,9 |
| 44. | Кочковато-мочажинно-ковровый комплекс<br>кочки: кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum divinum*)<br>мочажины и ковры: осоково-пушицево-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Sphagnum fallax, S. angustifolium*) ковры; очеретниково- и шейхцериево-сфагновые мочажины (*Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum balticum, S. cuspidatum*) | 683,5 | 0,8 |
| 45. | Сфагновые переходные топи (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. limosa*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Scheuchzeria palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Sphagnum cuspidatum, S. fallax, S. flexuosum, S. papillosum, S. obtusum*) | 200,5 | 0,2 |

| № | Единицы легенды | Площадь | |
|---|---|---|---|
| | | га | % |
| 46. | Тростниково-сфагновые (*Phragmites australis*, *Sphagnum fallax, S. flexuosum, S. riparium*) в сочетании с осоково-вахтово-сфагновыми (*Menyanthes trifoliata*, *Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *S. fallax, S. riparium*), часто с разреженным древесно-кустарниковым ярусом (*Salix cinerea*, *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*) | 494,6 | 0,6 |
| ***НИЗИННЫЕ (ЭВТРОФНЫЕ) БОЛОТА*** | | **3567,6** | **4,3** |
| 47. | Осоково-вахтово-гипново-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. appropinquata*, *C. diandra*, *C. dioica*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, *Scorpidium revolvens* s.l., *Tomentypnum nitens*, *Campylium stellatum*, *Palludella squarrosa*, *Sphagnum warnstorfii, S. obtusum, S. teres*) с разреженным древесно-кустарниковым ярусом (*Salix cinerea*, *S. rosmarinifolia*, *Betula pubescens*, *B. humilis*, *Pinus sylvestris*) на болотах богатого минерального питания | 488,5 | 0,6 |
| 47а. | Тростниковые с разреженным гипново-сфагновым моховым покровом (*Phragmites australis*, *Scorpidium revolvens* s.l., *Tomentypnum nitens*, *Campylium stellatum*, *Sphagnum fallax*, *S. flexuosum*, *S. teres, S. warnstorfii*) с древесно-кустарниковым ярусом (*Salix cinerea*, *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*), сменяющие осоково-травяно-гипново-сфагновые на болотах богатого минерального питания | 93,5 | 0,1 |
| 48. | Травяно-осоково-гипновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. chordorrhiza*, *Phragmites australis*, *Equisetum fluviatile*, *Thelypteris palustris*, *Peucedanum palustre*, *Comarum palustre*, виды рода *Drepanocladus*, *Aulacomium palustre*, *Calliergonella cuspidata*) иногда до 20–30% поросшие березой (*Betula pubescens*), ольхой черной (*Alnus glutinosa*), ивами (*Salix cinerea*, *S. aurita, S. pentandra, S. triandra*) | 1649,4 | 2,0 |
| 48а. | Злаково-осоковые (*Calamagrostis canescens*, *Phragmites australis*, *Carex elata*, *C. appropinquata*, *C. lasiocarpa*, *C. vesicaria, C. diandra*), зарастающие (*Betula pubescens*, *Alnus glutinosa*), ивами (*Salix cinerea, S. aurita, S. pentandra, S. triandra*) с мозаичным комплексом *Equisetum fluviatilis, Phragmites australis, Typha latifolia* | 263,0 | 0,3 |
| 49. | Травяно-осоковые на болотах богатого минерального питания (*Agrostis canina*, *Carex canescens*, *C. diandra*, *C. chordorrhiza*, *C. limosa*, *C. rostrata*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Thelypteris palustris*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Calliergonella cuspidata*, *Sphagnum obtusum, S. teres*) | 573,6 | 0,7 |
| 50. | Комплекс гигрофитных и гидрофитных сообществ монодоминантных высоких трав (*Equisetum fluviatilis*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*) в сочетании с травяно-осоковыми (*Carex pseudocyperus*, *C. acuta*, *C. vesicaria, Cicuta virosa*, *Galium palustre*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Thelypteris palustris*) | 499,6 | 0,6 |
| **КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ** | | **2233,1** | **2,7** |
| 51. | Ивняки (*Salix cinerea, S. rosmarinifolia, S. triandra, S. pentandra*) гигрофитнотравяно-осоковые (*Calamagrostis canescens*, *Carex acuta, C. vesicaria, Iris pseudacorus*, *Lysimachia vulgaris*, *Galium palustre*, *Scirpus sylvaticus*, *Peucedanum palustre*) с мозаичным комплексом *Equisetum fluviatilis, Phragmites australis, Typha latifolia* | 1440,2 | 1,7 |
| 52. | Ивняки (*Salix cinerea, S. aurita, S. rosmarinifolia, S. triandra*) застойно-осоковые (*Calamagrostis canescens*, *Carex rostrata*, *C. vesicaria*, *Thelypteris palustris*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Galium palustre*) в сочетании с ивняково-тростниковыми (*Phragmites australis*) | 792,9 | 1,0 |
| **ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ** | | **499,5** | **0,6** |
| 53. | Сырые пойменные луга (*Deschampsia cespitosa, Festuca rubra, Alopecurus pratensis, Poa palustris, P. trivialis*) на аллювиальных дерново-глеевых и аллювиальных перегнойно-глеевых почвах с участками настоящих и болотистых лугов | 32,8 | <0,1 |
| 54. | Болотистые пойменные луга (*Phalaroides arundinacea, Equisetum fluviatile, Glyceria maxima, Carex acuta, C. acutiformis, Scirpus sylvaticus, Phragmites australis, Typha angustifolia, T. latifolia, Acorus calamus*) на аллювиальных торфянисто-глеевых и аллювиальных торфяно-глеевых почвах с участками сырых лугов и травяных болот | 466,7 | 0,6 |
| **РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ** | | **143,1** | **0,2** |
| 55. | Агрофитоценозы однолетних культур на пахотных землях (посевы *Secale cereale, Triticosecale, Triticum aestivum, Hordeum vulgare, Zea mays* ssp. *mays, Brassica napus* ssp. *oleifera*, засоренные *Apera spica-venti, Chenopodium album, Centaurea cyanus, Fallopia convolvulus, Tripleurospermum inodorum, Spergula arvensis, Thlaspi arvense, Viola arvensis*) | 66,9 | 0,1 |
| 56. | Культурные сенокосы и пастбища (посевы *Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Phleum pratensis, Lolium perenne* и др.) с участками восстанавливающейся природной растительности | 76,2 | 0,1 |

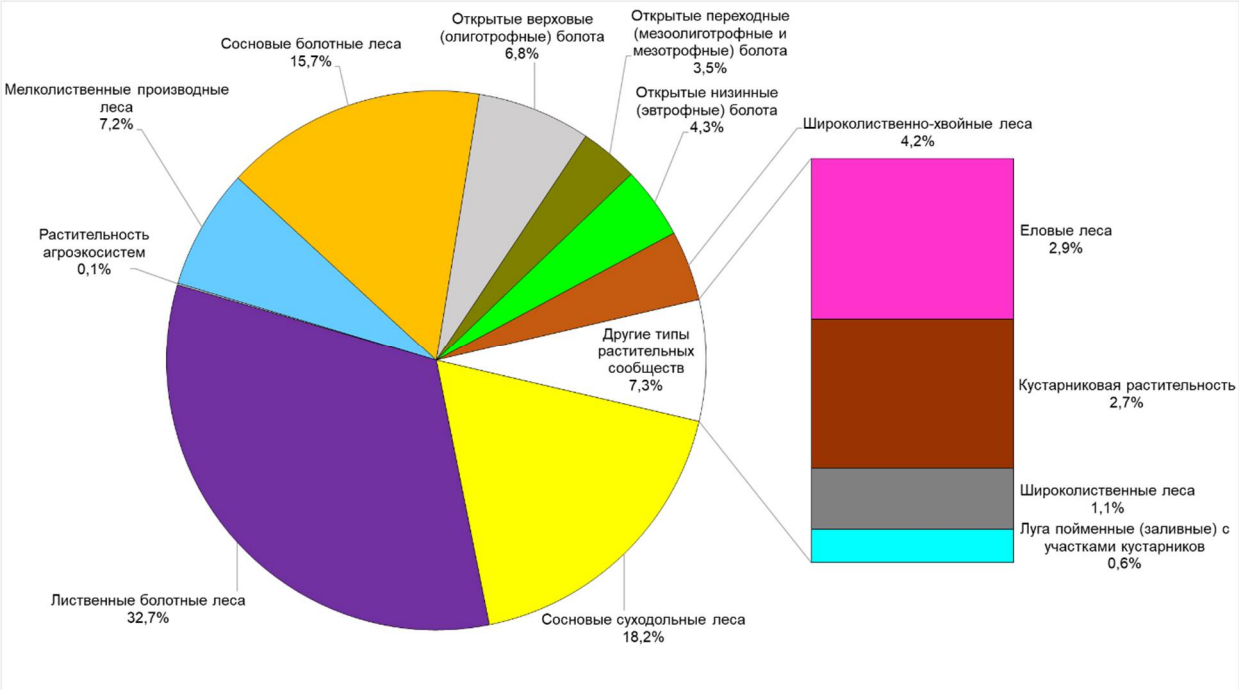



**Рис. 4.** Структура растительности Березинского биосферного заповедника

**Fig. 4.** Vegetation modern structure of the Berezinsky Biosphere Reserve

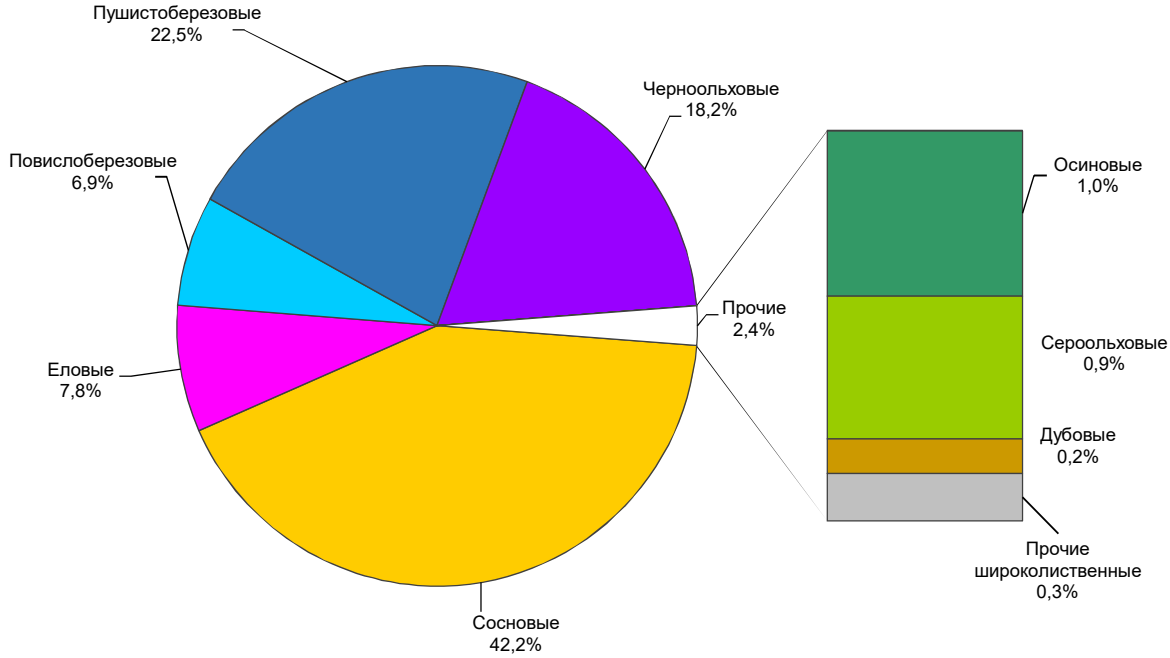



**Рис. 5.** Формационная структура лесов Березинского биосферного заповедника по формациям (по состоянию на 01.01.2020 г.)

**Fig. 5.** Formational structure of forests of the Berezinsky Biosphere Reserve by formations (as of 01.01.2020)

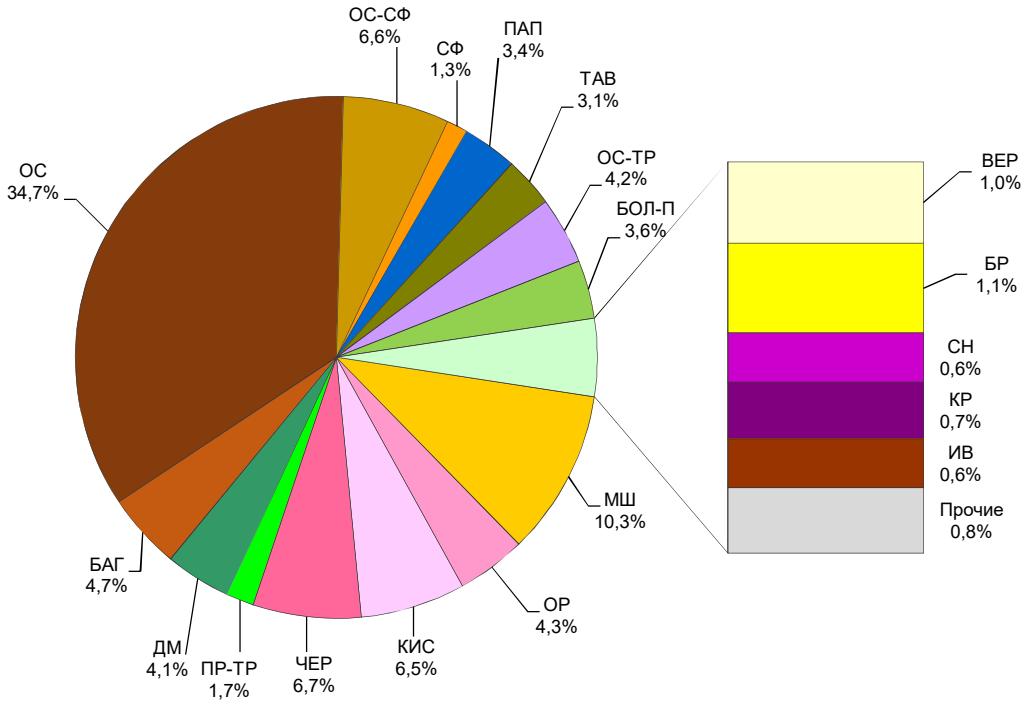



**Рис. 6.** Распределение лесов Березинского биосферного заповедника по сериям типов леса (по состоянию на 01.01.2020 г.)

**Fig. 6.** Distribution of forests of the Berezinsky Biosphere Reserve by series of forest types (as of 01.01.2020)

мируют можжевельник (*Juniperus communis*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*). Напочвенный покров представлен сплошным ковром зеленых мхов, среди которых преобладают *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens.* Невысоким участием (до 1–5%) в моховом ярусе характеризуются *Ptilium crista-castrensis* и *Dicranum scoparium.* Обычные виды с высоким постоянством – черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*V. vitis-idaea*), вереск (*Calluna vulgaris*), нередко встречается марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), в окнах и на прогалинах – овсяница овечья (*Festuca ovina*).

Небольшими компактными участками на повышенных элементах рельефа встречаются вересково-лишайниково-зеленомошные сосняки, которые, в основном, сконцентрированы в северной части ББЗ (см. рис. 3). Древостой образован сосной с участием березы повислой, характеризуется невысокой продуктивностью (классы бонитета – IV, среднегодовой прирост – 1,4 м$^3$/га). В таких условиях часто формируется густой подрост сосны и березы повислой. В подлеске характерно высокое постоянство и обилие можжевельника. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует вереск, высокое постоянство характерно для таких видов как черника, брусника, овсяница овечья. В моховом покрове преобладают *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi*, небольшие куртины образуют *Polytrichum juniperinum* и *P. piliferum*. Среди лишайников наиболее константны *Cladonia rangiferina*, *Cl. arbuscula*, *Cl. gracilis*, *Cl. cornuta*.

На конечно-моренных грядах и камовых холмах в районе Каддубище, Бедино, Рожнянских высот широким распространением (1 720,8 га – 2,1%) характеризуются елово-сосновые травяно-кустарничково-зеленомошные леса, которые формируются на свежих дерново-подзолистых супесчаных либо дерново-палево-подзолистых почвах (см. рис. 3). Сообщества высокопродуктивные (классы бонитета – I–I$^a$, средний ежегодный прирост – 4,2–4,7 м$^3$/га, запас древостоя в возрасте 90–100 лет – 330–420 м$^3$/га), обычно смешанные по составу древостои. Ель образует устойчивую примесь к сосне в первом ярусе или выраженный второй ярус, а также преобладает в подросте. Подлесок формируют крушина, рябина, лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) с участием ивы козьей (*Salix caprea*) и можжевельника. Видовой состав напочвенного покрова характеризуется относительно высоким разнообразием. Фон нижних ярусов растительности образуют черника, вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundina-*

*cea*), ландыш майский (*Convallaria majalis*), костяника (*Rubus saxatilis*) с участием орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*), брусники, седмичника (*Trientalis europaea*), майника (*Maianthemum bifolium*), кислицы (*Oxalis acetosella*). В моховом покрове преобладают *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и *Ptilium crista-castrensis*.

В понижениях между моренными холмами, встречаются сосняки черничнo-зеленомошные. Древостой сообществ высокопродуктивный (средний класс бонитета – I,5, среднегодовой прирост – 3,7 м$^3$/га, запас древостоя в возрасте 75–100 лет – 300–320 м$^3$/га) и часто смешанный. Его образуют сосна, ель, береза повислая с участием осины, березы пушистой (*Betula pubescens*) и ольхи черной (*Alnus glutinosa*), нередко формируется второй ярус из ели. Подлесок развит слабо (сомкнутость 0,1–0,2), наиболее постоянными видами являются крушина, рябина, реже встречаются можжевельник, лещина и ива козья. Основным доминантом напочвенного покрова является черника. Встречаются молиния голубая (*Molinia caerulea*), плаун годичный (*Lycopodium annotinum*). Сплошной моховой покров образуют *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis* с редкими вкраплениями *Polytrichum commune*. В микропонижениях формируются куртины из *Sphagnum girgensohnii*.

По окраинам болот небольшими участками по всей территории ББЗ встречаются сосняки кустарничково-долгомошные, произрастающие на торфяно-подзолистых глеевых супесчаных почвах. Сообщества характеризуются средней продуктивностью древостоя (класс бонитета III, запас древостоя (в возрасте 75–100 лет) – 250–280 м$^3$/га, средний ежегодный прирост – 3,0 м$^3$/га). Древесный ярус образован сосной и березой пушистой с участием ели, ольхи черной, березы повислой и осины. В подросте высока встречаемость и обилие березы пушистой, ели и ольхи черной. В подлеске наибольшим обилием характеризуются крушина и ива пепельная (*Salix cinerea*). Выраженные доминанты травяно-кустарничкового яруса отсутствуют, высоким постоянством характеризуются черника, брусника, молиния голубая, щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana*), багульник (*Ledum palustre*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), седмичник европейский, майник двулистный. Моховой ярус хорошо развит, на повышениях преобладают зеленые мхи: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* с вкраплениями *Aulacomnium palustre* и *Dicranum polysetum*. В плоских понижениях образуют ковры *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii* и *S. fallax*, на кочках встречаются *S. capillifolium*, *S. russowii* и *S. divinum*.

**Болотные сосновые леса** распространены компактными массивами на общей площади около 13,1 тыс. га (15,7%). Они сконцентрированы преимущественно в северной и центральной частях заповедника и покрывают значительные площади болот Жары, Домжерицкое, Слободское, Пострежское и др. (см. рис. 3). Субформация болотных сосняков объединяет фитоценозы лесных болот различных типов (верховые, переходные и низинные).

Сосновые кустарничково-сфагновые леса занимают окраины крупных болотных массивов и небольшие заторфованные западины (3741,4 га – 4,5%). Как правило, формируются на болотных слабопроточных почвах (торфяно-перегнойно-глеевых и торфяных). Глубина торфяного слоя составляет в среднем 1–1,2 м, торф преимущественно сфагновый.

Сообщества имеют 2 эдификаторных яруса: древесный и моховой, причем ведущую роль здесь играет древесный ярус. Древостой образован сосной (обычной формы и (или) f. *uliginosa*) с редкой примесью березы пушистой и ели. Средний возраст насаждений в описаниях – 45–50 лет, бонитет – IV–V классов, сомкнутость крон – 0,4–0,6, высота (в возрасте 50 лет) – 8–10 м, запас 70–100 м$^3$/га, среднегодовой прирост – 1,6–1,8 м$^3$/га. Подрост, как правило, низкой численности (в среднем 1,5–3,5 тыс. шт/га), представлен сосной, а также березой и елью. Ярус подлеска не выражен; такие виды как рябина, ива ушастая (*Salix aurita*) встречаются, как правило, единично. Травяно-кустарничковый ярус густой (60–85%), дифференцирован на два подъяруса. Верхний подъярус высотой 50–70 см образует багульник (покрытие 20–65%) с участием мирта болотного (*Chamaedaphne calyculata*) и голубики. Второй подъярус высотой 25–30 см и сомкнутостью 15–45% формируют вереск с редким участием пушицы (*Eriophorum vaginatum*), подбела (*Andromeda polifolia*), клюквы болотной (*Oxycoccus palustris*) и водяники (*Empetrum nigrum*). Доминантом мохового яруса является *Sphagnum angustifolium*, субдоминант *S. divinum* распространен по микроповышениям в условиях сглаженного нанорельефа. Пятнами, иногда довольно крупными, на фоне сфагнового ковра произрастает *Pleurozium schreberi*, реже *Dicranum polysetum*.

Сосновые пушицево-сфагновые леса занимают значительные участки облесенных верховых болот региона (Савский Мох, Анкудовка, Домжерицы, Пострежское, Кладки и др.) (см. рис. 3). Микрорельеф кочковатый или

волнистый. Сообщества, как правило, формируются на торфяных болотных почвах с застойным характером увлажнения. Глубина торфяной залежи составляет 2–4 м, торф пушицево-сфагновый и сфагновый (магелланикум-торф).

Сообщества ассоциации характеризуются наличием 2 эдификаторных ярусов – древесного и мохового. Первый образован сосной f. *litwinowii* и отличается крайне низкой продуктивностью ($h_{ср}$=3,5–4,5 м, $d_{ср}$=4–5 см) и сомкнутостью 0,4–0,6. В подросте преобладает сосна (состав 10СедБ(п); $h_{ср}$=60–70 см, $A_{ср}$=13–16 лет); численность составляет 10–15 тыс. шт/га, что выше, чем в сосняках кустарничково-сфагновых и, по-видимому, связано с низкой сомкнутостью древостоя и более сложной возрастной структурой.

Основным строителем травяно-кустарничкового яруса является пушица влагалищная (проективное покрытие – 20–25%), образующая волнистый покров из плотных, иногда довольно крупных (до 1–1,2 м в диаметре) кочек. Содоминантом выступает вереск, доля других видов болотных кустарничков незначительна (3–8%). Моховой покров сплошной, сложен 3 видами сфагнов: *Sphagnum divinum*, *S. angustifolium*, *S. fuscum*.

Сосновые осоково-пушицево-кустарничково-сфагновые леса занимают окраины верховых болот заповедника. Фитоценозы формируются на торфяно-болотных почвах (средняя мощность торфа 0,7–1,3 м) со слабопроточными и даже застойными водами. Верхний слой торфяной залежи (0,2–0,3 м) представлен пушицево-сфагновым слабо разложившемся торфом, под которым залегает осоково-пушицево-сфагновый торф. Довольно крупные массивы мезотрофных сосняков описаны по периферии болот Слободское, Домжерицкое, Чистик (см. рис. 3).

Основным доминантом фитоценозов является сосна, в качестве примеси (до 20–30%) выступает береза пушистая. Бонитет насаждений очень низкий – V–$V^6$ классов, высота (в возрасте 60–70 лет) – 5–9 м, запас – 20–45 $м^3$/га, при среднегодовом приросте 0,3–0,8 $м^3$/га. Ярус подлеска не выражен. Из кустарников постоянно встречаются некоторые виды ив (*Salix cinerea*, *S. aurita*, *S. myrsinifolia* и др.), рябина, крушина. В травяно-кустарничковом ярусе основной фон образуют осоки черная (*Carex nigra*), волосистоплодная (*C. lasiocarpa*), вздутая или носиковая (*C. rostrata*), пушица влагалищная и болотные кустарнички – голубика, клюква болотная, багульник. В сложении живого напочвенного покрова также участвуют вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), сабельник болотный (*Comarum palustre*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), молиния и некоторые другие виды. В моховом ярусе сплошной покров образуют сфагны (5–7 видов); основные доминанты в межкочечных пространствах и на невысоких кочках – *Sphagnum fallax*, на более крупных кочках произрастают *S. angustifolium*, *S. divinum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, иногда *P. commune.*

На торфяных почвах в условиях более богатого минерального питания формируются сосновые осоково-травяно-гипново-сфагновые леса, описанные на болотах Жары, Слободское.

Продуктивность древостоя низкая (классы бонитета – V–$V^a$). Древесный ярус и подрост формируют сосна, ольха черная, ель, береза пушистая. В подлеске основной фон сформирован ивой розмаринолистной (*Salix rosmarinifolia*), крушиной, можжевельником, березой приземистой (*Betula humilis*), ивой пепельной. В напочвенном покрове выраженных доминантов нет, наибольшим постоянством характеризуются следующие виды: вейник седеющий (*Calamagrostis canescens*), осоки – сближенная (*Carex appropinquata*), волосистоплодная (*C. lasiocarpa*), струннокорневищная (*C. chordorrhiza*), сабельник, хвощ приречный (*Equisetum fluviatile*), вахта, телиптерис болотный (*Thelypteris palustris*). Мозаичность нанорельефа обуславливает пестроту экологических условий и высокое разнообразие видов мохового яруса; константными видами являются *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum capillifolium*, *S. centrale*, *S. girgensohnii*, *S. squarrosum*, *S. warnstorfii*.

**Еловые леса** на территории заповедника крупных массивов не образуют, расположены в основном вдоль поймы р. Березина, а также в юго-восточной части ББЗ по окраинам ольсов, на минеральных островах среди болот. Почвы, как правило, плодородные, приемущественно суглинистые или тяжелые песчаные [1].

Наиболее типичным представителем группы типичных южнотаежных темнохвойных лесов в заповеднике являются ельники черничнозеленомошные. Для них характерен монодоминантный древостой, мощный моховой и кустарничковый покров. Средний возраст древостоя составляет 75–85 лет, бонитет – I–II класса, запас (в возрасте 75–100 лет) достигает 340–450 $м^3$/га, среднегодовой прирост – 3,6 $м^3$/га. Подрост образован елью с примесью берез повислой и пушистой, осины и ольхи черной. Подлесочный ярус развит слабо; в небольшом количестве встречаются можжевельник, рябина, крушина ломкая, реже лещина, ивы козья и пепельная.

Живой напочвенный покров сравнительно беден видами: доминантами выступают черника, рассеянными группами повсеместно отмечаются кислица, майник, седмичник, молиния, ожика волосистая (*Luzula pilosa*), щитовник игольчатый. Мхи покрывают 80–100% поверхности почвы, фон образуют *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и *Ptilium crista-castrensis*, в локальных понижениях куртины формируют *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*, встречаются также *Climacium dendroides*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *S. russowii*, виды родов *Brachythecium*, *Dicranum* и *Plagiomnium*.

**Широколиственно-хвойные леса** занимают 3 501,2 га или 4,6% (см. табл.).

Ядром группы широколиственно-хвойных лесов в регионе являются ельники сложные кисличные, которые формируются на свежих супесчаных и суглинистых почвах. Такие леса занимают 1 485,6 га (1,8% площади ООПТ).

Древостои высокопродуктивные (класс бонитета в среднем $I^a$,9, ежегодный прирост – 4,2 м$^3$/га, запас при возрасте 75–100 лет – 360–400 м$^3$/га) обычно сложные по составу. Верхний ярус образуют ель, береза повислая, осина и сосна, нередко встречаются широколиственные породы – дуб, ясень (*Fraxinus excelsior*), липа (*Tilia cordata*), клен (*Acer platanoides*). В подросте наиболее обильны ель, клен, береза повислая, осина. Подлесочный ярус довольно хорошо развит (сомкнутость 0,4–0,7), основу его составляют рябина, крушина ломкая, можжевельник, жимолость лесная (*Lonicera xylosteum*) с небольшим участием бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosus*), волчеягодника (*Daphne mezereum*) и лещины. Фон напочвенного покрова определяет кислица с участием неморальных видов – зеленчука (*Galeobdolon luteum*), печеночницы (*Hepatica nobilis*), ветреницы дубравной (*Anemonoides nemorosa*), живучки ползучей (*Ajuga reptans*). Высоким постоянством обладают черника, майник, седмичник, щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), осока пальчатая (*Carex digitata*), ожика волосистая. В моховом ярусе доминируют *Hylocomium splendens*, *Eurynchium angustirete*, *Pleurozium schreberi*, виды родов *Plagiomnium* и *Brachythecium*.

**Широколиственные леса.** Комплекс климатических факторов, в целом лимитирующих распространение элементов неморальной флоры в подзоне дубово-темнохвойных лесов, а также специфические особенности региона (бедность почвенных условий) обусловили очень низкое распространение на территории заповедника широколиственных лесов (943,4 – 1,1%). Они встречаются, главным образом, в оптимальных для них условиях местопроизрастания, т.е. занимают эдафотопы с супесчаными и суглинистыми почвами, что позволяет им успешно выдерживать конкуренцию с хвойными породами.

Основными эдификаторами выступают дуб черешчатый, ольха черная и ясень обыкновенный. Другие широколиственные виды в составе древостоя встречаются еще реже и принимают участие в сложении лишь нижних ярусов фитоценозов. Приуроченность региона к таежной зоне обуславливает наличие в составе широколиственных лесов ели европейской и других представителей бореальной флоры.

Дубовые леса (145,6 га – 0,2%) относятся к зональному варианту еловых дубрав. Почти все они распложены в древней пойме р. Березина (урочища Мостище, Дубровка, Синичино, Увязок). В прошлом это типично пойменные дубравы, но занимаемые ими участки уже давно вышли из зоны регулярного затопления. Поэтому в них растут ель и многие виды, свойственные еловым дубравам водоразделов. Почвы же здесь типично пойменные, сформированные аллювием, что дает право отнести эти дубравы к старопойменным [1]. Собственно пойменные дубравы, расположенные в затапливаемой части поймы, сохранились фрагментарно (см. рис. 3, табл.).

Широколиственные леса в заповеднике требуют особой охраны, а также дальнейших исследований с целью установления особенностей их динамики, оценки состояния и устойчивости в условиях изменяющейся среды.

**Производные мелколиственные леса** в структуре растительного покрова ООПТ занимают 5 965,3 га (7,2%). Они представлены формациями повислоберезовых (4 663,0 га – 5,6%), осиновых (699,0 га – 0,8%) и сероольховых (603,3 га – 0,8%) лесов, сменившими соответствующие типы хвойных, широколиственно-хвойных и широколиственных лесов. Вторичные леса занимают в основном земли бывших хуторов, заброшенных в 1930-х гг., вырубки, возникшие в период временной ликвидации заповедника (1951–1958 гг.), пожарища (см. рис. 3).

В производных березняках основным эдификатором является береза повислая. Под ее пологом хорошо восстанавливается ель, которая обычно образует обильное возобновление, затем со временем формирует второй ярус, а после распада древостоя березы восстанавливает свое господство.

Продуктивность насаждений производных березняков высока. Около 60% березовых лесов характеризуются I и выше классом бонитета (в среднем – I,4). Высота деревьев достигает 30 м. В подросте наряду с елью в березняках зеленомошных встречается сосна, в остальных типах –

довольно часто осина, на более увлажненных и богатых почвах (в березняках орляковых, кисличных, снытевых) – дуб, клен, липа, ясень. В хорошо увлажненных местообитаниях (влажные и сырые почвы, типы леса – березняки черничные, долгомошные, снытевые) имеется подрост березы пушистой, реже – ольхи черной [1].

Подлесочный ярус почти повсеместно образован рябиной и крушиной. В березняках орляковых, а также кисличных и снытевых в разной степени развит ярус лещины, иногда липы сердцелистной. В березняках зеленомошных часто встречается можжевельник. На более увлажненных почвах произрастают калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), бересклет бородавчатый, волчеягодник. Нередко встречаются ива пепельная и груша обыкновенная (*Pyrus communis*).

Живой напочвенный покров производных березняков в основном соответствует покрову коренных типов леса. Однако, вследствие того, что освещенность под пологом выше, в сообществах появляются многие светолюбивые виды, такие как орляк, овсяница овечья, вереск, полевица тонкая (*Agrostis tenuis*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), земляника лесная (*Fragaria vesca*), ястребиночка обыкновенная (*Hieracium pilosella*), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*), марьянник дубравный (*Melampyrum nemorosum*) и луговой (*M. pratense*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia*) или возрастает их обилие. Моховой покров в березняках менее мощный и более разреженный.

Осиновые леса сменяют коренные еловые, широколиственно-еловые и широколиственные леса на богатых супесчаных и суглинистых почвах. Типы осинников менее разнообразны, чем березовых. Наиболее распространены осинники кисличные. Средний бонитет осиновых древостоев – I,1 [1].

Сероольховые леса распространены в северной части заповедника. Представлены в основном кисличным, папоротниковым, снытевым, таволговым типами. В серольшаниках обильно возобновляется ель, которая к 50–60 годам замещает древостой ольхи серой (*Alnus incana*).

**Лиственные болотные леса** занимают 40,6% лесов заповедника. По обширности территории, естественности, типологической структуре, гидрологическому режиму они уникальны. Аналога такого крупного массива естественных, почти не затронутых рубками и практически не посещаемых человеком лесов нет, не только в Европе, но и в пределах южной части всей таежной зоны [1].

Лиственные болотные леса представлены 2 коренными формациями: пушистоберезовых (15 325,9 га – 18,5%) и черноольховых (11 754,2 га – 14,2%) лесов на мезотрофных и эвтрофных болотах (см. табл.). Ольха черная доминирует на типичных эвтрофных болотах; с уменьшением их проточности и дренируемости она уступает место березе пушистой, которая преобладает на мезоэвтрофных и мезотрофных болотах.

Основными местами произрастания пушистоберезовых лесов являются окраины обширных олиго- и мезотрофных сфагновых болот, отличающиеся повышенной обводненностью и низкой проточностью грунтовых вод, а также притерассная заболоченная часть поймы р. Березина. Болотные березняки окаймляют р. Березину полосой шириной 1,5–2,5 км в ее верхнем течении, а вокруг оз. Палик образуют обширный труднодоступный массив. В северной и центральной частях заповедника они окаймляют болота Жары и Домжерицкое, озеро Манец, реки Московица, Бузянка, Сургуч (см. рис. 3). Пушистоберезовые леса в северной и центральной частях приурочены к мощным низинным залежам, сложенных от поверхности травяными и древесно-травяными торфами, а в южной части – к маломощным залежам из древесного и древесно-тростникового торфа [1].

Значительную площадь (12 999,3 га – 15,7%) занимают пушистоберезовые гигрофитнотравяно-осоковые леса, которые формируются в плоских понижениях со слабым дренажем. Местообитания отличаются высокой обводненностью и слабой проточностью грунтовых и поверхностных вод.

Древесный ярус состоит из березы пушистой с примесью (иногда значительной) ольхи черной, ели, реже сосны. Продуктивность древостоя невысокая, преобладающий класс бонитета – III, примесь других пород незначительна. С повышением проточности в таких условиях древесный ярус образует ольха черная. Подлесок (иногда довольно густой, сомкнутостью 0,4–0,6) образуют крушина и ива пепельная. В напочвенном покрове фон образует болотное разнотравье: таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), телиптерис болотный, зюзник европейский (*Lycopus europaeus*), хвощ приречный, наумбургия кистецветная (*Naumburgia thyrsiflora*), осоки – заостренная (*Carex acutiformis*), удлиненная (*C. elongata*), сближенная и др. Проективное покрытие мохового яруса незначительное, но отмечается высокое видовое разнообразие. Встречаются *Climacium dendroides*, *Campylium stellatum*, *Calliergonella cuspidata*, *Pleurozium schreberi*, виды родов *Plagiomnium*, *Calliergon*, *Sphagnum* и др.

Пушистоберезовые леса в условиях мезо- и олиго-мезотрофного заболачивания на террито-

рии заповедника занимают окраиных крупных болот (1 621,4 га – 2,0%). Древесный ярус пушистоберезовых осоково-травяно-сфагновых лесов характеризуется низкой полнотой и не всегда образует сомкнутый полог. В его составе – примесь сосны и ольхи черной. Средний возраст древостоя 55–60 лет, бонитет – $V–V^6$, запас древесины – 50–55 м$^3$/га, среднегодовой прирост – 0,9–1,1 м$^3$/га. Подлесок редкий, встречаются несколько видов ив, крушина, рябина. В подросте преобладает сосна (до 4,5 тыс. шт/га), отмечаются обильные всходы березы пушистой (до 50–55 тыс. шт/га).

Растительный покров нижних ярусов растительности имеет мозаичный характер. Невысокие кочки, высотой 30–35 см, образуются вокруг стволов деревьев и пней. Именно к кочкам приурочены растения, свойственные верховым болотам (мирт, багульник, голубика). Здесь же встречаются и лесные виды – черника, брусника. В межкочьях преобладают осоки (среди них господствует осока волосистоплодная), а также болотные травы – вахта трехлистная, сабельник болотный, телиптерис болотный. Из олиготрофных видов, как на кочках, так и межкочьях обильны пушица влагалищная и клюква болотная.

В моховом покрове межкочечного пространства доминирует *Sphagnum obtusum* с примесью *S. flexuosum* и *S. subsecundum.* Для кочек характерна центральносфагновая синузия. В ее составе *S. centrale* с примесью *S. squarrosum* и *Polytrichum strictum.* На кочках у основания деревьев встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum.*

Березовые крапивно-кочедыжниковые и приручьевые леса (705,2 га – 0,8%) формируются на торфянисто-глеевых почвах, встречаются преимущественно в северной и центральной частях ББЗ, где приурочены к окраинам болот или водотокам (см. рис. 3).

Черноольховые леса образуют обширный массив в южной части заповедника, примыкающей к оз. Палик, а также тянутся полосой вдоль рек Великая и Гурьба. Участки ольсов встречаются также вдоль р. Березина и Сергучского канала, в виде узких полос оконтуривают водотоки небольших речек и ручьев (см. рис. 3). Торфяные залежи в местах их произрастания маломощные, сложенные древесным и древесно-травяными видами торфа.

Черноольховые гигрофитнотравяно-осоковые леса являются наиболее распространенными среди сообществ данной формации и (9 772,1 га – 11,8%). Для сообществ характерен крупнокочковатый микрорельеф, формируемый чередующимися приствоповыми повышениями и топкими, часто залитыми водой межкочьями. Древостои ольхи черной в основном II класса бонитета, по составу как чистые, так и бидоминантные с примесью березы пушистой, реже ели и ясеня. Подрост лесообразующих пород редкий, лишь в менее обводненных или более кочковатых участках он обилен, в составе естественного возобновления преобладают ольха черная и береза пушистая, реже отмечается ель. В подлеске, иногда густом, наиболее обильны крушина, ива пепельная, реже встречаются рябина, черная смородина (*Ribes nigrum*), черемуха (*Padus avium*), калина. В напочвенном покрове преобладают осоки – заостренная, удлиненная, ложносытевая (*C. pseudocyperus*), телиптерис болотный, касатик желтый (*Iris pseudacorus*), хвощ приречный. Проективное покрытие мохового яруса незначительное (до 20–25%), но отмечается высокое видовое разнообразие. Встречаются *Climacium dendroides*, *Calliergonella cuspidata*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, виды родов *Plagiomnium*, *Sphagnum*, *Calliergon* и др.

Черноольховые кочедыжниково-таволговые леса занимают площадь 1 982,1 га (2,4%). Формируются они в плоских понижениях на торфяно-глеевых или торфяных почвах со слабой проточностью грунтовых вод. Древесный ярус обычно образуют ольха черная и береза пушистая с редким участием ели, сосны, осины. Подрост и подлесок формируется на микроповышениях. Наиболее постоянными видами в составе естественного возобновления являются ольха черная, береза пушистая; в ярусе подлеска – крушина, ива пепельная.

В напочвенном покрове основной фон образуют таволга вязолистная и папоротники – кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*), щитовник мужской. Высокое постоянство в описаниях имеют крапива двудомная (*Urtica dioica*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere*), осоки и др. Мохообразные произрастают на валежнике и в виде отдельных пятен на почве, встречаются *Climacium dendroides*, *Eurhynchium angustirete*, *Sphagnum squarrosum*, виды родов *Plagiomnium* и *Calliergon*.

**Болотная растительность**

Доля открытых болот на территории Березинского биосферного заповедника относительно невелика (12 002,8 га – 14,6%); представлена растительность верховых (5 490,4 га – 6,8%), переходных (2 944,8 га – 3,5%) и низинных (3 567,6 га – 4,3%) болот. Фитоценотическое разнообразие болотной растительности отражено на карте 20 единицами (см. рис. 3, табл.). Основными картируемыми единицами являются группы ассоциаций. Отдельными картируемыми таксонами (№№ 36–

41) выделена комплексная растительность (кочковато-мочажинный, кочковато-ковровый, грядово-мочажинный, регрессивный комплексы).

**Растительность верховых болот.** Крупные болотные массивы верхового типа (Пострежское, Домжерицкое, Савский Мох) размещены в центральной части заповедника (см. рис. 3). Болота, как правило, естественные, поэтому на значительной их части встречаются открытые участки верховых болот, среди которых представлены следующие типы растительных сообществ (см. табл.).

Пушицево-кустарничково-сфагновые (1 796,4 га – 2,2%) характеризуются господством *Sphagnum divinum* в моховом покрове. В сообществах древостой не является эдификатором, ведущую роль здесь играет моховой покров. Древесный ярус в сообществах разрежен (сомкнутость крон <0,4) и представлен сильно угнетенной сосной f. *litwinowii* (высота 1–4 м, диаметр – до 3 см).

Травяно-кустарничковый ярус дифференцирован на два подъяруса. Основной подъярус высотой 18–35 см и сомкнутостью 15–40%, образуют пушица влагалищная, вереск, постоянно присутствуют мирт болотный, багульник болотный. Во втором подъярусе высотой 5–15 см и сомкнутостью 5–40% основной фон образуют подбел многолистный и клюква болотная. Моховой покров сплошной. Эдификатор фитоценоза и основной компонент мохового яруса – *Sphagnum divinum*. К нему примешиваются *S. angustifolium*, *S. rubellum*, изредка встречается *S. fuscum*.

Кустарничково-сфагновые сообщества на верховых болотах (62,9 га – 0,1%) имеют сплошной моховой покров. Эдификатор фитоценоза и основной компонент мохового яруса – ярко выраженный олиготрофный гигрофит *Sphagnum fuscum*. К нему примешиваются *S. divinum*, *S. angustifolium*, *S. rubellum*, *Polytrichum strictum*. Верхний древесный ярус представлен разреженной (сомкнутость 0,1–0,2) и сильно угнетенной сосной (h=2–3 м). Травяно-кустарничковый ярус дифференцирован на два подъяруса. Основной подъярус высотой 18–35 см и сомкнутостью 10–40% образуют вереск, пушица влагалищная, присутствуют редкие, угнетенные экземпляры багульника и мирта. Во втором подъярусе высотой 5–12 см и сомкнутостью 5–15% преобладает водяника, проективное покрытие других болотных кустарничков (подбел, клюква болотная) незначительное (до 2–5%).

Иногда в небольших понижениях среди кочек формаций **SPHAGNETA FUSCI** встречаются сфагновые мочажины (кочковато-мочажинный комплекс). В травяном ярусе – осока топяная (*Carex limosa*), очеретник белый (*Rhynchospora alba*), шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris*), пушица влагалищная либо вместе, либо один из видов. Общее покрытие яруса 10–25%. Моховой покров сплошной и состоит из сфагновых мхов секции CUSPIDATA (*Sphagnum cuspidatum*, *S. balticum*). Они либо образуют смешанный ковер, либо доминирует один из них.

Кочковато-ковровый комплекс (49,7 га – 0,1%) описан на верховом болоте Пострежское, размещается в подножии склонов (см. рис. 3). Микрорельеф четко дифференцирован на кочки, занимающие 20–40% общей площади и понижения. Превышение гряд над коврами составляет 30–40 см. На кочках, доминирует асс. ***Chamaedaphne calyculata – Sphagnum angustifolium + S. divinum***. Межкочья занимают пушицево-подбелово-сфагновые ковры, иногда встречаются мочажины овальной формы, занятые асс. ***Rhynchospora alba – Sphagnum cuspidatum***, ***Rhynchospora alba – Sphagnum balticum***, а в наиболее обводненных участках ***Scheuchzeria palustris – Sphagnum cuspidatum***.

Грядово-мочажинные комплексы (ГМК) довольно часто встречаются на болотных массивах Пострежское, Домжерицкое, Савский Мох (см. рис. 3). Извилистые полосы ГМК идут от вершины к окраинам, чередуясь с такими же извилистыми полосами сосново-пушицево-кустарничково-сфагновых фитоценозов.

ГМК дифференцируется на 2 крупных, очень неравноценных по своему значению типа: 1) с доминированием *Sphagnum fuscum* на грядах; 2) с преобладанием *S. divinum* и *S. angustifolium* на грядах (см. рис. 3, табл.).

Грядово-мочажинный комплекс с ассоциациями формации **SPHAGNETA FUSCI** на грядах описан небольшими фрагментами на верховых болотах Пострежское, Домжерицое и Савский Мох (см. рис. 3).

В средней части склонов на грядах преобладает асс. ***Pinus sylvestris – Calluna vulgaris – Sphagnum fuscum + S. rubellum***, гораздо реже асс. ***Calluna vulgaris – Sphagnum fuscum + S. rubellum***. Кроме сосны f. *litwinowii,* в небольшом количестве встречается f. *willkommii* высотой 1–1,5 м. Ширина гряд 1,5–4 м (в среднем 2–2,5 м). Размеры мочажин довольно изменчивы; ширина их иногда достигает 6–9 м. В них преобладают асс. ***Scheuchzeria palustris – Sphagnum cuspidatum***, ***Carex limosa – Sphagnum cuspidatum***, нередко встречается асс. ***Eriophorum vaginatum – Sphagnum cuspidatum***.

В нижней части склонов болота Домжерицкое описаны ГМК с сильным развитием мочажин, площадь которых значительно превосходит пло-

щади гряд, составляя 70–90% всей поверхности. На грядах шириной 1,5–3 м доминирует асс. ***Eriophorum vaginatum – Sphagnum fuscum***, иногда с примесью вереска и редко с разреженным пологом сосны. Мочажины, размером до 10–15 м, имеют различный растительный покров, в проксимальной и дистальной частях мочажин заняты асс. ***Scheuchzeria palustris – Sphagnum cuspidatum***, в центральной части, где имеются остатки гряд, поверхность мелкобугорчатая обильно растет мелкий очеретник, наиболее обводненные мочажины заняты асс. ***Carex limosa – Sphagnum cuspidatum***. Нередко в описаниях отмечаются полидоминтные сфагновые мочажины с господством всех трех видов влаголюбивых трав; есть также мочажины из *Sphagnum cuspidatum* (редко *S. majus*), почти совершенно лишенных водной растительности.

Второй тип ГМК (с преобладанием *Sphagnum divinum* и *S. angustifolium*) описан нами в нижних частях склонов болотных массивах Пострежское, Домжерицкое, Савский Мох (см. рис. 3). На грядах преобладают пушицево-кустарничково-сфагновые ассоциации формации **SPHAGNETA ANGUSTIFOLI + MAGELLANICI** иногда с разреженным пологом сосны; в мочажинах – очеретниковые, шейхцериевые и топяноосоковые ассоциации формации **SPHAGNETA CUSPIDATI** coll.

Регрессивный комплекс встречается небольшими фрагментами на очень пологом участке болота Домжерицкое, а также на болоте Савский Мох (см. рис. 3). Микрорельеф в регрессивном комплексе грядовый: ориентированность гряд перпендикулярно склону довольно четко прослеживается во многих местах. Гряды заняты асс. ***Calluna vulgaris – Sphagnum fuscum + S. rubellum*** (образующая пятна 2–4 м$^2$). На грядах встречается редкая сосна f. *willkommii*, в небольшом количестве f. *litwinowii*; однако ее присутствие не нарушает общего впечатления безлесия.

Мочажины в регрессивном комплексе разделены на три группы: 1) сфагновые мочажины; 2) юнгерманиевые, или черные, мочажины; 3) денудированные пятна торфа. Наибольшую площадь занимают юнгерманиевые, или черные, мочажины (асс. ***Rhynchospora alba – Hepaticae***).

**Растительность переходных болот.** На территории заповедника переходные болота приурочены к окраинам верховых болот Савский Мох, Пострежское, а также занимают центральную часть болотного комплекса Домжерицое (см. рис. 3).

Растительный покров переходных болот может быть однородным, сложенным на всем протяжении осоково-сфагновыми группировками с доминированием осок волосистоплодной и вздутой; мозаичным или комплексным, чаще всего представленным кочковато-мочажинным и кочковато-топяными комплексами.

Наиболее монотонна растительность переходных болот с ровной поверхностью. Она образована почти исключительно осоково-сфагновыми сообществами с преобладанием осок волосистоплодной и вздутой с монодоминантным сфагновым покровом с господством одного из 3 видов – *Sphagnum fallax*, *S. papillosum*, *S. obtusum*.

Для участков болот с кочковатым микрорельефом характерна комплексность растительного покрова. На кочках развиты кустарничково-сфагновые и кустарничково-травяно-сфагновые сообщества, образованные видами с разной экологией: олиготрофными (мирт, подбел, багульник, клюква болотная, пушица влагалищная, *Sphagnum divinum*, *S. angustifolium*), мезолиго- и мезотрофными (*S. centrale*, *S. papillosum*), мезоэвтрофными и эвтрофными (*S. warnstorfii*, осока волосистоплодная, вахта). В межкочьях преобладают мезотрофные и эвтрофные виды (*S. fallax*, *S. flexuosum*, *S. obtusum*, осоки волосистоплодная и вздутая, вахта, сабельник, хвощ приречный).

Восточные окраины болот Анкудовка и Савский Мох заняты полосой (5–30 м) переходных осоковых топей (см. рис. 3). В настоящее время фитоценозы переходных болот находятся в фазе активной динамики: формируется древесно-кустарниковый ярус, в состав травостоя внедряется тростник (см. рис. 3).

**Растительность низинных болот.** Низинные болота распространены очень неравномерно. Основные их массивы расположены преимущественно в центральной части заповедника (окраина болота Пострежское, эвтрофная часть болотных массивов Чистик, Домжерицкое, Слободское) (см. рис. 3).

Среди наиболее распространенных растительных сообществ на низинных болотах, прежде всего, следует отметить осоковые – из осок волосистоплодной, вздутой, сближенной, двутычинковая (*Carex diandra*), плетевидной – и осоково-хвощовые (с хвощем приречным). Осоково-гипновые группировки также занимают значительную площадь. Нередко на территории заповедника встречаются крупноосоковые сообщества, где доминируют осоки пузырчатая (*C. vesicaria*), лисья (*C. vulpina*), ложносытевая, заостренная, береговая (*C. riparia*). Из мелких осок помимо осок черной, топяной и плетевидной можно встретить осоки просяную (*C. panicea*), серовато (*C. canescens*), желтую (*C. flava*), но эти виды обычно приурочены к мелкозалежным участкам болот. На слабо заливаемых участках пойменных и приозерных низинных болотах часто

встречаются, но не занимают больших площадей осоково-сфагновые и разнотравно-осоково-сфагновые сообщества со *Sphagnum subsecundum*, *S. contortum*, *S. teres*, *S. obtusum*.

Особую созологическую ценность представляют осоково-вахтово-гипново-сфагновые сообщества, которые встречаются фрагментарно на болотах Слободское и Чистик (см. рис. 3). В древесном ярусе преобладают береза пушистая и сосна (f. *uliginosa* и f. *litwinowii*), в кустарниковом – береза приземистая, ивы – пепельная, лопарская (*Salix lapponum*), розмариновидная. Травяной ярус состоит из осок – волосистоплодной, сближенной, двудомной (*Carex dioica*), хвощей и болотного разнотравья (сабельник, вахта, хвощ). Характерной особенностью является довольно высокое участие в травостое редких и охраняемых видов растений – офрис насекомоносной (*Ophrys insectifera*), пушицы стройной (*Eriophorum gracile*), лосняка Лезеля (*Liparis loeselii*), пухоноса альпийского (*Baeothryon alpinum*), тайника сердцевидного (*Listera cordata*), тайника яйцевидного (*L. ovata*), любки двулистной (*Platanthera bifolia*), пальчатокоренника мясокрасного (*Dactylorhiza incarnata*) и др. Среди мхов господствуют сфагновые эвтрофные (*Sphagnum warnstorfii*, *S. obtusum*, *S. teres*) и бриевые мхи, не образующие сплошного покрова и дающие в совокупности до 60–80% покрытия.

**Луговая и кустарниковая растительность.** Луговая растительность представлена группой ассоциаций болотистых пойменных сообществ, которые в регионе имеют незначительное распространение (466,7 га – 0,5%) и приурочены преимущественно к долине р. Березина (см. рис. 3).

На карте динамические категории производной растительности (кустарники) представлены 2 картируемыми таксонами, размещенными по градиенту режима увлажнения. В границах заповедника кустарники занимают площадь 2 233,1 га (или 2,7%). Их генезис обусловлен различными видами сукцессионных процессов и, в первую очередь, связан с активным заболачиванием и зарастанием пойменных земель.

## Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. На основе результатов наземных исследований, анализа разновременной аэрокосмической информации, литературных и картографических источников, материалов земле- и лесоустройства составлена крупномасштабная (М 1:100 000) карта актуальной растительности Березинского биосферного заповедника. Легенда карты разработана на основе эколого-фитоценотического (доминантного) подхода к классификации растительности и содержит 59 картируемых единиц.

2. В современной структуре земельного фонда Березинского биосферного заповедника леса занимают 68 049,5 га (81,9%), открытые (нелесные) болота – 12 002,8 га (14,6%), луга – 499,5 га (0,6%), сельскохозяйственные земли – 143,1 га (0,2%), мелколесья и кустарники – 2 233,1 га (2,7%).

3. Ценотическое разнообразие лесов отражено на карте 33 категориями. Лесной покров довольно разнообразен и представлен различными типами хвойных, широколиственно-хвойных, широколиственных, мелколиственных производных и коренных лиственных болотных лесов. Преобладают (27 080,1 га – 32,7%) лиственные болотные леса. Значительные площади занимают сообщества субформации сосновых болотных лесов (13 054,5 га – 15,7%), а также сосняки кустарничково-зеленомошные (9 378,5 га – 11,3%).

4. Доля открытых болот на территории заповедника относительно невелика (12 002,8 га – 14,6%); представлена растительность верховых (5 490,4 га – 6,8%), переходных (2 944,8 га – 3,5%) и низинных (3 567,6 га – 4,3%) болот. Фитоценотическое разнообразие болотной растительности отражено на карте 20 единицами.

5. Луга представлены группой ассоциаций болотистой пойменных сообществ (466,7 га – 0,5%), которые в регионе имеют незначительное распространение и приурочены преимущественно к долине р. Березина.

6. В границах заповедника активным распространением характеризуются кустарниковая растительность, генезис которой обусловлен различными видами сукцессионных процессов и, в первую очередь, связан с активным заболачиванием и зарастанием пойменных лугово-болотных земель.

7. Применение картографического метода позволило наглядно отразить пространственную структуру растительности Березинского биосферного заповедника, а иерархическая легенда – природные и динамические процессы формирования растительного покрова. Созданная карта является итогом многолетней инвентаризации фитоценотического разнообразия территории со 100-летним природоохранным режимом и может послужить основой для организации системы мониторинга биоты ООПТ.

## Литература

1. Березинский биосферный заповедник : науч.-попул. изд. / под общ. ред. Д. Д. Ставровского, А. А. Ковалёва. – Мн. : БелЭн, 1996. – 190 с.

2. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Мн. : Наука и техника, 1982. – 328 с.

3. Карта растительности Белорусской ССР. – 1:300 000. – 1975. – 4 л.

4. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич [и др.] // Геоботаническое картографирование. – 2019. – С. 18–38.

5. Ландшафтная карта / сост. и подг. к печ. Респ. унитар. предприятием «Белкартография» в 2014 г. – 1:500 000, 5 км в 1 см. – Минск : Белкартография, 2014. – 1 к.

6. Полевая геоботаника : в 5 т. / ред. : А. А. Корчагин и др. – М., Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1964. – 530 с. – 3 т.

7. Растительность и биотопы национального заповедника «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1 : 60 000) и картой биотопов (М 1 : 60 000) / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Е. Я. Куликова [и др.]. – Мн. : Колорград, 2017. – 82 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Груммо Дмитрий Геннадьевич*** – доктор биологических наук, доцент, директор Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Цвирко Руслан Владимирович*** – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Зеленкевич Наталья Алексеевна*** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Мойсейчик Екатерина Владимировна*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Созинов Олег Викторович*** – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой системной биологии учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

***Жилинский Дмитрий Юрьевич*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Характеристика современной растительности Березинского биосферного заповедника / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 44–67.

УДК 574.47

Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, О. С. РЫМША, Е. В. МОЙСЕЙЧИК

# ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОЙМЕННОГО БОЛОТА СПОРОВСКОЕ (БЕЛАРУСЬ)

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

**Аннотация.** В статье представлен анализ динамики эколого-ценотических показателей и продуктивности растительных сообществ пойменного болота Споровское (Березовский район, Беларусь) за период 2015–2018, 2020, 2021 и 2024 гг. Исследование проведено на трех постоянных пробных площадях эколого-ценотического профиля Споровский-1 с использованием геоботанических методов. Представлены результаты исследований на каждой пробной площади с анализом проективного покрытия видов-доминантов, индексов видового разнообразия и богатства, продуктивности растительных сообществ.

Показано стабильное высокое проективное покрытие *Carex elata* на всех исследованных площадях, отмечены тенденции к увеличению проективного покрытия для *Comarum palustre* в прирусловой части и для *Calamagrostis canescens* в понижении центральной части поймы. Установлено упрощение структуры сообществ на двух пробных площадях, которое выразилось в снижении индекса Шеннона и увеличении индекса Симпсона, индексы биоразнообразия на пробной площади с устойчивым увлажнением относительно стабильны. За период наблюдений отмечен рост показателей как общей надземной биомассы, так и массы опада, представлена структура фитомассы по ботаническим группам. Проведенный корреляционный анализ выявил положительную зависимость продуктивности сообществ от уровня воды в р. Ясельда за весенний период и отрицательную от среднегодовой температуры воздуха.

**Ключевые слова:** пойменное болото, биоразнообразие, проективное покрытие, надземная биомасса, гидрологический режим.

N. A. ZELIANKEVICH, O. S. RYMSHA, E. V. MOJSEJCHIK

# VEGETATION DYNAMIC IN THE SPOROVSKOYE FLOODPLAIN MIRE (BELARUS)

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

**Annotation.** The article presents an analysis of the ecological and cenotic indicators dynamic and productivity plant communities in the Sporovskoye floodplain mire (Berezovsky district, Belarus) for the period 2015–2018, 2020, 2021 and 2024. The study was conducted on three permanent test plots in the Sporovsky-1 ecological-cenotic profile using geobotanical methods. The results of the research on each test plot are presented with an analysis in projective cover of dominant species, indices of species diversity and richness, and productivity plant communities. The projective cover of *Carex elata* is consistently high at all study sites. An increase in the projective cover of *Comarum palustre* was noted in the riverbed area, and that of *Calamagrostis canescens* was noted in the low-lying central part of the floodplain. A simplification of the community structure was observed in two sample plots, manifested by a decrease in the Shannon index and an increase in the Simpson index. The biodiversity indices in the sample plot with stable moisture showed little change. During the observation period, an increase in both the total above-ground biomass and the mass of litter was noted. Presented is the structure of phytomass by botanical groups. The correlation analysis revealed a positive relationship between community productivity and water level in the Yaselda River during spring period and a negative relationship with the average annual air temperature.

**Key words:** floodplain swamp, biodiversity, projective cover, aboveground biomass, hydrological regime.

## Введение

Пойменные низинные болота являются уникальными природными территориями Беларуси. Споровское болото – одно из немногих уцелевших пойменных болот Белорусского Полесья, сохранившихся после масштабных мелиоративных работ 1960–1980-х гг. [1]. В настоящее время данная территория входит в состав республиканского биологического заказника «Споровский» (1991 г.), является территорией важной для птиц международного значения (1998 г.), Рамсарским угодьем (2002 г.), ядром национального значения N15 и экологического коридора национального значения CN19 национальной экологической сети (2018 г.), что подчеркивает ее приро-

доохранную значимость. Болото Споровское является важным звеном в сохранении биоразнообразия, а также местом гнездования и остановок мигрирующих водно-болотных видов птиц [2].

Цель исследования – оценить динамику эколого-ценотических параметров и продуктивности естественных растительных сообществ пойменного болота Споровское за период 2015–2024 гг.

## Материалы (объекты) и методы исследования

Объектом исследования является пойменное низинное болото Споровское, расположенное в долине р. Ясельда.

*Почва.* В пойме р. Ясельда в границах исследуемого участка преобладают пойменные торфяно-болотные почвы [3].

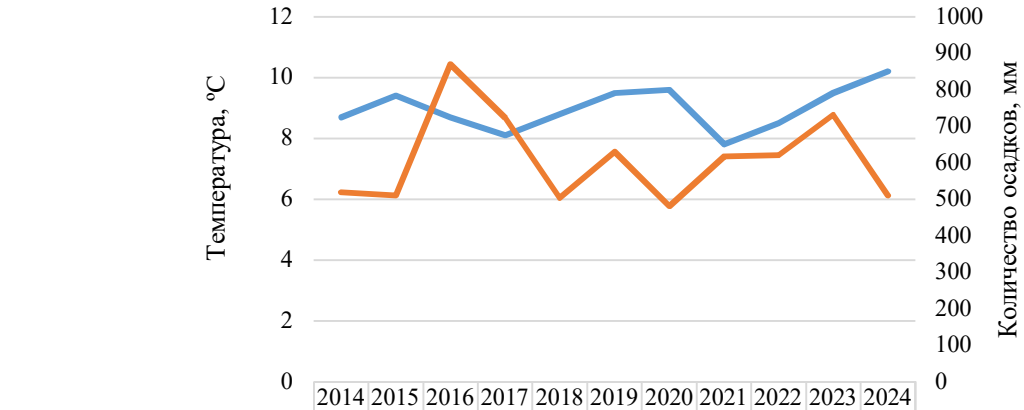
*Гидрологический режим.* На территории исследования гидрографическая сеть представлена участком реки Ясельды и несколькими каналами. Вода в р. Ясельда относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу, умеренно жесткая, средней минерализации. Изменения уровневого режима происходят следующим образом – весеннее половодье, низкая летне-осенняя межень, нарушаемая почти ежегодно дождевыми паводками, повышенная за счет летних дождей и оттепелей зимней меженью [3].

*Климатическая характеристика.* Исследуемая местность характеризуется умеренно-влажным климатом с мягкой короткой зимой и умеренно-теплым продолжительным летом. По архивным данным метеостанции г. Ивацевичи [4] выявлено, что за 10-летний период (2014–2024 гг.) среднегодовая температура воздуха колеблется от +7,8ºС (2021 г.) до +10,2ºС (2024 г.), составляя в среднем +9,0ºС. Максимальное суммарное количество осадков отмечено в 2016 г. – 870 мм, минимальное в 2020 г. – 481 мм; средний показатель за исследуемый период составляет 610 мм (рис. 1).

Показатели уровня воды в р. Ясельда по данным гидропоста Ясельда-Береза за весенний период в среднем составляли в 2017 г. – 370 см, в 2020 г. – 286 см (минимальное значение), в 2023 г. – 379 см (максимальное значение); средний показатель уровня воды в весенний период с 2014 по 2023 гг. – 334 см (рис. 2). Увеличение уровня воды в р. Ясельда способствует сохранению пойменного режима исследуемого участка болота.

В климатическом отношении выделяется 2020 г., когда отмечено снижение суммарного количества осадков, увеличение среднегодовой температуры и весеннее понижение уровня воды в р. Ясельда.

*Полевые исследования и камеральная обработка.* Для работы использованы данные со стационарных пробных площадей лаборатории геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (рис. 3), полученные в целях мониторинга растительности болота Споровское [5–7]. Исследования на эколого-ценотическом профиле (ЭПР) Споровский-1 (SP1), заложенном в 2015 г. проводили в середине вегетационного сезона (июль). Для оценки динамики эколого-ценотических показателей и продуктивности растительных сообществ использованы данные наблюдений за 2015–2018, 2020, 2021 и 2024 гг.




| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Среднегодовая температура, ºС | 8,7 | 9,4 | 8,7 | 8,1 | 8,8 | 9,5 | 9,6 | 7,8 | 8,5 | 9,5 | 10,2 |
| Суммарное количество осадков за год, мм | 519 | 511 | 870 | 722 | 503 | 630 | 481 | 617 | 620 | 731 | 511 |

**Рис. 1.** Среднегодовая температура и суммарное количество осадков за год с 2014–2024 гг. [4]

**Fig. 1**. Average annual temperature and total precipitation for the year from 2014 to 2024 [4]




**Рис. 2.** Средний уровень воды в р. Ясельда за весенний период (по данным гидропоста Ясельда-Береза) за период 2014–2023 гг.

**Fig. 2.** Annual spring water levels in the Yaselda River (according to the Yaselda-Bereza hydrographic station) for the period 2014–2023

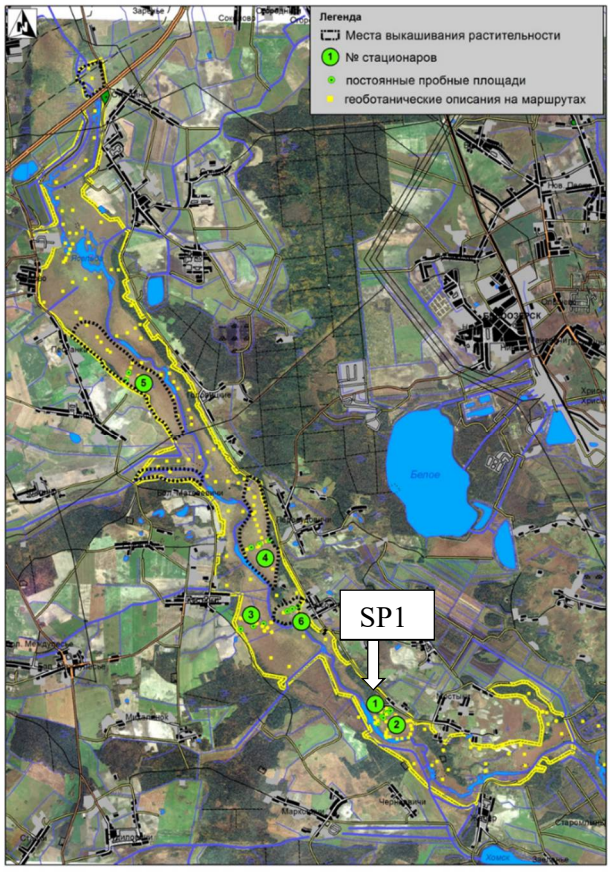



**Рис. 3.** Стационарные профили мониторинга растительности болота Споровское

**Fig. 3.** Stationary profiles for vegetation monitoring of the Sporovskoye floodplain mire

Эколого-ценотический профиль SP1 (рис. 4) представляет собой геоботанический профиль, общей протяженностью около 250 м, где через 100–150 м заложены постоянные пробные площади (ППП: SP1-1, SP1-2, SP1-3) размером 10×10 м, закреплены на местности маркировочными столбами с отметкой в системе спутниковой навигации. На каждой из ППП проведен весь комплекс геоботанических работ [8–10]. Напочвенный покров исследовали путем закладки на пробной площади 15 учетных площадок размером 1×1 м. Определяли видовой состав, проективное покрытие каждого вида (глазомерно) [11]. Учет надземной фитомассы производили на укосных площадках размером 50×50 см для травяно-кустарничкового и 25×25 см для мохового ярусов и опада. Для этих целей в наиболее репрезентативных участках срезали надземные части растений в 3-х кратной повторности на уровне почвы, со сменой их расположения в различные годы. Укосную массу разделяли по ботаническим группам: злаки, осоки, бобовые, разнотравье (отдельно отбирались хвощи, папоротники) и зеленые мхи. Образцы надземной фитомассы и опада сушили до воздушно-сухого состояния и взвешивали на электронных весах с точностью до 0,1 г.

*Статистический анализ данных*. В MS Excel проводили расчет среднего арифметического значения, ошибки среднего и коэффициента детерминации ($R^2$) для индексов видового разнообразия и богатства. Коэффициент корреляции Спирмена (так как данные проективного покрытия и надземной биомассы не соответствуют закону нормального распределения) и регрессионный анализ – в программном пакете Statistica 10.0. Для расчета индексов видового разнообразия и богатства, а также сравнения (t-тест) индексов Шеннона и Симпсона использовали программу PAST 4.11 [12–14].

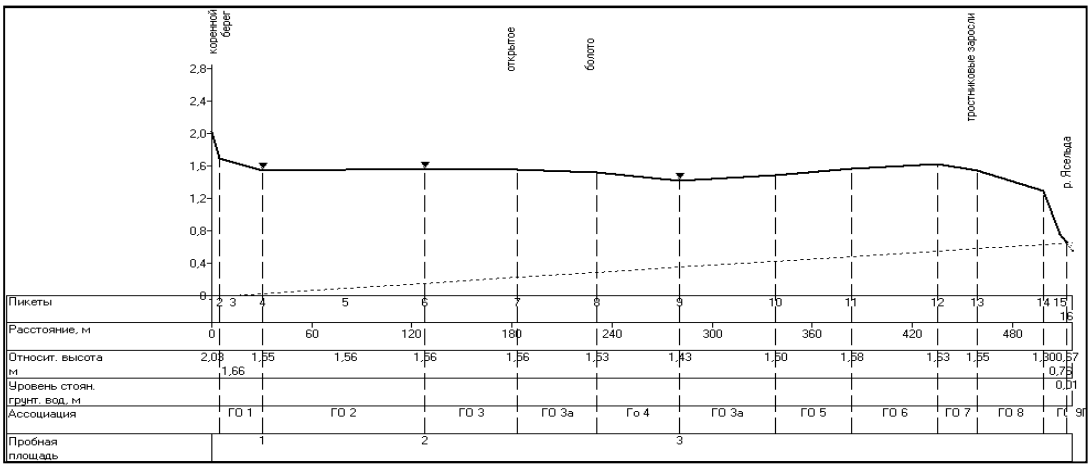



**Рис. 4.** Расположение постоянных пробных площадей на эколого-ценотическом профиле SP1

**Fig. 4.** Location of the permanent sample plots on the ecological-cenotic profile SP1

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе проанализированы результаты исследований на каждой пробной площади по следующей схеме: анализ проективного покрытия видов-доминантов, индексов видового разнообразия и богатства, продуктивности растительных сообществ.

***Проективное покрытие доминирующих видов***

ППП SP1-1. Рассматриваемый участок расположен в притеррасной части поймы (см. рис. 4). За период исследования в наблюдаемом разнотравно-осоковом сообществе проективное покрытие доминирующего вида *Carex elata* All. (осока высокая) в среднем составляет 32,5%. В 2016, 2020, 2021 гг. отмечено его минимальное значение (19,9–20,9%), а в 2015, 2024 гг. – максимальное (44,3%, 43,0% соответственно) ($R^2$ = 0,0004, p = 0,85) (табл. 1, рис. 5б). Выявлена тенденция увеличения среднего проективного покрытия *Comarum palustre* L. (сабельник болотный) ($R^2$ = 0,13, p < 0,01) с максимумом в 2018 г. (56,7%) и минимумом в 2016 г. (15,6%), среднее значение составляет 33,1% (табл. 1, рис. 5в). Зафиксировано резкое снижение проективного покрытия *Calamagrostis canescens* (Weber) Roth (вейник седеющий) ($R^2$ = 0,42, p < 0,01) с довольно высоких показателей (24,0%, 25,9%) в 2015, 2016 гг. до низких в 2017–2024 гг., составляющих от 0,3% до 8,3%, среднее значение – 9,1% (см. табл. 1, рис. 5а).

**Таблица 1.** Проективное покрытие видов-доминантов напочвенного покрова на исследуемых постоянных пробных площадях эколого-ценотического профиля SP1

**Table 1.** Projective cover of dominant ground layer species on the permanent sample plots of the ecological-cenotic profile SP1

| Виды-доминанты | Проективное покрытие, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 | 2021 | 2024 | среднее значение |
| SP1-1 | | | | | | | | |
| *Calamagrostis canescens* | 24,0±2,5 | 25,9±1,8 | 8,3±1,5 | 0,3±0,2 | 0,5±0,3 | 1,6±0,5 | 2,1±0,9 | 9,1±1,2 |
| *Carex elata* | 44,3±3,7 | 20,9±2,2 | 37,7±4,3 | 31,3±5,6 | 19,9±4,5 | 20,5±3,5 | 43,0±6,0 | 32,5±2,0 |
| *Comarum palustre* | 17,9±2,1 | 15,6±2,3 | 24,5±3,5 | 56,7±5,7 | 28,7±4,4 | 47,0±5,0 | 40,0±6,2 | 33,1±2,3 |
| SP1-2 | | | | | | | | |
| *Calamagrostis canescens* | 26,7±3,7 | 17,0±3,3 | 10,3±1,6 | 8,6±1,2 | 0,9±0,5 | 0,4±0,3 | 4,0±3,3 | 10,6±1,3 |
| *Carex elata* | 38,3±5,7 | 31,0±4,0 | 34,7±2,8 | 42,3±2,7 | 33,0±4,2 | 40,5±3,1 | 77,7±4,0 | 43,1±2,2 |
| *Comarum palustre* | < 0,1 | 3,3±3,3 | 2,6±2,0 | 2,9±1,6 | 1,0±1,0 | < 0,1 | 0,3±0,2 | 1,5±0,7 |
| SP1-3 | | | | | | | | |
| *Calamagrostis canescens* | 8,7±2,5 | 15,3±2,5 | 18,8±3,3 | 16,8±2,9 | 8,0±2,1 | 27,5±4,7 | 25,7±4,7 | 17,2±1,4 |
| *Carex elata* | 63,7±3,4 | 35,0±2,5 | 41,7±4,1 | 56,7±6,0 | 20,0±3,8 | 19,0±3,7 | 58,0±5,5 | 44,4±2,3 |
| *Comarum palustre* | 7,9±1,4 | 6,3±1,9 | 7,7±2,0 | 16,9±5,7 | 2,7±1,5 | 10,3±5,9 | 5,7±1,8 | 8,5±1,3 |
| Примечание: здесь и далее для расчёта среднего значения использованы исходные данные со всех учётных площадок. | | | | | | | | |

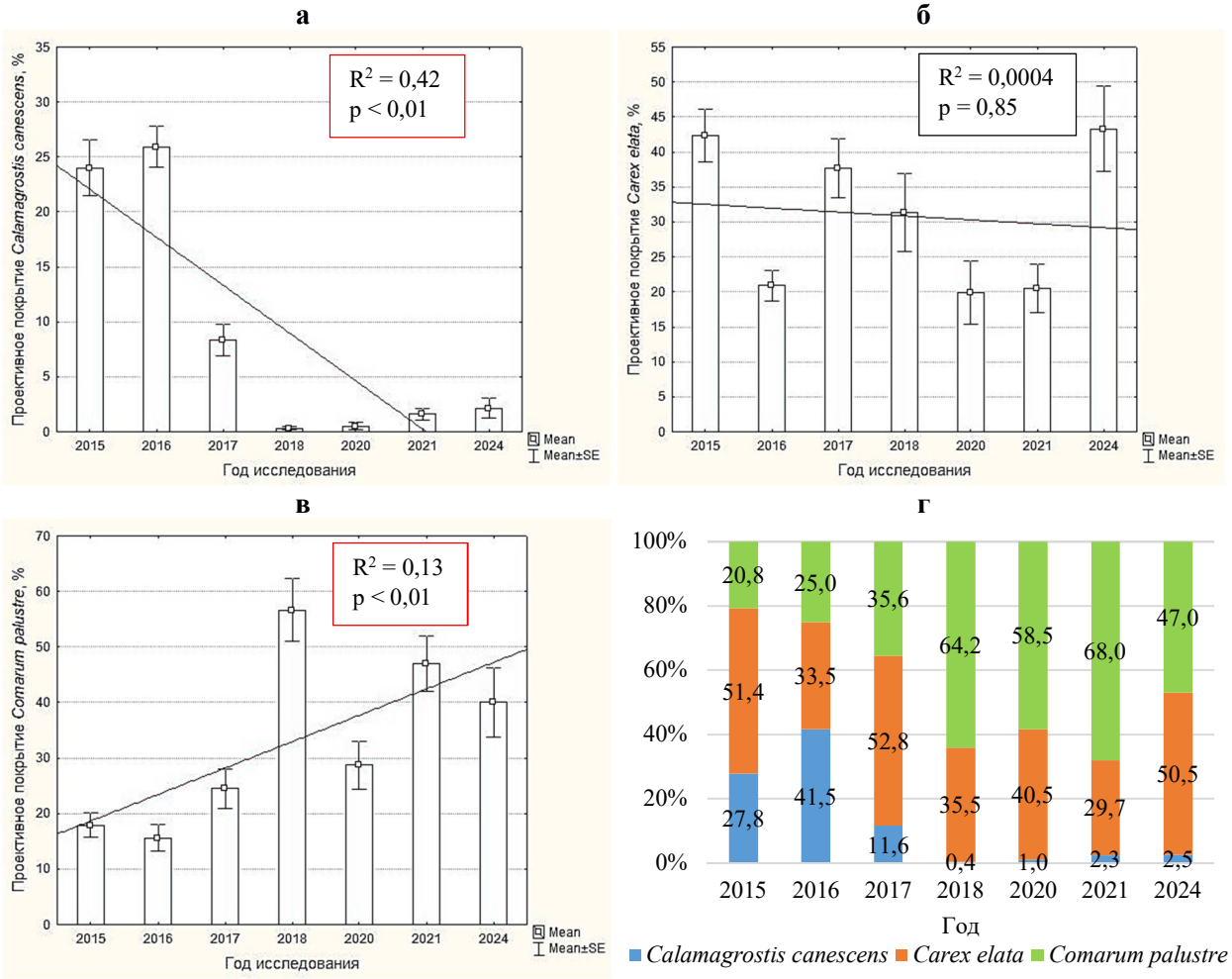



**Рис. 5.** Ценотические характеристики постоянной пробной площади SP1-1
(а–в – динамика среднего проективного покрытия: а – *Calamagrostis canescens*,
б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – доля проективного покрытия доминирующих видов)

**Fig. 5.** Cenotic characteristics of the permanent sample plot SP1-1
(а–в – dynamic of the mean projective cover: a – *Calamagrostis canescens*,
б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – proportion of projective cover of dominant species)

Сообщество на ППП SP1-1 на протяжении всего периода исследований характеризуется преобладанием 2 видов: *Carex elata* и *Comarum palustre*, что подтверждается и анализом долевого вклада видов-доминантов в общее проективное покрытие в исследуемый период. Доля *Calamagrostis canescens* с 2015 по 2024 гг. заметно сократилась с 27,8% до 2,5% соответственно. С 2018 г. существенно возрастает доля *Comarum palustre* (20,8% – 2015 г., 64,2% – 2018 г.), что создает конкуренцию *Carex elata* (51,4% – 2015 г., 35,5% – 2018 г.); к 2024 г. доли этих видов находятся в примерно равном соотношении (47,0% – *Comarum palustre*, 50,5% – *Carex elata*) (см. рис. 5г).

Корреляционный анализ проективного покрытия видов-доминантов с климатическими факторами показал статистически значимую отрицательную связь проективного покрытия *Comarum palustre* с суммарным количеством осадков за год ($r_s$ = -0,33, p < 0,01) (рис. 6б). Проективное покрытие *Calamagrostis canescens* имеет умеренную положительную корреляцию с осадками ($r_s$ = 0,56, p < 0,01) (рис. 6а).

ППП SP1-2. Расположена в повышенной части центральной поймы (см. рис. 4). В наблюдаемом осоковом сообществе отмечено усиление позиций вида-доминанта *Carex elata*: в 2024 г. среднее проективное покрытие 77,7%, тогда как в предыдущие годы наблюдений оно составляло 31,0–42,3% ($R^2$ = 0,35, p < 0,01) (рис. 7б, см. табл. 1). Так же, как и на ППП SP1-1, выявлена тенденция к снижению среднего проективного покрытия *Calamagrostis canescens* с 26,7% в 2015 г. до 0,4–4,0% в 2020–2024 гг. ($R^2$ = 0,31, p < 0,01) (см. табл. 1, рис. 7а). Проективное покрытие *Comarum palustre* с 2015 по 2024 гг. изменяется незначительно, и в среднем составляет 1,5% ($R^2$ = 0,009, p = 0,36) (рис. 7в, см. табл. 1).

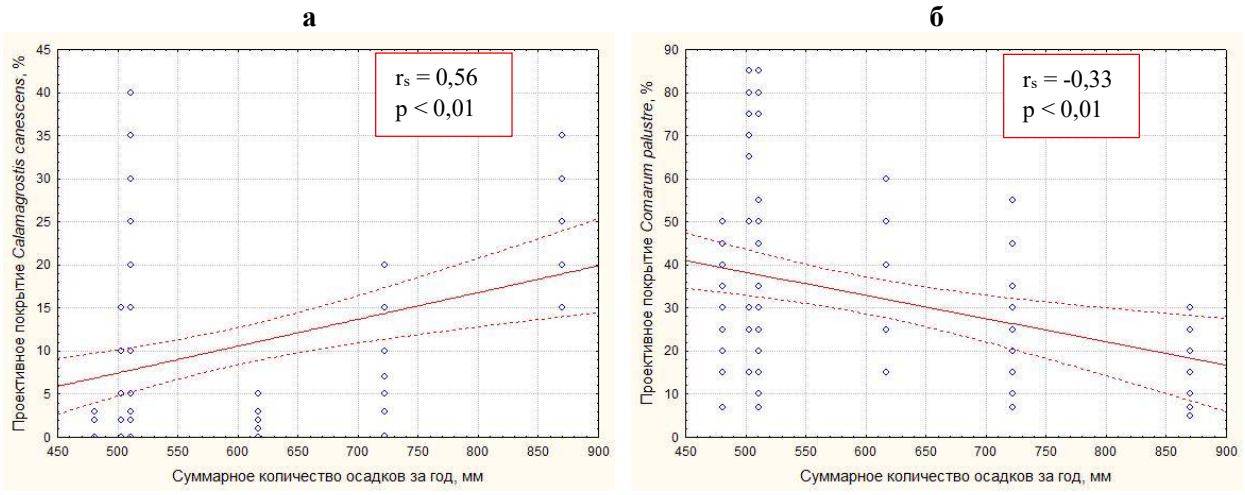



**Рис. 6.** Корреляционная зависимость проективного покрытия видов-доминантов на постоянной пробной площади SP1-1 от суммарного количества осадков за год для *Calamagrostis canescens* (а) и *Comarum palustre* (б)

**Fig. 6.** Correlation between the projective cover of dominant species *Calamagrostis canescens* (a) and *Comarum palustre* (б) on the permanent sample plot SP1-1 and the total annual precipitation

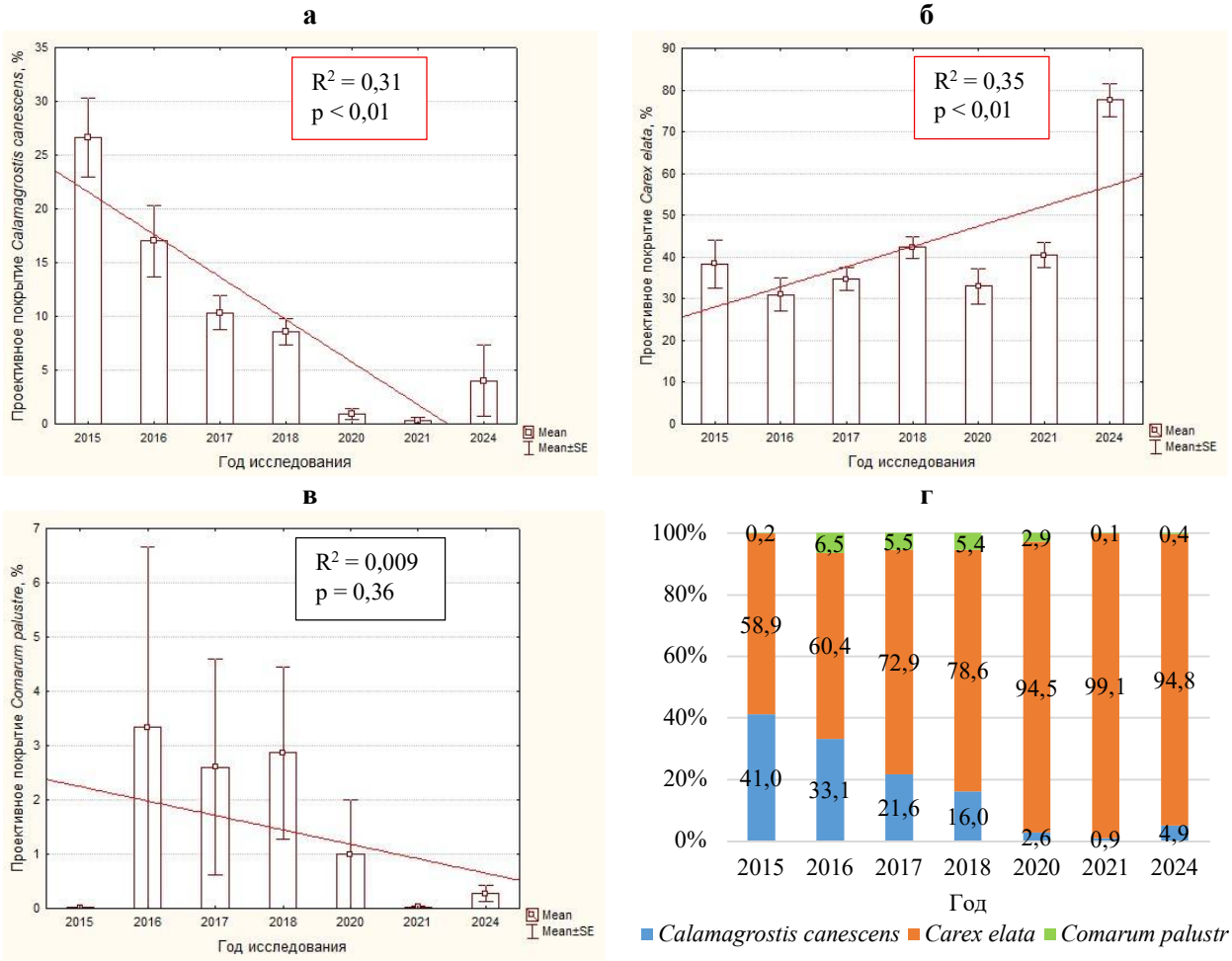



**Рис. 7.** Ценотические характеристики постоянной пробной площади SP1-2 (а–в – динамика среднего проективного покрытия: а – *Calamagrostis canescens*, б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – доля проективного покрытия доминирующих видов)

**Fig. 7.** Cenotic characteristics of the permanent sample plot SP1-2 (а–в – dynamic of the mean projective cover: а – *Calamagrostis canescens*, б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – proportion of projective cover of dominant species)

В долевом соотношении среднего проективного покрытия в 2015 г. доминирует *Carex elata* (58,9%), содоминирует *Calamagrostis canescens* (41,0%). Однако к 2024 г. доминирующее положение сохраняется только у *Carex elata* (94,8%) (см. рис. 7г).

Корреляционный анализ проективного покрытия доминирующих видов и климатических факторов на данном участке показал слабую положительную связь между проективным покрытием *Calamagrostis canescens* и суммарным количеством осадков за год ($r_s = 0,29$, $p < 0,05$) (рис. 8а), между *Carex elata* и среднегодовой температурой воздуха ($r_s = 0,36$, $p < 0,05$) (рис. 8б).

ППП SP1-3. Расположена в понижении центральной части поймы, ближе к руслу реки, чем остальные ППП (см. рис. 4); в весеннее половодье (конец февраля-май для местоположения SP1) здесь дольше задерживается вода [3]. В наблюдаемом злаково-осоковом сообществе среднее проективное покрытие *Carex elata* составляет 44,4%. В целом показатель довольно устойчивый ($R^2 = 0,008$, $p = 0,39$), однако периодически наблюдается увеличение ее покрытия до 56,7–63,7% (рис. 9б, также см. табл. 1). Данное растительное сообщество характеризуется возрастанием проективного покрытия *Calamagrostis canescens* с 8,7% в 2015 г. до 27,5% в 2021 г. и 25,7% в 2024 г. ($R^2 = 0,11$, $p < 0,01$) (см. рис. 9а, табл. 1). Проективное покрытие *Comarum palustre* остается достаточно стабильным, составляя 8,5% в среднем и варьируя в разные годы от 2,7% до 16,9% ($R^2 = 0,004$, $p = 0,54$) (см. рис. 9в, табл. 1). Вклад видов в фитоценозе флуктуируют по годам, высокая доля приходится на *Carex elata* в 2015 г. – 79,3% от всех доминирующих видов. К 2021 г. преобладает *Calamagrostis canescens* – 48,4% при 33,5% *Carex elata* (см. рис. 9г).

Корреляционный анализ на данном участке выявил статистически значимые связи проективного покрытия доминирующих видов с климатическими и гидрологическими факторами. Установлена слабая положительная связь проективного покрытия *Carex elata* со среднегодовой температурой воздуха ($r_s = 0,35$, $p < 0,05$) (рис. 10а) и *Calamagrostis canescens* со средним уровнем воды в р. Ясельда (рис. 2) за весенний период ($r_s = 0,28$, $p < 0,05$) (рис. 10б).

В результате оценки проективного покрытия доминирующих видов отмечены довольно стабильные и высокие показатели покрытия *Carex elata* на всех наблюдаемых ППП; для *Calamagrostis canescens* выявлены тренды к уменьшению проективного покрытия на ППП SP1-1 и SP1-2, тогда как ППП SP1-3, напротив, характеризуется увеличением участия в фитоценозе *Calamagrostis canescens*. На ППП SP1-1 отмечено разрастание *Comarum palustre*.

Корреляционный анализ выявил реакцию видов-доминантов на климатические и гидрологические факторы. Наиболее значимые связи установлены для *Calamagrostis canescens* с суммарным количеством осадков за год и уровнем весенних вод в понижении поймы.

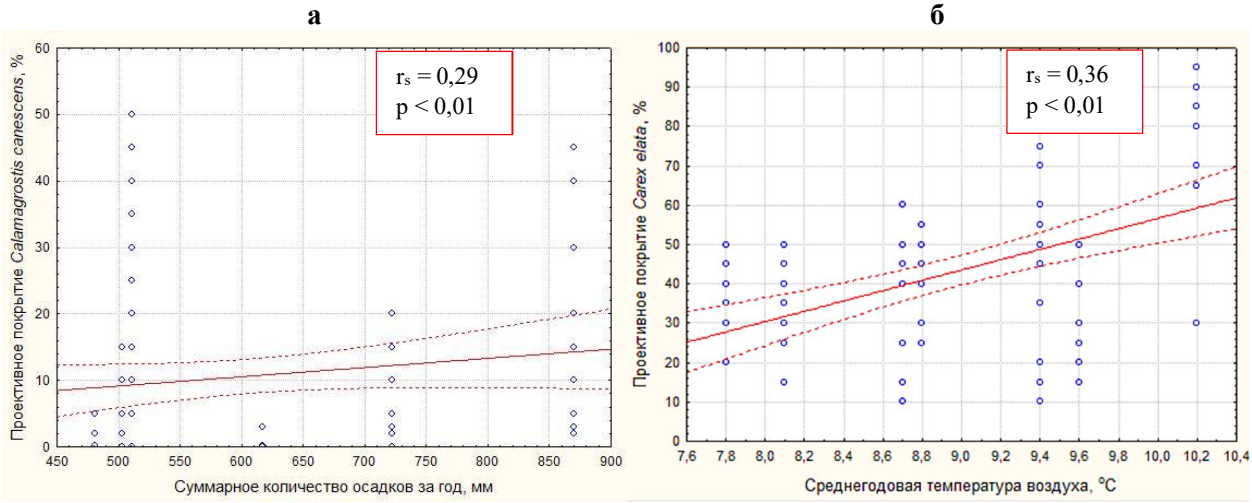



**Рис. 8.** Корреляционная зависимость проективного покрытия видов-доминантов на постоянной пробной площади SP1-2 от суммарного количества осадков за год для *Calamagrostis canescens* (а) и от среднегодового показателя температуры воздуха для *Carex elata* (б)

**Fig. 8.** Correlation between projective cover of dominant species on permanent sample plot SP1-2 and climatic factors: (a) *Calamagrostis canescens* and total annual precipitation, (б) *Carex elata* and mean annual air temperature

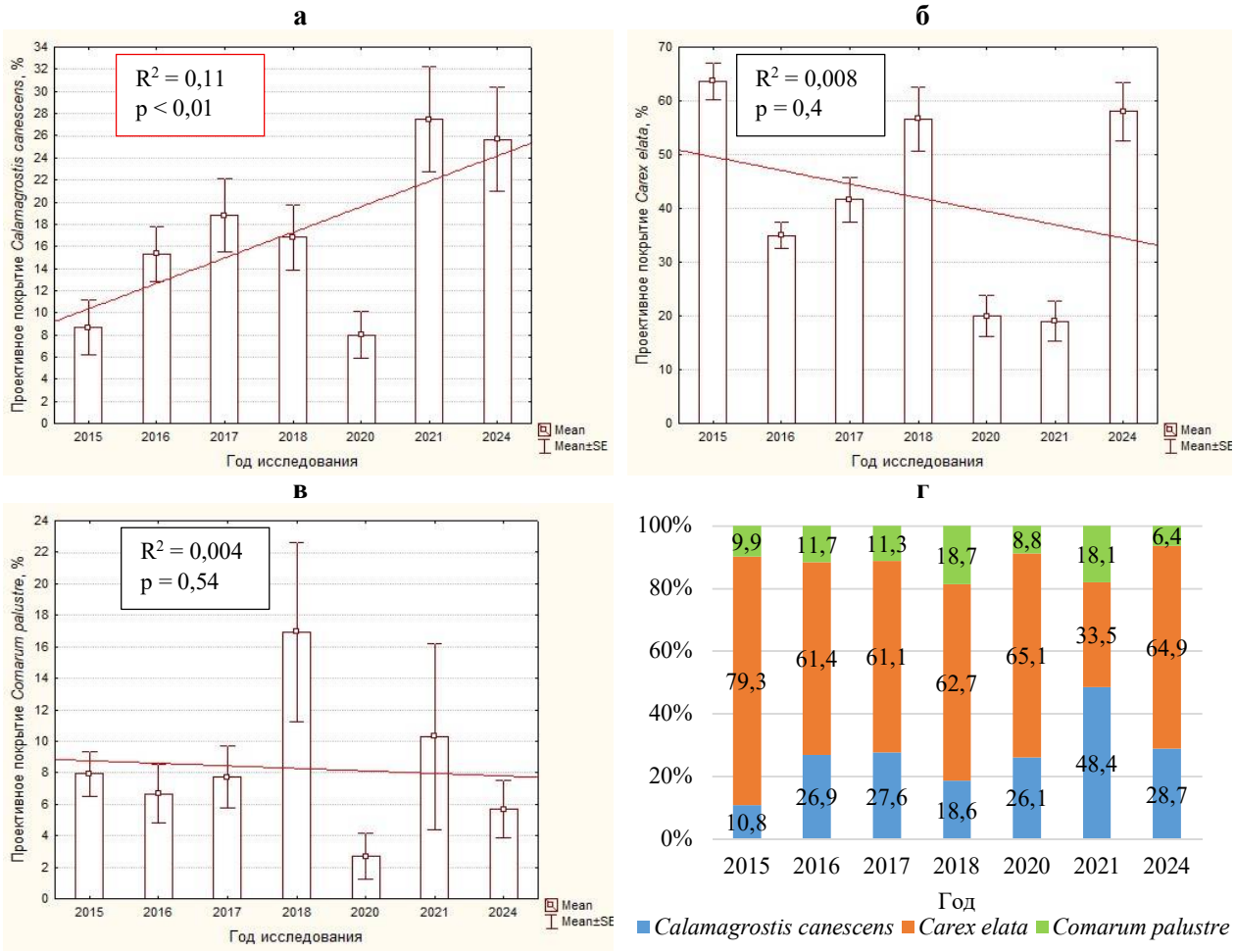



**Рис. 9.** Ценотические характеристики постоянной пробной площади SP1-3
(а–в – динамика среднего проективного покрытия: а – *Calamagrostis canescens*, б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – доля проективного покрытия доминирующих видов)

**Fig. 9.** Cenotic characteristics of the permanent sample plot SP1-3
(а–в – dynamic of the mean projective cover: а – *Calamagrostis canescens*, б – *Carex elata*, в – *Comarum palustre*, г – proportion of projective cover of dominant species)

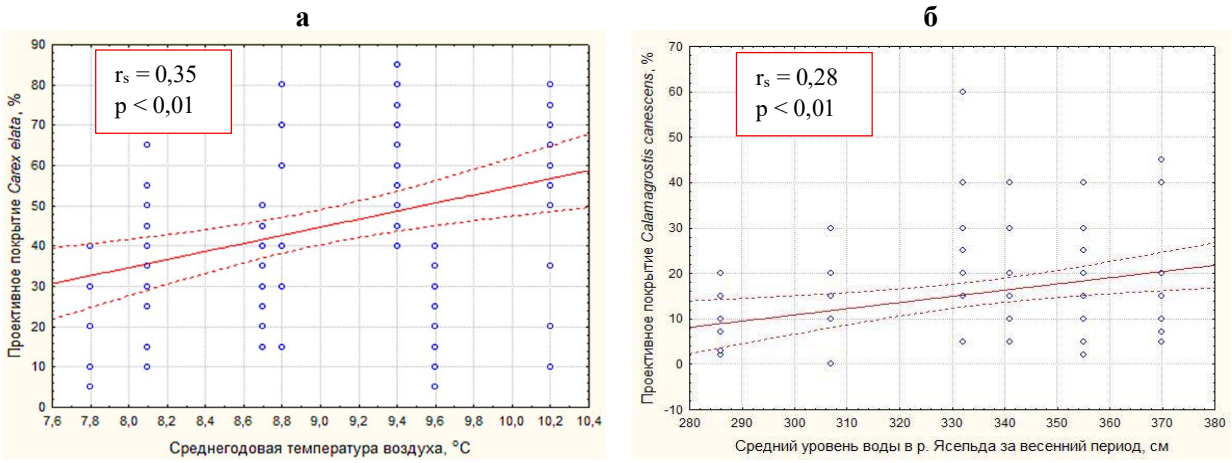



**Рис. 10.** Корреляционная зависимость проективного покрытия видов-доминантов на постоянной пробной площади SP1-3 от среднегодовой температуры воздуха для *Carex elata* (а) и от среднего уровня воды в р. Ясельда для *Calamagrostis canescens* (б)

**Fig. 10.** Correlation between projective cover of dominant species on permanent sample plot SP1-3 and environmental factors: (a) *Carex elata* and mean annual air temperature, (б) *Calamagrostis canescens* and mean water level in the Yaselda River

Некоторые изменения структуры фитоценозов отражают реакцию мозаичного растительного покрова на нестабильность экологических факторов. Вероятно, одной из основных причин наблюдаемых изменений является неустойчивый гидрологический режим, то есть высокий уровень воды в р. Ясельда в 2017 г. и последующая засуха 2020 г. (см. рис. 2). *Carex elata* получает конкурентное преимущество в условиях избыточного увлажнения и демонстрирует большую устойчивость к последующим колебаниям уровня воды, тогда как *Calamagrostis canescens* испытывает угнетение при нестабильном гидрологическом режиме. Различия в реакции между ППП могут быть обусловлены особенностями микрорельефа и удаленностью от русла реки.

***Индексы видового разнообразия и богатства***

ППП SP1-1. На исследуемом участке видовое богатство снизилось с 21 вида в 2015–2016 гг. до 14 видов в 2024 г. ($R^2$ = 0,45), достигнув минимума в 2018 г. (10 видов) (табл. 2, рис. 11в). Индекс Симпсона имеет тренд на увеличение (2015 г. – 0,257, 2024 г. – 0,369) ($R^2$ = 0,38) (табл. 2, рис. 11б), а индекс Шеннона на снижение (2015 г. – 1,906, 2024 г. – 1,396) ($R^2$ = 0,35) (табл. 2, рис. 11а), что в совокупности указывает на упрощение структуры сообщества. Мера выравненности видов довольно стабильна, со средним показателем 0,337 указывает на сообщество с выраженными доминантами (табл. 2, рис. 11г). Попарное сравнение индексов Шеннона и Симпсона подтвердило достоверное снижение биоразнообразия в 2018, 2021 и 2024 гг. по сравнению с начальным 2015 г. (табл. 3).

ППП SP1-2. В пределах данного сообщества отмечено некоторое снижение видового богатства (рис. 12в, также см. табл. 2), в целом показатели варьируют от 13 до 21 вида. Отмечена тенденция ($R^2$ = 0,91) увеличения значения индекса Симпсона (2015 г. – 0,248, 2024 г. – 0,598) (рис. 12б), следовательно, снижения видового разнообразия. Значение индекса Шеннона снижается с невысоких показателей в 2015 г. (1,994) до низких в 2024 г. (1,176) ($R^2$ = 0,82) (рис. 12а). Мера выравненности видов с 2015 по 2024 гг. имеет тенденцию к уменьшению с 0,408 до 0,203 соответственно ($R^2$ = 0,90), что указывает на усиление доминирования одного вида, ведущее к упрощению структуры фитоценоза (см. рис. 12г, табл. 2). При попарном сравнении выявлено, что увеличение индекса Шеннона в 2020, 2021 и 2024 гг. относительно первого года исследования и снижение индекса Симпсона статистически достоверно указывает на уменьшение видового разнообразия (табл. 4).

ППП SP1-3. В рассматриваемом растительном сообществе наблюдается тенденция к снижению видового богатства с 27 видов в 2015 г. до 17 видов в 2024 г. с минимумом в 2020 г. – 14 видов ($R^2$ = 0,61) (рис. 13в, также см. табл. 2). Индекс Симпсона достаточно стабильный ($R^2$ = 0,002) и варьирует от 0,234 до 0,372 в различные годы (рис. 13б).

**Таблица 2.** Показатели видового разнообразия растительных сообществ на исследуемых постоянных пробных площадях на эколого-ценотическом профиле SP1

**Table 2.** Indicators of species diversity of plant communities in the studied permanent sample plots on the ecological-cenotic profile SP1

| Индексы | Годы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 | 2021 | 2024 | среднее значение |
| SP1-1 | | | | | | | | |
| Видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$) | 21 | 21 | 17 | 10 | 18 | 13 | 14 | 16±1,6 |
| Индекс Симпсона (D) | 0,257 | 0,202 | 0,289 | 0,452 | 0,271 | 0,399 | 0,369 | 0,320±0,03 |
| Индекс Шеннона (H) | 1,906 | 2,135 | 1,768 | 1,102 | 1,931 | 1,411 | 1,396 | 1,664±0,14 |
| Мера выравненности видов (E) | 0,320 | 0,403 | 0,345 | 0,301 | 0,383 | 0,315 | 0,289 | 0,337±0,02 |
| SP1-2 | | | | | | | | |
| Видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$) | 18 | 21 | 20 | 20 | 13 | 14 | 16 | 19±1,2 |
| Индекс Симпсона (D) | 0,248 | 0,226 | 0,276 | 0,353 | 0,533 | 0,534 | 0,598 | 0,395±0,06 |
| Индекс Шеннона (H) | 1,994 | 2,204 | 2,099 | 1,889 | 1,376 | 1,373 | 1,176 | 1,730±0,16 |
| Мера выравненности видов (E) | 0,408 | 0,432 | 0,408 | 0,331 | 0,305 | 0,282 | 0,203 | 0,338±0,03 |
| SP1-3 | | | | | | | | |
| Видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$) | 27 | 19 | 23 | 18 | 14 | 16 | 17 | 19±1,7 |
| Индекс Симпсона (D) | 0,350 | 0,261 | 0,271 | 0,336 | 0,246 | 0,234 | 0,372 | 0,295±0,02 |
| Индекс Шеннона (H) | 1,970 | 2,018 | 2,033 | 1,661 | 2,023 | 1,942 | 1,539 | 1,884±0,08 |
| Мера выравненности видов (E) | 0,266 | 0,396 | 0,332 | 0,292 | 0,540 | 0,436 | 0,274 | 0,362±0,04 |

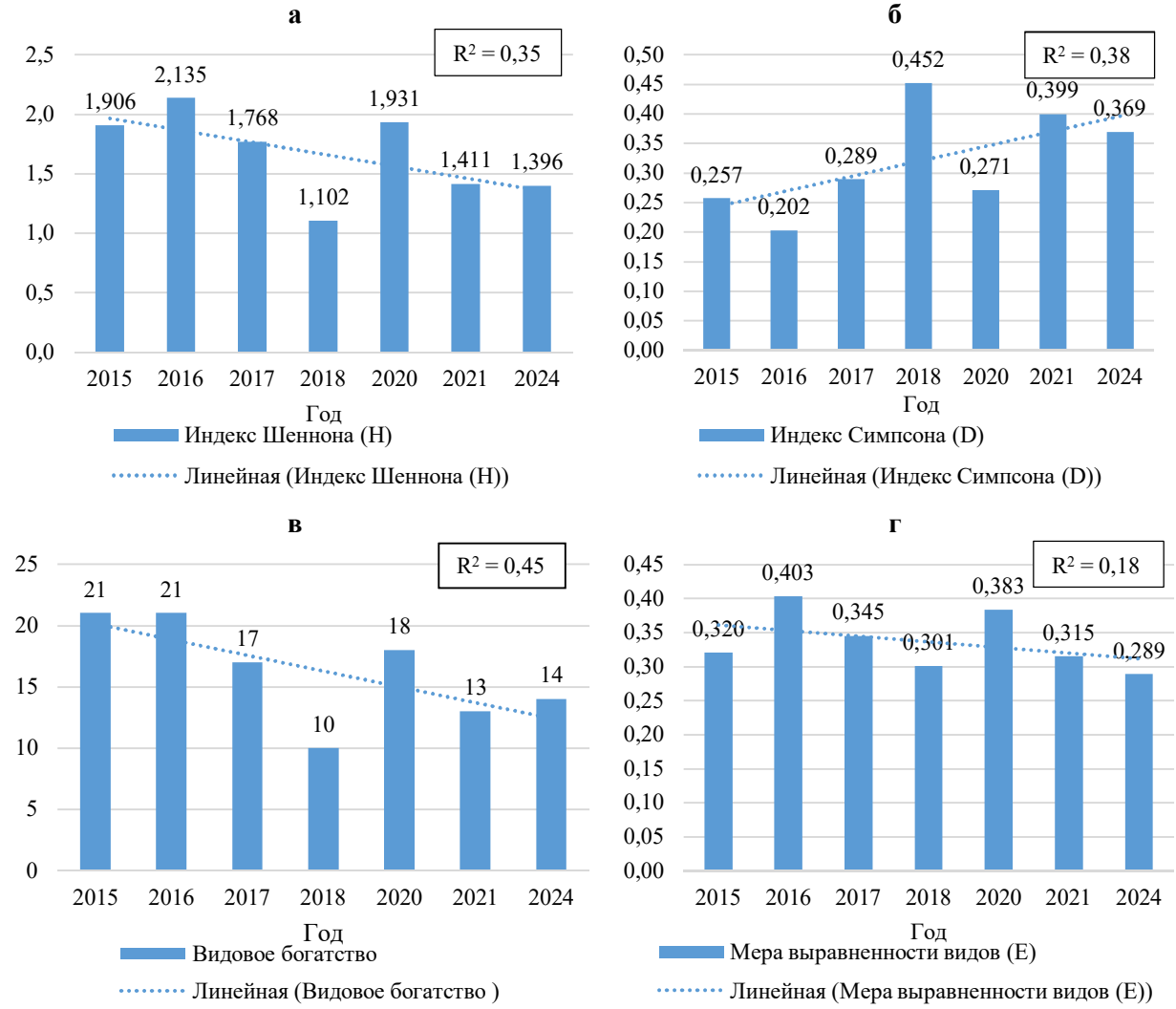



**Рис. 11.** Индексы видового разнообразия и богатства на постоянной пробной площади SP1-1
(а – индекс Шеннона (H), б – индекс Симпсона (D), в – видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$), г – мера выравненности (E))

**Fig. 11.** Indices of species diversity and richness on the permanent sample plot SP1-1
(a – Shannon index (H), б – Simpson index (D), в – species richness ($R_S$/100 m$^2$), г – evenness measure (E))

**Таблица 3.** Достоверность различий индексов видового разнообразия на постоянной пробной площади SP1-1

**Table 3.** Statistical significance of differences in species diversity indices on permanent sample plot SP1-1

| Год | Индекс Шеннона | | Индекс Симпсона | |
|---|---|---|---|---|
| | t | p | t | p |
| 2015/2016 | 1,01 | 0,3 | 1,28 | 0,2 |
| 2015/2017 | 0,68 | 0,5 | 0,69 | 0,5 |
| 2015/2018* | 4,27 | <0,01 | 3,97 | <0,01 |
| 2015/2020 | 0,03 | 0,1 | 0,35 | 0,7 |
| 2015/2021* | 2,36 | 0,02 | 2,47 | 0,01 |
| 2015/2024* | 2,57 | 0,01 | 2,6 | <0,01 |
| Примечание: t – критерий Стьюдента, * – различия статистически значимы при p < 0,05. | | | | |

Не выявлено статистических различий для индекса Симпсона в 2015 г. и последующими годами исследования (табл. 5). Отмечен некоторый тренд в сторону уменьшения значения индекса Шеннона с 1,970 в 2015 г. до 1,539 в 2024 г. ($R^2$ = 0,32), однако данные различия также статистически незначимы (рис. 13а, см. табл. 5), следовательно, биоразнообразие экосистемы находится на стабильном уровне. Мера выравненности имеет минимум в 2015 г. (0,266) и достигает мак-

симума в 2020 г. (0,540) ($R^2$ = 0,06), свидетельствуя о возрастании спектра доминирующих видов в сообществе (см. рис. 13г, табл. 2).

Достоверное снижение индекса Шеннона (H) и увеличение индекса Симпсона (D) на ППП SP1-1 и SP1-2 указывает на снижение видового богатства и упрощение структуры сообществ. Это, вероятно, является следствием нестабильного гидрологического режима. В условиях резких колебаний уровня воды *Carex elata* вытесняет менее толерантные виды, что приводит к снижению разнообразия и формированию монодоминантных сообществ. Стабильность показателей на ППП SP1-3, по-видимому, обусловлена достаточным постоянным увлажнением вследствие положения в понижении центральной части поймы.

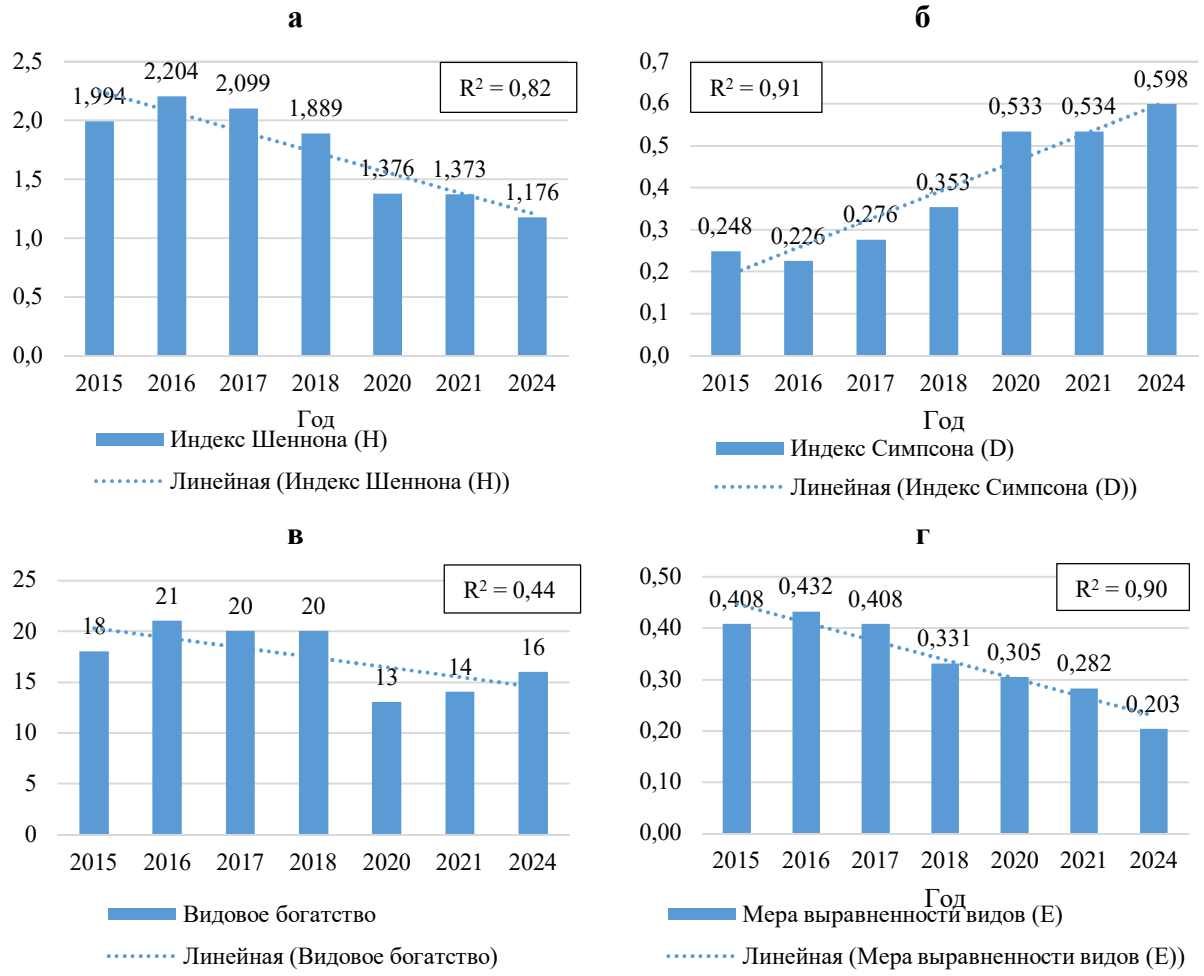



**Рис. 12.** Индексы видового разнообразия и богатства на постоянной пробной площади SP1-2
(а – индекс Шеннона (H), б – индекс Симпсона (D), в – видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$), г – мера выравненности (E))

**Fig. 12.** Indices of species diversity and richness on the permanent sample plot SP1-2
(a – Shannon index (H), б – Simpson index (D), в – species richness ($R_S$/100 m$^2$), г – evenness measure (E))

**Таблица 4.** Достоверность различий индексов видового разнообразия на постоянной пробной площади SP1-2

**Table 4.** Statistical significance of differences in species diversity indices on permanent sample plot SP1-2

| Год | Индекс Шеннона | | Индекс Симпсона | |
|---|---|---|---|---|
| | t | p | t | p |
| 2015/2016 | 0,21 | 0,8 | 0,26 | 0,8 |
| 2015/2017 | 0,27 | 0,8 | 0,98 | 0,3 |
| 2015/2018 | 1,14 | 0,25 | 1,94 | 0,05 |
| 2015/2020* | 2,87 | <0,01 | 3,2 | <0,01 |
| 2015/2021* | 3,02 | <0,01 | 3,5 | <0,01 |
| 2015/2024* | 4,04 | <0,01 | 5,3 | <0,01 |
| Примечание: t – критерий Стьюдента, * – различия статистически значимы при p < 0,05. | | | | |

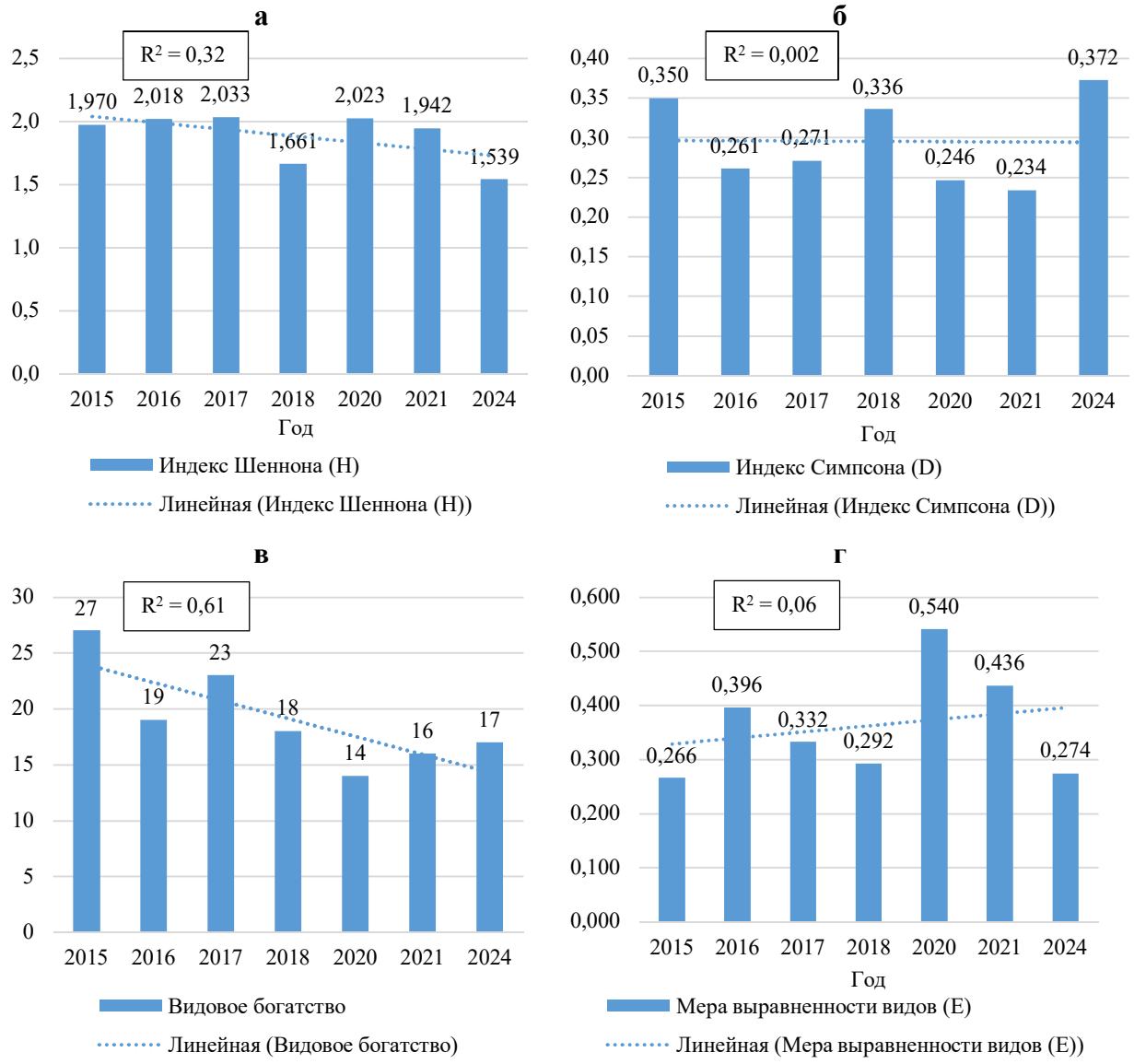



**Рис. 13.** Индексы видового разнообразия и богатства на постоянной пробной площади SP1-3
(а – индекс Шеннона (H), б – индекс Симпсона (D), в – видовое богатство ($R_S$/100 м$^2$), г – мера выравненности (E))

**Fig. 13.** Indices of species diversity and richness on the permanent sample plot SP1-3
(a – Shannon index (H), б – Simpson index (D), в – species richness ($R_S$/100 m$^2$), г – evenness measure (E))

**Таблица 5.** Достоверность различий индексов видового разнообразия на постоянной пробной площади SP1-3

**Table 5.** Statistical significance of differences in species diversity indices on permanent sample plot SP1-3

| Год | Индекс Шеннона* | | Индекс Симпсона* | |
|---|---|---|---|---|
| | t | p | t | p |
| 2015/2016 | 0,12 | 0,8 | 1,2 | 0,2 |
| 2015/2017 | 0,24 | 0,8 | 1,16 | 0,2 |
| 2015/2018 | 1,27 | 0,2 | 0,2 | 0,8 |
| 2015/2020 | 0,08 | 0,9 | 1,15 | 0,3 |
| 2015/2021 | 0,06 | 0,95 | 1,8 | 0,07 |
| 2015/2024 | 1,8 | 0,07 | 0,34 | 0,7 |
| Примечание: t – критерий Стьюдента, * – на данной постоянной пробной площади статистически значимых различий при $p < 0,05$ не выявлено. | | | | |

***Продуктивность растительных сообществ***

ППП SP1-1. На ППП общая надземная биомасса в среднем составляет 637,4 г/м$^2$, с преобладанием в ней разнотравья (340,0 г/м$^2$) и осок (246,6 г/м$^2$) и с незначительным участием злаков (46,9 г/м$^2$). Динамика общей растительной биомассы направлена в сторону ее увеличения с 467,7 г/м$^2$ (2015 г.) до 946,5 г/м$^2$ (2024 г.) ($R^2$ = 0,13, p = 0,09) (табл. 6, рис. 14а), отмечено снижение данного показателя лишь в 2020 г. – 322,2 г/м$^2$. Масса опада (579,8 г/м$^2$ в среднем) значимо возрастает, максимум данного показателя – в 2021 г. (1451,2 г/м$^2$) с превышением значения 2015 г. (195,1 г/м$^2$) в 7,5 раз ($R^2$ = 0,31, p < 0,01) (рис. 14б).

Выявлено довольно значительное ($R^2$ = 0,49, p < 0,01) снижение фитомассы злаков с 90,8 г/м$^2$ (2015 г.) до 2,5 г/м$^2$ (2024 г.) (рис. 15а). Анализ динамики надземной биомассы осоковых выявил высокую межгодовую вариабельность ($R^2$ = 0,064, p = 0,26). Тем не менее, к 2024 г. данный показатель достиг 338,3 г/м$^2$, что в 2,7 раза превышает значение 2015 г. (125,4 г/м$^2$), минимальное значение отмечено в 2020 г. – 59,7 г/м$^2$ (рис. 15б, табл. 6). Также отмечено увеличение биомассы разнотравья ($R^2$ = 0,26, p < 0,01) с 251,5 г/м$^2$ (2015 г.) до 605,7 г/м$^2$ (2024 г.) (рис. 15в, см. табл. 6).

Соотношение долей ботанических групп в общей структуре надземной растительной биомассы показали, что в данном сообществе преобладает разнотравье: его доля колеблется по годам от 43,8% до 77,3% составляя в среднем 54,7%. Доля осоковых достаточно нестабильна, варьирует по годам от 18,5% до 56,1% и составляет в среднем 36,1%. Отметим, что доля злаков с 2015–2016 гг. по 2021–2024 гг. значительно снижается с 19,4–23,9% до 0,2–0,3% соответственно (табл. 7, см. рис. 15г).

**Таблица 6.** Продуктивность и структура надземной биомассы растительных сообществ на эколого-ценотическом профиле SP1

**Table 6.** Productivity and structure of aboveground biomass of plant communities on the ecological-cenotic profile SP1

| Ботаническая группа | Надземная биомасса, г/м$^2$ (воздушно-сухое состояние) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 | 2021 | 2024 | среднее значение |
| SP 1-1 | | | | | | | | |
| Злаки | 90,8±20,9 | 138,3±26,2 | 67,9±33,1 | 14,0±12,6 | 13,3±10,2 | 1,2±1,2 | 2,5±2,5 | 46,9±12,5 |
| Осоковые | 125,4±32,4 | 132,7±99,2 | 265,6±189,3 | 365,5±111,3 | 59,7±59,7 | 439,3±258,9 | 338,3±194,2 | 246,6±57,2 |
| Разнотравье | 251,5±60,8 | 295,3±93,2 | 328,8±91,1 | 306,3±93,0 | 249,2±124,6 | 342,9±72,4 | 605,7±85,5 | 340,0±38,2 |
| Мхи | – | 13,3±9,0 | – | 14,4±14,4 | – | – | – | 4,0±2,5 |
| Общая фитомасса | 467,7±34,7 | 579,6±67,9 | 662,3±111,4 | 700,1±50,5 | 322,2±153,3 | 783,5±260,4 | 946,5±278,2 | 637,4±67,2 |
| Опад | 195,1±29,7 | 375,5±78,7 | 262,4±52,2 | 499,2±101,6 | 657,1±130,5 | 1451,2±175,4 | 618,1±171,1 | 579,8±94,8 |
| SP 1-2 | | | | | | | | |
| Злаки | 30,4±9,7 | 114,4±52,2 | 125,3±114,1 | 117,5±117,5 | 1,9±1,7 | 3,1±3,1 | 58,3±33,3 | 64,4±23,8 |
| Осоковые | 224,6±16,9 | 430,5±24,5 | 468,5±118,3 | 327,3±113,6 | 612,4±132,3 | 640,4±51,1 | 874,9±342,2 | 511,3±66,2 |
| Разнотравье | 17,9±9,8 | 18,8±6,9 | 78,4±58,6 | 108,3±102,5 | 34,8±31,4 | 49,1±23,4 | 42,8±33,6 | 50,0±16,9 |
| Хвощи | 0,5±0,5 | 11,2±4,8 | 2,8±0,8 | 5,6±4,8 | 0,4±0,4 | 2,5±2,5 | – | 3,3±1,2 |
| Папоротники | – | – | 0,3±0,3 | – | 3,3±3,3 | 0,8±0,8 | 86,7±84,1 | 13,0±12,1 |
| Мхи | – | 12,3±12,3 | 9,1±9,1 | – | – | – | – | 3,0±2,1 |
| Общая фитомасса | 273,4±15,9 | 587,2±12,2 | 684,4±260,3 | 1027,2±185,1 | 652,8±104,2 | 695,9±55,4 | 1062,7±301,2 | 711,9±77,9 |
| Опад | 226,5±30,6 | 350,9±40,5 | 629,3±140,6 | 558,7±84,5 | 670,4±146,3 | 1449,1±52,8 | 1106,7±86,1 | 713,1±93,3 |
| SP 1-3 | | | | | | | | |
| Злаки | 85,8±57,0 | 72,0±44,7 | 161,3±75,2 | 152,4±91,9 | 32,9±5,5 | 437,9±40,0 | 126,4±102,2 | 152,7±34,9 |
| Осоковые | 256,0±92,8 | 511,1±195,4 | 604,5±325,5 | 239,5±139,9 | 306,1±122,8 | 269,9±55,9 | 692,8±428,1 | 411,4±82,7 |
| Разнотравье | 93,1±36,5 | 24,7±161,6 | 115,3±111,3 | 125,7±84,7 | 171,9±109,6 | 144,8±105,8 | 49,1±47,9 | 103,5±28,0 |
| Бобовые | – | – | 0,7±0,7 | – | – | – | – | 0,1±0,1 |
| Папоротники | 2,0±1,5 | 2,1±2,1 | 0,1±8,7 | 9,6±5,1 | 26,5±0,1 | – | 1,1±1,1 | 9,7±2,8 |
| Хвощи | – | 31,1±2,1 | 18,5±0,1 | 9,5±9,6 | 0,1±26,5 | 3,3±3,3 | 6,1±6,1 | 6,4±3,9 |
| Мхи | – | 21,9±21,9 | – | 2,7±2,7 | – | – | – | 3,5±3,1 |
| Общая фитомасса | 439,2±107,3 | 662,8±187,0 | 900,5±219,1 | 547,3±103,6 | 537,5±54,0 | 855,9±89,1 | 875,5±458,4 | 687,3±78,8 |
| Опад | 252,4±40,8 | 708,8±80,8 | 488,0±225,8 | 439,5±65,4 | 682,7±179,0 | 2110,9±330,9 | 1416,1±343,3 | 841,6±148,1 |

Примечание: M – среднее значение, m – ошибка среднего значения.

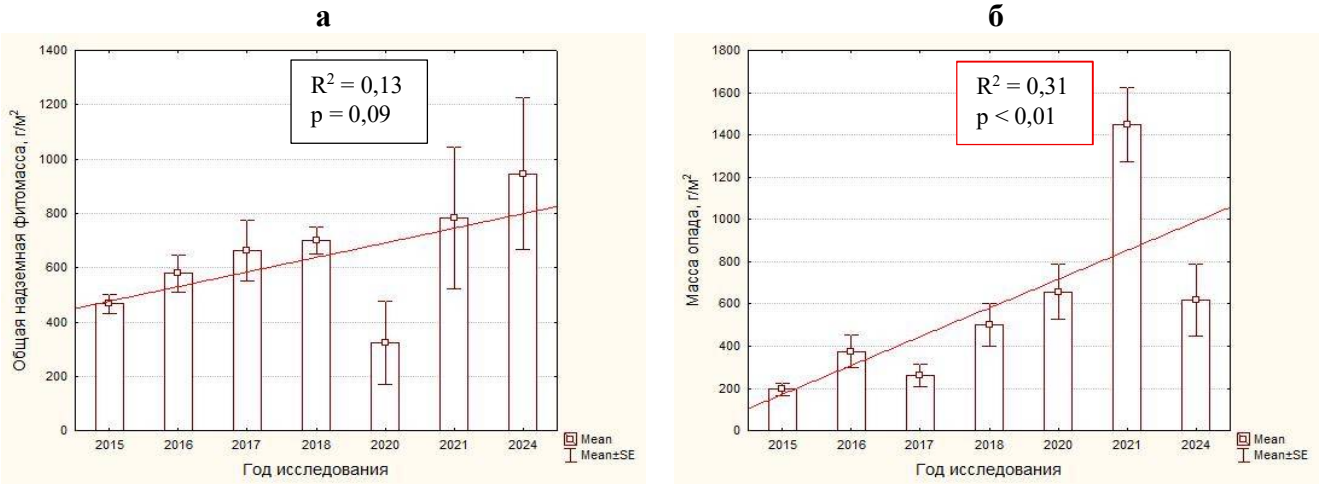



**Рис. 14.** Динамика общей надземной фитомассы (а) и массы опада (б) на постоянной пробной площади SP1-1

**Fig. 14.** Dynamic of total aboveground phytomass (a) and litter mass (б) on the permanent sample plot SP1-1

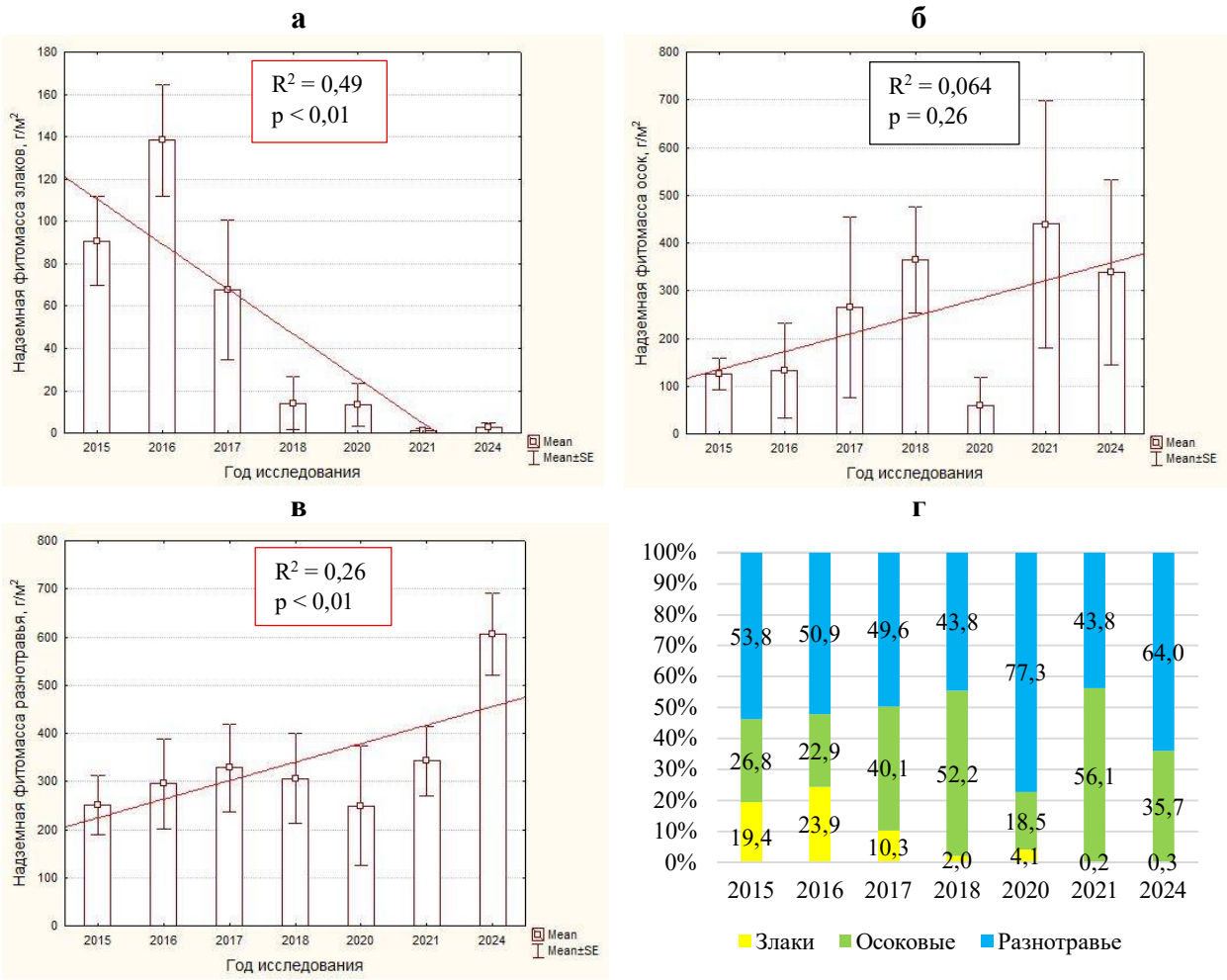



**Рис. 15.** Динамика надземной фитомассы основных ботанических групп на постоянной пробной площади SP1-1 (а–в – динамика показателей биомассы: а – злаки, б – осоковые, в – разнотравье, г – доля участия видов-доминантов в общей биомассе)

**Fig. 15.** Dynamic of the aboveground phytomass of the main botanical groups on permanent sample plot SP1-1 (а–в – dynamic of biomass indicators: a – grasses, б – sedges, в – forbs; г – proportion of dominant species to total biomass)

**Таблица 7.** Долевая структура надземной биомассы растительных сообществ на эколого-ценотическом профиле SP1

**Table 7.** Proportional structure of the aboveground biomass of plant communities on the SP1 ecological-cenotic profile

| Ботанические группы | Доля в общей структуре надземной биомассы, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 | 2021 | 2024 | среднее значение |
| SP 1-1 | | | | | | | | |
| Злаки | 19,4 | 23,9 | 10,3 | 1,9 | 4,1 | 0,2 | 0,3 | 8,6 |
| Осоковые | 26,8 | 22,9 | 40,1 | 52,2 | 18,5 | 56,1 | 35,7 | 36,1 |
| Разнотравье | 53,8 | 50,9 | 49,6 | 43,7 | 77,3 | 43,8 | 64,0 | 54,7 |
| Мхи | – | 2,3 | – | 2,1 | – | – | – | 0,6 |
| Общая фитомасса | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SP 1-2 | | | | | | | | |
| Злаки | 11,1 | 19,5 | 18,3 | 21,0 | 0,3 | 0,4 | 5,5 | 10,9 |
| Осоковые | 82,2 | 73,3 | 68,5 | 58,6 | 93,8 | 92,0 | 82,3 | 78,7 |
| Разнотравье | 6,5 | 3,2 | 11,4 | 19,4 | 5,3 | 7,1 | 4,0 | 8,1 |
| Хвощи | 0,2 | 1,9 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | – | 0,6 |
| Папоротники | – | – | 0,1 | – | 0,5 | 0,1 | 8,2 | 1,3 |
| Мхи | – | 2,1 | 1,3 | – | – | – | – | 0,5 |
| Общая фитомасса | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SP 1-3 | | | | | | | | |
| Злаки | 19,6 | 10,9 | 17,9 | 27,8 | 6,1 | 51,2 | 14,4 | 21,1 |
| Осоковые | 58,6 | 77,1 | 67,1 | 43,7 | 56,9 | 31,5 | 79,1 | 59,1 |
| Разнотравье | 21,3 | 3,7 | 12,7 | 22,9 | 31,9 | 16,9 | 5,6 | 16,5 |
| Бобовые | – | – | <0,1 | – | – | – | 0,7 | 0,1 |
| Папоротники | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 1,8 | 4,9 | – | – | 1,1 |
| Хвощи | – | 4,7 | 2,1 | 1,7 | <0,1 | 0,4 | 0,1 | 1,3 |
| Мхи | – | 3,3 | <0,1 | 0,5 | – | – | – | 0,5 |
| Общая фитомасса | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Установлена статистически значимая умеренная положительная связь (рис. 16) между надземной фитомассой злаков и суммарным количеством осадков за год ($r_s = 0,45$, $p < 0,05$).

ППП SP1-2. На данном участке показатели общей надземной биомассы наиболее высокие среди всех трех анализируемых ППП и составляют в среднем 711,9 г/м$^2$ с значительным трендом увеличения ($R^2 = 0,32$, $p < 0,01$) с 273,4 г/м$^2$ (2015 г.) до 1062,7 г/м$^2$ (2024 г.) (рис. 17а). Масса опада также имеет хорошо выраженную тенденцию к росту ($R^2 = 0,68$, $p < 0,01$), изменяясь от 226,5 г/м$^2$ в 2015 г. и до 1106,7 г/м$^2$ в 2024 г., в среднем составляя 713,1 г/м$^2$ (рис. 17б, см. табл. 6).

В исследуемом сообществе биомасса осок (511,3 г/м$^2$ в среднем) значительно превышает массу злаков (64,4 г/м$^2$) и разнотравья (50,0 г/м$^2$). Выявлен устойчивый тренд ($R^2 = 0,43$, $p < 0,01$) на увеличение фитомассы осоковых с 224,6 г/м$^2$ (2015 г.) до 874,9 г/м$^2$ (2024 г.). Значения массы злаков варьировали по годам от 1,9 г/м$^2$ (2020 г.) до 125,3 г/м$^2$ (2017 г.) ($R^2 = 0,04$, $p = 0,36$). Биомасса разнотравья довольно стабильно держится на уровне 17,9–49,1 г/м$^2$ со всплеском продуктивности (78,4–108,3 г/м$^2$) в 2017–2018 гг. ($R^2 = 0,012$, $p = 0,62$) (рис. 18). На данном ППП также отмечены хвощи (3,3 г/м$^2$) и папоротники (13,0 г/м$^2$).

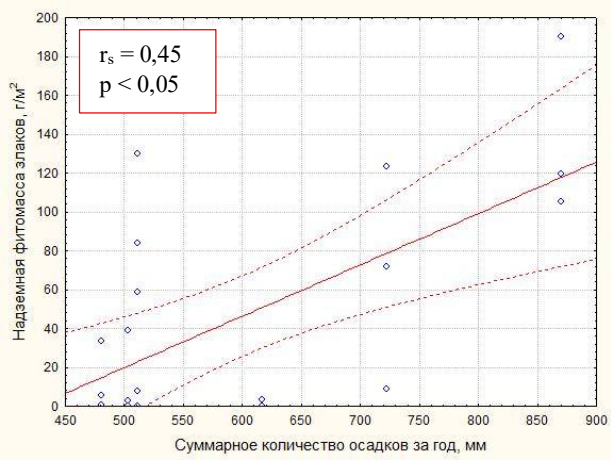



**Рис. 16.** Корреляционная зависимость надземной фитомассы злаков с суммарным количеством осадков за год на постоянной пробной площади SP1-1

**Fig. 16.** Correlation between the aboveground phytomass of grasses and total annual per years precipitation on permanent sample plot SP1-1

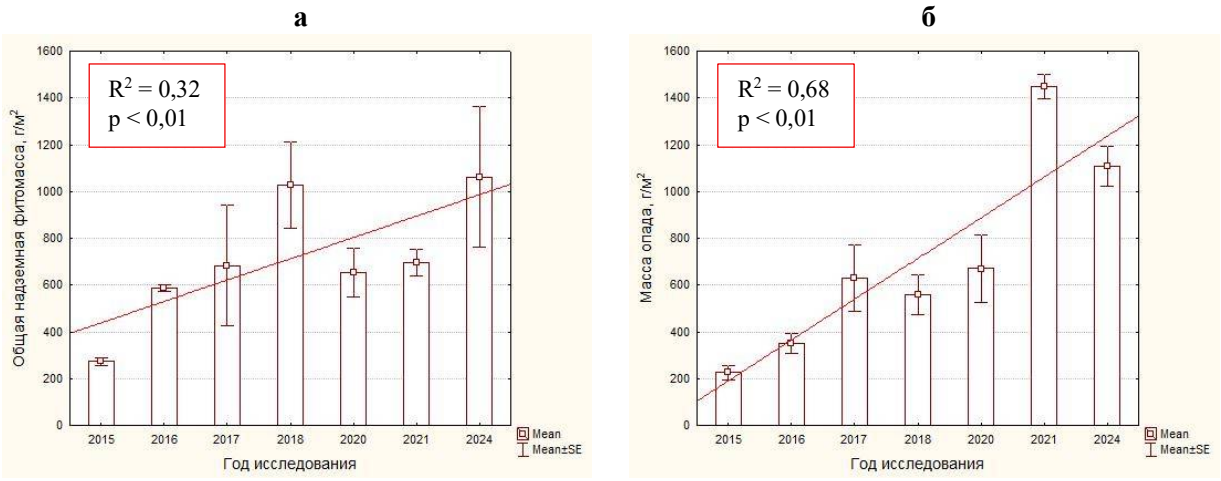



**Рис. 17.** Динамика общей надземной фитомассы (а) и массы опада (б) на постоянной пробной площади SP1-2

**Fig. 17.** Dynamic of total aboveground phytomass (a) and litter mass (б) on the permanent sample plot SP1-2

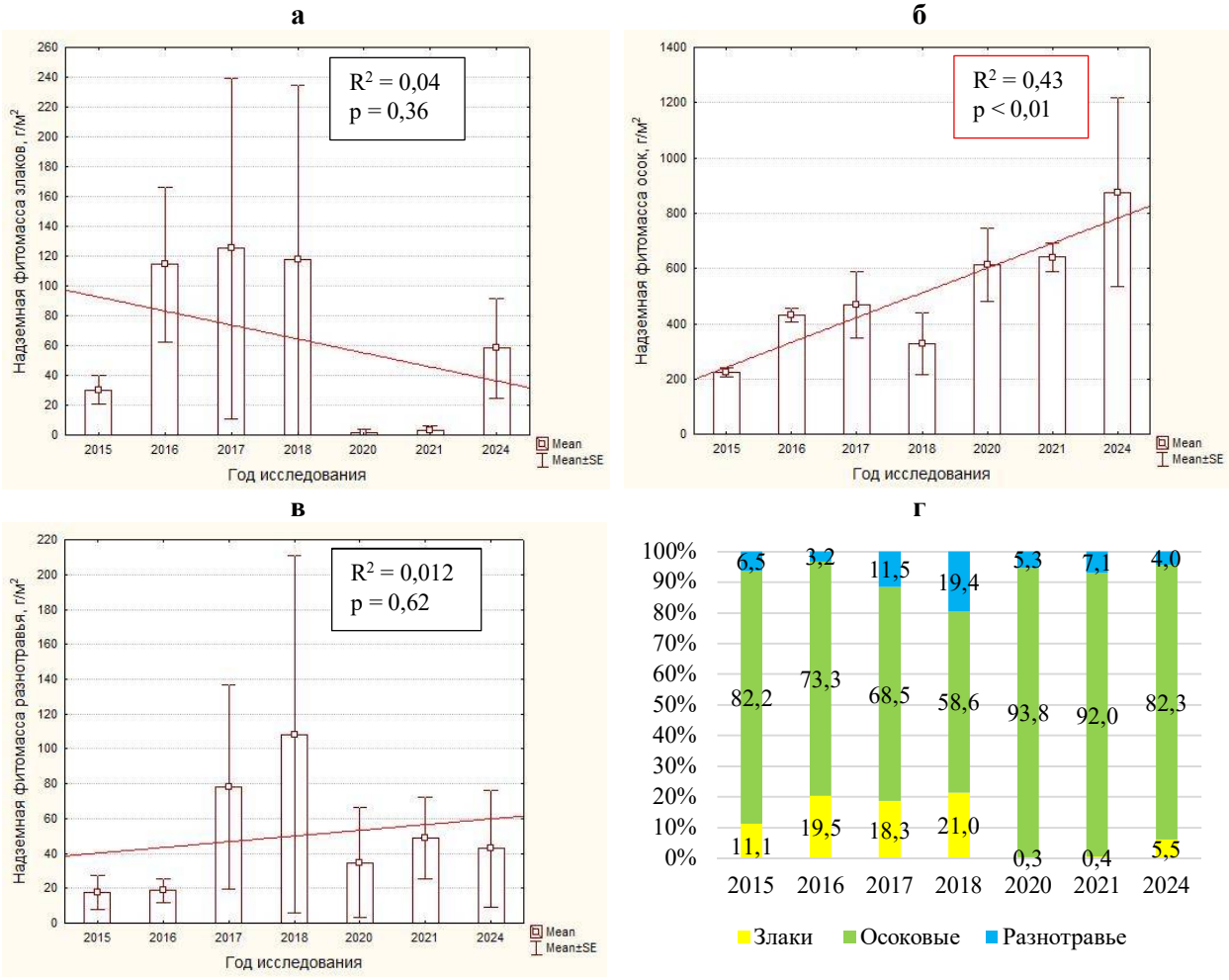



**Рис. 18.** Динамика надземной фитомассы основных ботанических групп на постоянной пробной площади SP1-2 (а–в – динамика показателей биомассы: а – злаки, б – осоковые, в – разнотравье, г – доля участия видов-доминантов в общей биомассе)

**Fig. 18.** Dynamic of the aboveground phytomass of the main botanical groups on permanent sample plot SP1-2 (а–в – dynamic of biomass indicators: a – grasses, б – sedges, в – forbs, г – proportion of dominant species to total biomass)

Преобладает доля осоковых в общей растительной биомассе, в среднем составляя 78,7% и достигая максимума в 2020 г. – 93,8%. Доля злаков в биомассе (средняя 10,9%) возрастает к 2018 г. (21,0%) и снижается в 2020–2021 гг. (0,3–0,4%). Похожий тренд по показателям доли фитомассы разнотравья (среднее 8,1%) – максимум в 2018 г. (19,4%), минимум в 2020–2024 гг. составляет 4,0–7,1% (см. рис. 18, табл. 7).

На исследуемой ППП SP1-2 отмечена прямая зависимость показателей надземной фитомассы злаков от суммарного количества осадков за год ($r_s = 0,45$, $p < 0,05$) и среднегодового уровня воды в р. Ясельда ($r_s = 0,55$, $p < 0,05$) (рис. 19).

ППП SP1-3. В пределах исследуемого сообщества средняя общая надземная биомасса составляет 687,3 г/м$^2$, а масса опада – 841,6 г/м$^2$ – наибольший показатель среди трех исследованных ППП (см. табл. 6). Показатели массы опада имеют тенденцию увеличения с течением лет (2015–2024 гг.): с 252,4 г/м$^2$ по 1416,1 г/м$^2$ ($R^2 = 0,42$, $p < 0,01$) с максимумом в 2021 г. – 2110,9 г/м$^2$ (рис. 20б).

Надземная биомасса сложена в основном осоками (411,4 г/м$^2$), довольно высоко участие злаков (152,7 г/м$^2$) и разнотравья (103,5 г/м$^2$). В сообществе практически ежегодно (кроме 2015 г.) фиксируются хвощи со средней надземной фитомассой 6,4 г/м$^2$ (см. табл. 6).

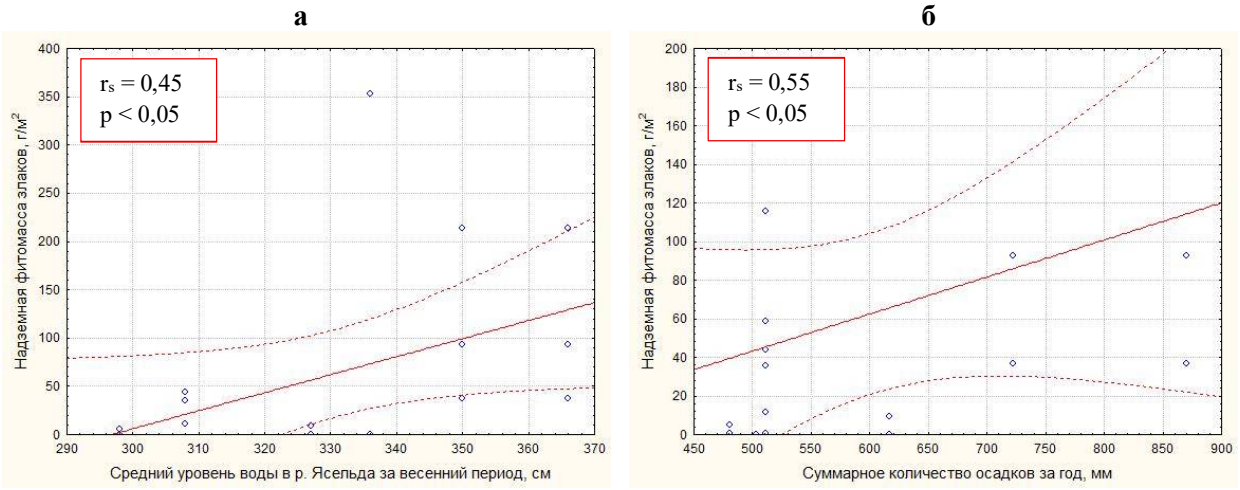



**Рис. 19.** Корреляционная зависимость надземной фитомассы злаков на постоянной пробной площади SP1-2 с уровнем воды в р. Ясельда за весенний период (а) и суммарным количеством осадков за год (б)

**Fig. 19.** Correlation between the aboveground phytomass of grasses on the permanent sample plot SP1-2 and Yaselda River water level during the spring period (a) and total annual precipitation for the year (б)

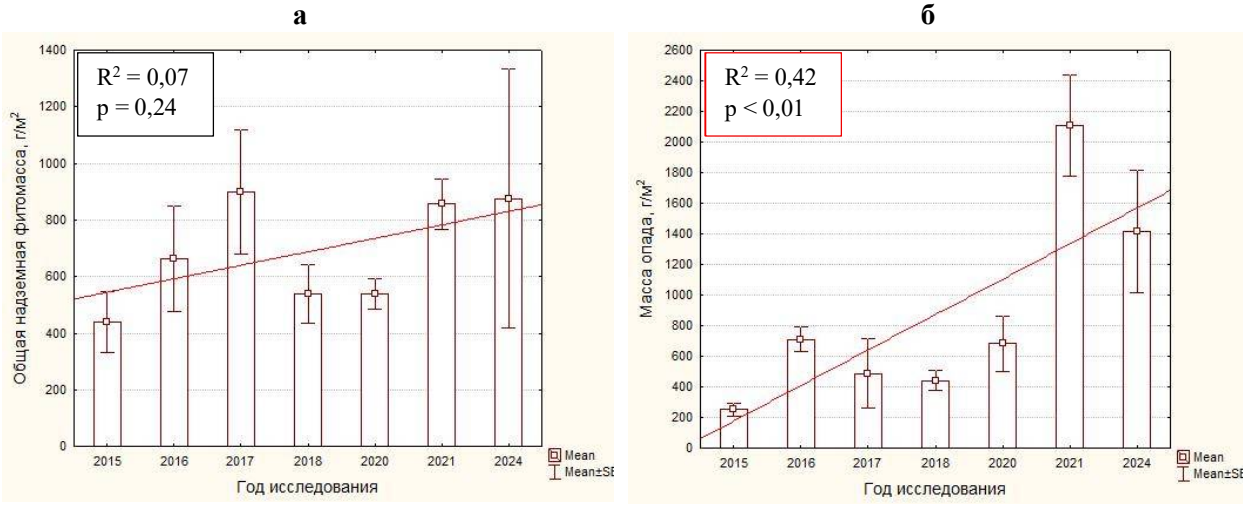



**Рис. 20.** Динамика общей надземной фитомассы (а) и массы опада (б) на постоянной пробной площади SP1-3

**Fig. 20.** Dynamic of total aboveground phytomass (a) and litter mass (б) on the permanent sample plot SP1-3

Фитомасса злаков, в целом, держится на уровне 72,0–126,4 г/м$^2$, с падением продуктивности в 2020 г. до 32,9 г/м$^2$ и последующим ее резким возрастанием до 437,9 г/м$^2$ в 2021 г. ($R^2$ = 0,065, p = 0,26). Осоковые имеют периоды более высокой (2016, 2017, 2024 гг.) – 511,1–692,8 г/м$^2$ и более низкой продуктивности (2015, 2018–2021 гг.) – 239,5–306,1 г/м$^2$ ($R^2$ = 0,022, p = 0,52). Показатели биомассы разнотравья, в основном, находятся в пределах 93,1–171,9 г/м$^2$ ($R^2$ = 0,019, p = 0,85), с падением продуктивности в 2016, 2024 гг. до 24,7–49,1 г/м$^2$ (рис. 21).

Доля злаков от общей биомассы растений составляет в среднем 21,1%, резко увеличиваясь лишь в 2021 г. – 51,2%, при этом доля осок соответственно падает до 31,5%, в среднем составляя 59,1%. Доля разнотравья в биомассе значительно изменяется по годам (3,7–31,9%), в среднем занимая 16,4% (см. рис. 21, табл. 7).

Отмечена умеренная отрицательная корреляционная связь между надземной фитомассой злаков ($r_s$ = -0,54, p < 0,05) и массой опада ($r_s$ = -0,46, p < 0,05) со среднегодовой температурой воздуха (рис. 22).

Отмечены общие для всех трех ППП тренды роста общей надземной биомассы и массы опада, иногда с довольно значительными превышениями первоначальных значений. Происходит это за счет разрастания осок и разнотравья – на всех ППП отмечена тенденция к увеличению биомассы этих ботанических групп. При этом масса злаков на ППП SP1-1 и SP1-2 существенно падает, в отличии от ППП SP1-3, где она имеет тренд на повышение.

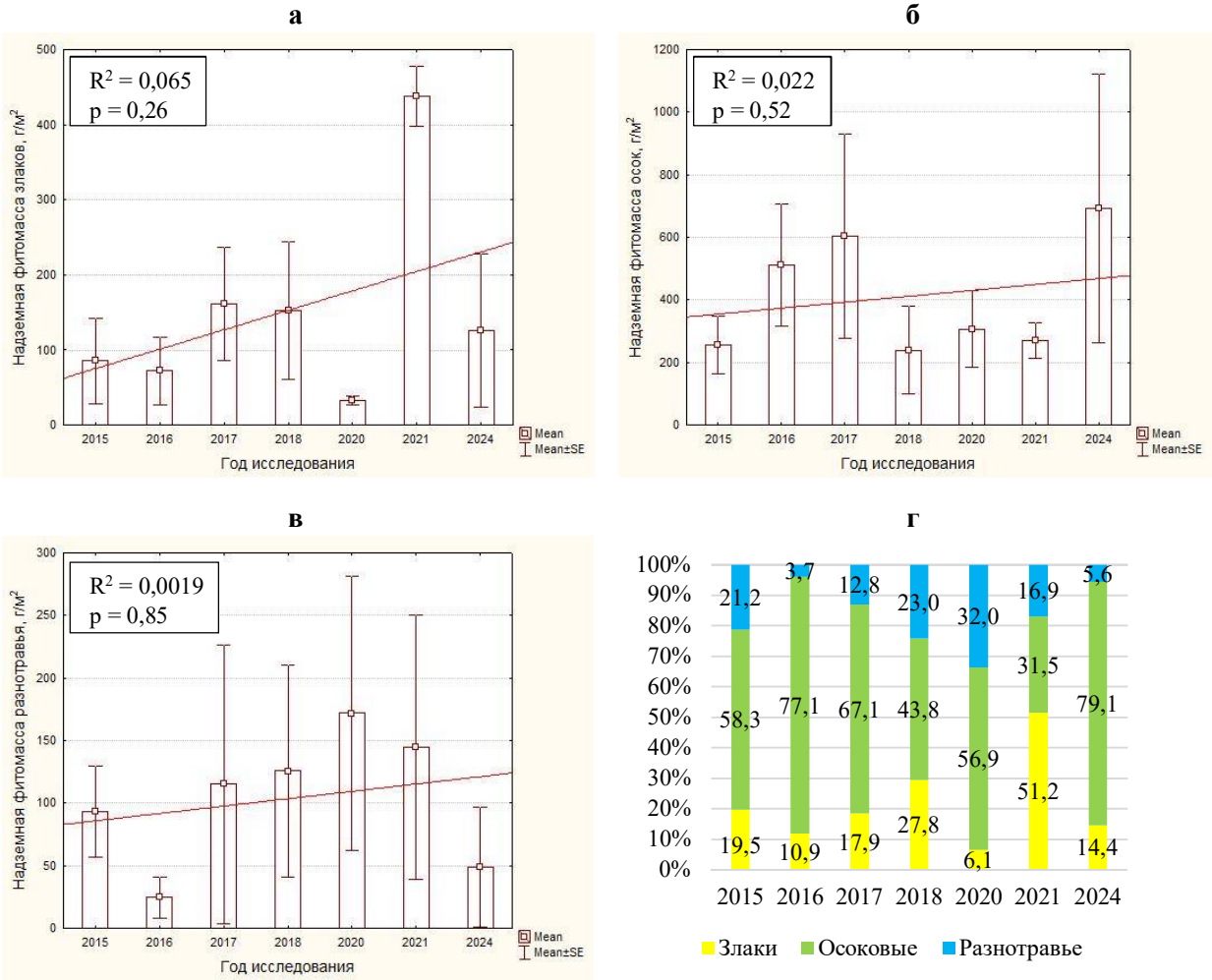



**Рис. 21.** Динамика надземной фитомассы основных ботанических групп на постоянной пробной площади SP1-3 (а–в – динамика показателей биомассы: а – злаки, б – осоковые, в – разнотравье, г – доля участия видов-доминантов в общей биомассе)

**Fig. 21.** Dynamic of the aboveground phytomass of the main botanical groups on permanent sample plot SP1-3 (а–в – dynamic of biomass indicators: a – grasses, б – sedges, в – forbs, г – proportion of dominant species to total biomass)

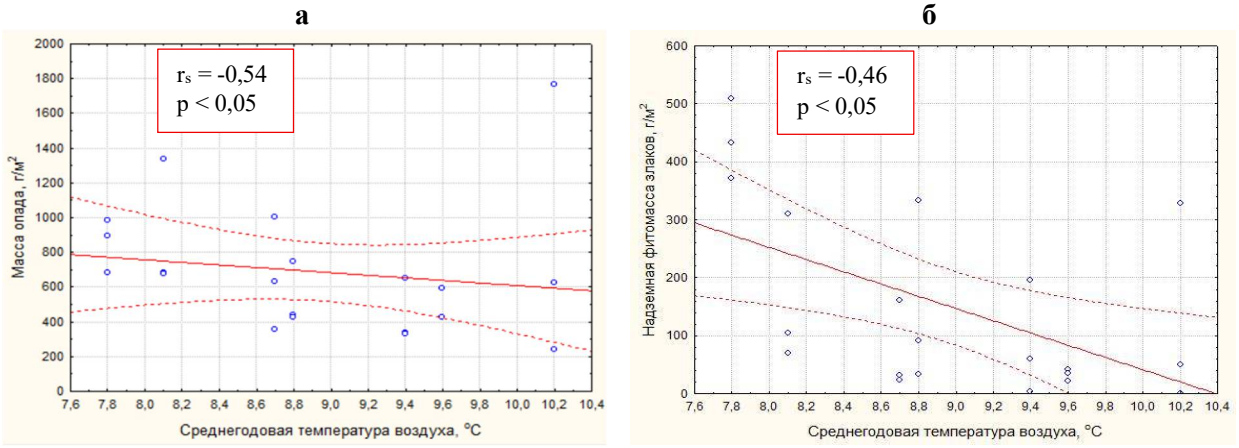



**Рис. 22.** Корреляционная зависимость массы опада (а) и надземной фитомассы злаков (б) со среднегодовой температурой воздуха на постоянной пробной площади SP1-3

**Fig. 22.** Correlation of litter mass (a) and grass aboveground phytomass (б) with mean annual air temperature on plot SP1-3

Выявленные корреляционные связи подтверждают положительную зависимость биомассы злаков от суммарного количества осадков за год и отрицательную от повышения среднегодовой температуры воздуха. Положительная связь общей продуктивности сообществ с уровнем воды в р. Ясельда за весенний период свидетельствует о том, что процесс образования растительной биомассы на болоте в значительной степени зависит от его обводненности.

## Заключение

Анализ проективного покрытия видов-доминантов за 2015–2024 гг. показал стабильное преобладание *Carex elata* на всех исследованных ППП, снижение покрытия *Calamagrostis canescens* на SP1-1 и SP1-2 и увеличение на SP1-3, разрастание *Comarum palustre* на SP1-1. Корреляционный анализ выявил положительную связь проективного покрытия *Carex elata* со среднегодовой температурой воздуха в центральной части поймы (SP1-2), умеренную зависимость *Calamagrostis canescens* от суммарного количества осадков за год, а также отрицательную связь *Comarum palustre* с количеством осадков за год ($r_s$ = -0,33, $p < 0,05$) на SP1-1. Нестабильный гидрологический режим (высокий уровень воды в 2017 г., засуха в 2020 г.) и микрорельеф обеспечивают *Carex elata* конкурентное преимущество в сравнении с другими доминирующими видами.

Снижение индекса Шеннона (H) и увеличение индекса Симпсона (D) на ППП SP1-1 и SP1-2 отражают упрощение структуры и снижение разнообразия, вероятно, из-за нестабильного гидрологического режима, где *Carex elata* вытесняет *Calamagrostis canescens* и *Comarum palustre*. На ППП SP1-3 стабильные показатели индексов, вероятно связаны с устойчивым увлажнением в понижении поймы, подчеркивая влияние гидрологии на биоразнообразие болотных экосистем.

Общая надземная биомасса и масса опада на всех ППП демонстрируют рост показателей, прежде всего, за счет массы осок и разнотравья, тогда как биомасса злаков снижается на SP1-1 и SP1-2, но возрастает на SP1-3. Корреляционный анализ подтверждает положительную зависимость массы злаков от суммарного годового количества осадков, отрицательную – от среднегодовой температуры, общей продуктивности – от уровня воды в р. Ясельда за весенний период, что, вероятно, указывает на ключевую роль обводненности в формировании биомассы болотных фитоценозов.

Проведенное исследование показывает, что динамические изменения растительности на участке пойменного болота Споровское определяются, в основном, нестабильностью гидрологического режима. Влияние проявляется как непосредственно (изменение биомассы, темпы накопления опада), так и опосредованно, через конкурентные отношения между видами-доминантами (*Carex elata, Calamagrostis canescens, Comarum palustre*). На наш взгляд, микрорельеф пойменного болота и мозаичная структура растительного покрова в сложившихся климатических и гидрологических условиях выступают одними из ключевых факторов состояния болотных экосистем, обеспечивая стабильное развитие сообществ лишь в понижениях.

## Благодарности

*Выражаем искреннюю благодарность и признательность за предоставление фондовых материалов лаборатории геоботаники и картографии растительности, помощь в полевых исследованиях и обработке данных д.б.н., доценту Д. Г. Груммо, к.б.н. Р. В. Цвирко, Д. Ю. Жилинскому, д.б.н., доценту О. В. Созинову.*

## Литература

1. Козулин, А. В. Болота Беларуси: на пути к устойчивому использованию / А. В. Козулин, Н. И. Тановицкая, Н. Н. Бамбалов. – Мн., 2017. – 105 с.
2. Скарбы прыроды Беларусі – Treasures of Belarusian Nature: Тэрыторыі, якія маюць міжнар. значэнне для захавання біял. разнастайнасці / А. В. Казулін, В. Ч. Дамброўскі, У. В. Іваноўскі [і інш]. – 2-ое выд., перапрац., дап. – Мн. : Беларусь, 2005. – 215 с.
3. Ясельда / НАН Беларуси, Полесский аграрно-экологический институт ; под ред. А. А. Волчек, И. И. Кирвель, Н. В. Михальчук. – Мн. : Беларуская навука, 2017. – 442 с.
4. Погода и климат : [сайт]. – 2006–2025. – URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/26938_2.htm (дата обращения : 15.04.2025).
5. Структура и динамика растительности пойменного болота под влиянием кошения / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик [и др.] // Материалы международного научно-практического семинара «Современные концепции и практические методы сохранения фиторазнообразия» (1–4 октября 2019, Минск-Гродно, Беларусь). – Мн. : Колорград, 2019. – С. 145–150.
6. Смирнова, О. С. Влияние кошения на биологическую продуктивность пойменного болота / О. С. Смирнова, Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо // Материалы конференции «XI Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 21 апреля 2021 г.). – СПб : БИН РАН, 2021. – С. 112–113.
7. Смирнова, О. С. Влияние кошения на структуру и динамику растительности низинного болота (заказник «Споровский», Беларусь) / О. С. Смирнова, Е. В. Мойсейчик, Н. А. Зеленкевич // Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых «Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды», г. Пермь, Россия, 25 – 27 апреля 2024 г. – Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2024. – С. 158–162.
8. Ипатов, В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин. – СПб : СПбГУ, 2008. – 71 с.
9. Лемеза, Н. А. Геоботаника. Учебная практика / Н. А. Лемеза, М. А. Джус. – Мн. : БГУ, 2015. – 128 с.
10. Шенников, А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников. – Л. : Изд-во Ленингр. гос. ун-та. 1964. – 447 с.
11. Понятовская, В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В. М. Понятовская // Полевая геоботаника. – Л., 1964, – Т. 3. – С. 209–299.
12. Сушко, Г. Г. Биометрия : учебное пособие для студентов учреждений образования по специальности 1-33 01 01 Биоэкология / Г. Г. Сушко ; под общ. ред. Н. В. Боярова. – Витебск : ВГУ П. М. Машерова, 2023. – 109 с.
13. Hammer, O. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis / O. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // Paleontological Electronica. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 9.
14. Лебедева, Н. В. Биоразнообразие и методы его оценки / Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Криволуцкий. – М. : МГУ, 1999. – 94 с.

*Поступила в редакцию 31.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Зеленкевич Наталья Алексеевна*** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Рымша Ольга Семеновна*** – младший научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Мойсейчик Екатерина Владимировна*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Зеленкевич, Н. А. Динамика растительности пойменного болота Споровское (Беларусь) / Н. А. Зеленкевич, О. С. Рымша, Е. В. Мойсейчик // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 68–87.

УДК 502.75;581.55;58.009

С. А. КОМАР[1], М. В. ЕРМОХІН[2], А. В. ПУГАЧЭЎСКІ[1], В. С. ІЎКОВІЧ[3]

# УЗРОСТАВАЯ І ВЕРТЫКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СТАРАЎЗРОСТАВЫХ ЧОРНААЛЬХОВЫХ ЛЯСОЎ (НА ПРЫКЛАДЗЕ БЯРЭЗІНСКАГА БІЯСФЕРНАГА ЗАПАВЕДНІКА)

[1]*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча НАН Беларусі, Мінск, Беларусь, e-mail: sofja.komar@gmail.com*
[2]*Батанічнае таварыства, Мінск, Беларусь*
[3]*Бярэзінскі біясферны запаведнік, в. Домжарыцы, Лепельскі раён, Віцебская вобласць, Беларусь*

**Анатацыя.** У артыкуле прадстаўлены вынікі даследаванняў натуральных балотных стараўзроставых лясоў з *Alnus glutinosa* на тэрыторыі Бярэзінскага біясфернага запаведніка. Выяўленыя асаблівасці вертыкальнай структуры змяшаных і шмат'ярусных чорнаальховых дрэвастояў паказваюць, што вольха чорная дамінуе як у верхнім полагу фітацэнозаў, так і шырока сустракаецца ў іншых дрэвавых ярусах. Другі і трэці ярусы пераважна фарміруюць *Alnus glutinosa* і *Picea abies*. Даследаваныя чорнаальховыя лясы з'яўляюцца абсалютна рознаўзроставымі з двума выразнымі пакаленнямі 21–40 і 71–90 гадоў у найбольш абводненых умовах, ступеньчата- і адносна рознаўзроставымі ў больш багатых і менш абводненых месцах росту. Ва ўсіх дрэвастоях *Alnus glutinosa* мае шырокі ўзроставы дыяпазон, што сведчыць пра бесперапынны працэс узнаўлення новага пакалення лесу, і ў больш спрыяльных умовах яна можа дасягаць узросту больш 140 гадоў.

**Ключавыя словы:** *Alnus glutinosa*, некранутыя балотныя лясы, натуральная дынаміка, ступені таўшчыні, рознаўзроставы дрэвастой.

С. А. КОМАР[1], М. В. ЕРМОХИН[2], А. В. ПУГАЧЕВСКИЙ[1], В. С. ИВКОВИЧ[3]

# ВОЗРАСТНАЯ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА)

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: sofja.komar@gmail.com*
[2]*Ботаническое общество, Минск, Беларусь*
[3]*Березинский биосферный заповедник, д. Домжерицы, Лепельский район, Витебская область, Беларусь*

**Аннотация**. В статье представлены результаты исследований естественных старовозрастных болотных лесов с участием *Alnus glutinosa* на территории Березинского биосферного заповедника. Выявленные особенности вертикальной структуры смешанных и многоярусных черноольховых древостоев показывают, что ольха черная доминирует как в верхнем пологе фитоценозов, так и широко встречается в других древесных ярусах. Второй и третий ярусы преимущественно формируют *Alnus glutinosa* и *Picea abies*. Исследованные черноольховые леса являются абсолютно разновозрастными с двумя выраженными поколениями 21–40 и 71–90 лет в наиболее обводненных условиях, а также ступенчато- и относительно разновозрастными в более богатых и менее обводненных местах произрастания. Во всех древостоях *Alnus glutinosa* имеет широкий возрастной диапазон, что свидетельствует о непрерывном процессе возобновления нового поколения леса, и в более благоприятных условиях она может достигать возраста более 140 лет.

**Ключевые слова**: *Alnus glutinosa*, нетронутые болотные леса, естественная динамика, ступени толщины, разновозрастный древостой.

S. A. KOMAR[1], M. V. YERMOKHIN[2], A. V. PUHACHEVSKIY[1], V. S. IVKOVICH[3]

# AGE AND VERTICAL STRUCTURE OF OLD-GROWTH BLACK ALDER FORESTS: A CASE FROM THE BEREZINSKY BIOSPHERE RESERVE

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: sofja.komar@gmail.com*
[2]*Botanical Society, Minsk, Belarus*
[3]*Biarezinski biosphere reserve, Domzherithy, Lepelski district, Vitsebski region, Belarus*

**Annotation.** The results of study of natural old-growth mire forests featuring *Alnus glutinosa* in the Berezinsky Biosphere Reserve present in this article. The identified features of the vertical structure of mixed and multi-layered black alder forests indicate that black alder dominates both the upper canopy of the phytocenoses and is also widespread in other tree layers. The second and third layers are primarily formed by *Alnus glutinosa* and *Picea abies*. The researched black alder forests are absolutely uneven in age with two distinct generations of 21–40 and 71–90 years in the most waterlogged conditions, as well as stepped-uneven and relatively uneven in age in richer and less waterlogged habitats. In all forest stands, *Alnus glutinosa* exhibits a wide age range, indicating a continuous process of regeneration of the new forest generation, and under more favorable conditions, it can reach an age of over 140 years.

**Keywords:** *Alnus glutinosa*, untached mire forests, natural dynamics, diameters classes, mixed-age tree stand.

## Уводзіны

Бярэзінскі біясферны запаведнік (ББЗ) з'яўляецца ўнікальнай ахоўнай тэрыторыяй, дзе на працягу стагоддзяў прыродныя экасістэмы развіваюцца без антрапагеннага ўздзеяння і знаходзяцца ў стане самаўзнаўлення і самападтрымання [1]. Такія ўмовы спрыяюць захаванню натуральных стараўзроставых лясоў [2], якія маюць высокую прыродаахоўную каштоўнасць і садзейнічаюць захаванню біяразнастайнасці і падтрыманню экалагічнага балансу [3–5].

Больш за 60% тэрыторыі ББЗ займаюць тарфяна-балотныя глебы, сярод якіх на нізінныя з глыбінёй торфу да 2 м прыпадае 30% [1]. Менавіта ўмовы эўтрофных балот з'яўляюцца аптымальнымі для росту карэнных чорнаалешнікаў [6], якія ў запаведніку займаюць плошчу больш за 16% і найбольш распаўсюджаны ў яго паўднёвай частцы. Такія лясы адрозніваюцца фітацэнатычнай і фларыстычнай разнастайнасцю і істотнай прадукцыйнасцю дрэвастояў [7].

У запаведніку сустракаюцца ўсе 9 тыпаў характэрных для Беларусі чорнаальховых лясоў [8–9], якія з улікам раслінных і глебава-гідралагічных умоў можна падзяліць на тры групы. Да першай адносяцца чорнаалешнікі балотна-папарацевыя (*Glutinoso-Alnetum thelipteridosum*) і вербалозавыя (*Glutinoso-Alnetum salicosum*), якія фарміруюцца ў моцна абводненых умовах з максімальнай застойнасцю вады. Найбольш шырока ў запаведніку распаўсюджаны балотныя ольсы другой групы, якія ўключаюць папарацевыя (*Glutinoso-Alnetum filicosum*), касачовыя (*Glutinoso-Alnetum iridosum*), вятроўнікавыя (*Glutinoso-Alnetum filipendulosum*) і асаковыя (*Glutinoso-Alnetum caricosum*) тыпы і з'яўляюцца моцнаабводненымі і моцнапраточнымі. Такія лясы спалучаюць элементы балотнай і немаральнай флоры і характаразуюцца найбольшым відавым багаццем. Трэцюю групу фарміруюць чорнаалешнікі кіслічнага (*Glutinoso-Alnetum oxalidosum*), сніткавага (*Glutinoso-Alnetum aegopodiosum*) і крапіўнага (*Glutinoso-Alnetum urticosum*) тыпаў, умовы росту якіх адрозніваюцца меншай абводненасцю глебы [7].

Важнай асаблівасцю прасторавай структуры непарушаных балотных чорнаальховых лясоў з'яўляецца выражаны мікрарэльеф (купіны рознай вышыні і паніжэнні), наяўнасць якога абумоўлена працяглым паводкавым затапленнем такіх фітацэнозаў вясной [10–11]. Выражаны нанарэльеф у чорнаалешніках сведчыць аб доўгім развіцці дрэвастояў у аднародным рэжыме ўвільгатнення і наяўнасці мазаічна-яруснай структуры ў ніжніх ярусах, а таксама спрыяе ўзбагачэнню фларыстычнага саставу балотных лясоў [12–14].

Дзякуючы спыненню гаспадарчай дзейнасці, у ББЗ адбываецца бесперапынны працэс змены пакаленняў вольхі чорнай без канчатковага распаду лесу. Чорнаальховыя лясы запаведніка з'яўляюцца рознаўзроставымі, у саставе якіх пераважае пакаленне дрэў 40–50 гадоў з прысутнасцю маладых і больш старэйшых прадстаўнікоў матчынага полагу, што забяспечвае высокую ўстойлівасць такіх дрэвастояў [7]. Распад стараўзроставых чорнаалешнікаў адбываецца ў выніку іх натуральнай спеласці з наступным працэсам узнаўлення фітацэнозаў, які ў запаведніку, па меркаванні аўтараў [15], можа працягвацца каля 30 гадоў.

Варта адзначыць, што грунтоўнае даследаванне чорнаальховых лясоў Беларусі пачалося ў 1960–1970-х гг. і было накіравана на вывучэнне асаблівасцяў іх распаўсюджвання, тыпалагічнай структуры, лесагаспадарчых уласцівасцяў [8, 9, 11, 16]. Пазнейшыя нешматлікія працы [17–18] звязаны з удакладненнем лесаводча-таксацыйных характарыстык чорнаалешнікаў. Даследаванні чорнаальховых лясоў замежнымі аўтарамі [19–20] таксама з большага звязаны з вывучэннем іх экалогіі, прадукцыйнасці і ўзнаўлення. Пытанні прасторавай структуры чорнаалешнікаў, за выключэннем некаторых узгадак [6, 15], для Беларусі раней не разглядаліся.

Такім чынам, мэта нашага даследавання – вызначыць асаблівасці ўзроставай і вертыкальнай структуры стараўзроставых чорнаальховых лясоў ББЗ, якія з'яўляюцца ўнікальнымі раслінными супольніцтвамі для разумення і прагназавання напрамкаў натуральных сукцэсій і вывучэння дынамікі эталонных лясных фітацэнозаў.

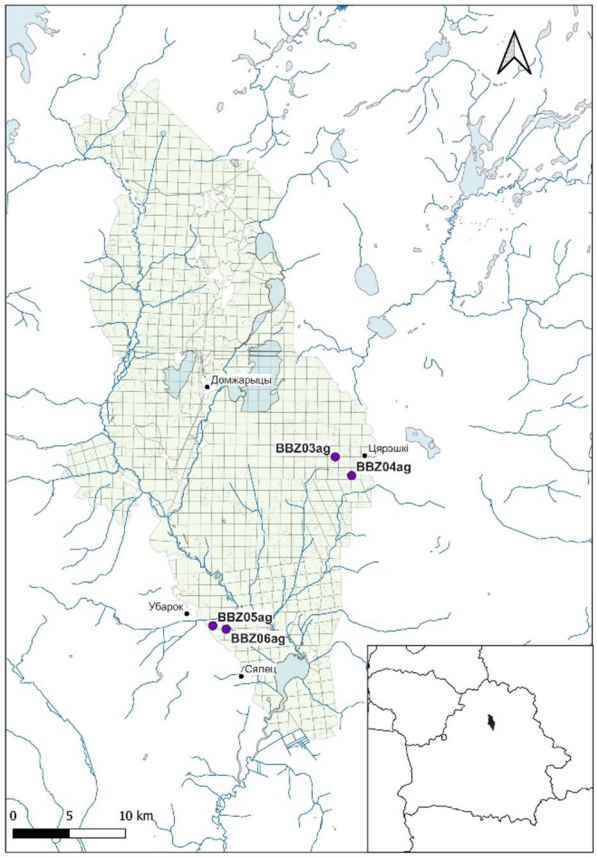
## АБ'ЕКТЫ (МАТЭРЫЯЛЫ) І МЕТАДЫ ДАСЛЕДАВАННЯЎ

Аб'ектамі нашага даследавання з'яўляліся старэйшыя за 70 гадоў балотныя чорнаальховыя лясы ББЗ, якія адабраны на падставе планаў лесанасаджэнняў і базы звестак лесаўпарадкавання. Для выяўлення асаблівасцяў вертыкальнай і ўзроставай структуры дрэвастояў закладзены 4 часовыя пробныя плошчы (ЧПП) прамавугольнай формы памерам 0,15–0,16 га ў розных тыпах лесараслінных умоў (мал. 1 і 2, табл. 1) па [21].

ЧПП ахоплівалі не менш за 90 дрэў *Alnus glutinosa* з дыяметрам больш за 6 см. На пробных плошчах, памер якіх залежаў ад самкнутасці дрэвастояў, праведзены суцэльны пералік дрэў. Для ўсіх ствалоў вымяралі: вышыня (H) і вышыня пачатку кроны ($H_{п.кр.}$) з дапамогай вышынямера HAGLOF з дакладнасцю да 0,5 м; акружнасць ствала (D) на вышыні 1,3 м з дапамогай мернай ленты з дакладнасцю 1,0 см і далейшым пералікам у дыяметр. Для вызначэння ўзроста вольхі адбіралі керны на вышыні 1–1,3 м ад паверхні зямлі з дапамогай прыроставага свідара HAGLOF па [22]. Колькасць адабраных узораў драўніны залежала ад распаўсюджвання гнілі ў ствалах дрэў і склала ад 56 да 146 на кожнай ЧПП. Усяго адабрана 335 кернаў з вольхі чорнай і 29 з іншых відаў дрэў. Вымярэнне шырыні гадавых кольцаў выконвалі па адсканаваным малюнку ў праграмным забеспячэнні ArcGIS з дакладнасцю 0,01 мм. Пры наяўнасці гадавых кольцаў шырынёй менш 0,5 мм іх вымярэнне рабілі з выкарыстаннем паўаўтамытачнай сістэмы LINTAB і праграмы TSAP-Win (Rinntech-Metriwerk GmbH & Co). Жыццёвы стан дрэў вызначалі з дапамогай [23]. Тып лесу чорнаалешнікаў указвалі ў адпаведнасці з беларускай дамінантнай класіфікацыяй [8–9] на падставе геабатанічных апісанняў.

Падрост і падлесак апісвалі на лінейных трансектах шырынёй 2 м, якія супадалі з даўжэйшым бокам пробных плошчаў. Да падроста адносілі дрэвавыя віды раслін дыяметрам да 6 см. Для падроста і падлеска вызначалі састаў, сяэднюю вышыню, гушчыню і жыццёвы стан (здаровы, прыгнечаны і які высыхае). У межах ЧПП рабілі геабатанічныя апісанні з разбіўкай па ярусах, праектыўнае пакрыццё відаў вызначалі па шкале пакрыцця-багацця Браун-Бланке [24].

Для таго, каб прасачыць натуральную дынаміку расліннасці, намі прааналізаваны гістарычныя матэрыялы лесаўпарадкавання ББЗ. Выкарыстаны даступныя звесткі планаў лесанасаджэнняў за 1952 (толькі для ЧПП *BBZ03ag* і *BBZ04ag*), 1961 і 1976 гг, аналіз якіх дазволіў выявіць напрамкі сукцэсій, якія адбываліся ў даследаваных чорнаалешніках на працягу апошніх 70 гадоў.




**Мал. 1.** Схема размяшчэння аб'ектаў даследавання
**Fig. 1.** Layout of research objects

**Табліца 1.** Кароткая характарыстыка аб'ектаў даследавання

**Table 1.** Brief description of the research trial plots

| Назва ЧПП | Квартал / выдзел | Памер ЧПП, га | Сярэдні ўзрост 1 яруса, гадоў | Тып лесу | ТУМ | Сярэдняя глыбіня торфу, м |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *BBZ03ag* | 462 / 4 | 0,15 | 79 | Вч. ас. | $C_5$ | 1,1 |
| *BBZ04ag* | 488 / 27 | 0,16 | 73 | Б. бал. пап. | $C_5$ | 2,1 |
| *BBZ05ag* | 681 / 10 | 0,16 | 82 | Вч. пап. | $C_4$ | 0,9 |
| *BBZ06ag* | 692 / 2 | 0,15 | 73 | Вч. пап. | $C_4$ | 0,5 |



BBZ03ag BBZ04ag

BBZ05ag BBZ06ag

**Мал. 2.** Даследаваныя балотныя чорнаальховыя лясы

**Fig. 2.** Appearance of researched mire black alder forests

## Вынікі даследавання і іх абмеркаванне

Закладзеныя ЧПП размяшчаюцца ў цяжкадаступных месцах ББЗ, што ў цяперашні час сведчыць пра некранутасць і непарушанасць такіх дрэвастояў. Па звестках [25], усе даследаваныя чорнаальховыя лясы маюць натуральнае паходжанне і сфарміраваны без уплыву антрапагеннай дзейнасці.

***Састаў фітацэнозаў***

ЧПП *BBZ03ag* закладзена ў чорнаалешніку асаковым з сярэдняй глыбінёй торфу 1,1 м (табл. 2). У 1952 г. на гэтым месцы знаходзіўся чорнаалешнік VI класа ўзроста з паўнатой 0,3. У 1961 г. у гэтых умовах развіваўся чорнаальховы дрэвастой вятроўнікавага тыпу VI класа ўзроста з паўнатой 0,6. Падлесак фарміравалі *Frangula alnus*, *Salix sp.*, а жывое наглебавае покрыва (ЖНП) – *Carex* sp., *Phragmites australis*, *Rhododendron tomentosum*, *Sphagnum* sp. У 1976 г. на месцы пробнай плошчы знаходзіўся чорнаалешнік III класа ўзроста.

У наш час гэта змяшаны трох'ярусны дрэвастой, у верхнім полагу якога дамінуе *Alnus glutinosa*. *Picea abies* з'яўляецца ў саставе другога і трэцяга ярусаў. *Betula pubescens* сустракаецца ў кожным дрэвавым ярусе, але пад полагам яе ўдзел паступова змяншаецца. Падрост фарміруюць *Alnus glutinosa*, *Picea abies* і *Betula pubescens*, падлесак – *Frangula alnus* і *Sorbus aucuparia* (табл. 3). У ЖНП дамінуюць *Carex elongata*, *C. vesicaria*, *C. riparia*, *Thelypteris palustris*. Такім чынам, на працягу апошніх 70 гадоў на месцы ЧПП *BBZ03ag* бесперапынна развіваецца балотны чорнаальховы лес.

ЧПП *BBZ04ag* знаходзіцца ў змяшаным балотна-папарацевым дрэвастоі з *Betula pubescens* і *Alnus glutinosa* з сярэдняй глыбінёй торфу 2,1 м (гл. табл. 2). У 1952 г. на месцы даследаванняў быў бярэзнік VI класа ўзроста з паўнатой 0,5. Па звестках за 1961 г. у гэтых лесараслінных умовах рос бярэзнік асаковы (*Pubescentio–Betuletum ca-*

*ricosum*) III класа ўзроста з паўнатой 0,5. У падлеску пераважалі *Salix* sp., *Frangula alnus*, у ЖНП – *Filipendula ulmaria*, *Carex* sp., *Urtica* sp., *Thelypteris palustris*. У 1976 г. тут працягваў развівацца бярэзнік III класа ўзроста.

У цяперашні час гэта трох'ярусны дрэвастой, дзе *Alnus glutinosa* з'яўляецца эдыфікатарам. *Picea abies* сустракаецца ва ўсіх дрэвавых ярусах, але пераважае ў другім і трэцім. *Betula pubescens* найбольш шырока распаўсюджана ў верхнім полагу, але ў ніжніх ярусах яна амаль знікае. У падросце сустракаюцца *Alnus glutinosa*, *Picea abies* і *Betula pubescens*, у падлеску – *Frangula alnus*, *Ribes spicatum*, *Salix* sp. (гл. табл. 3). У ЖНП з большага прадстаўлены *Thelypteris palustris*, *Carex elongata*, *C. riparia*, *Phragmites australis*. Варта адзначыць, што апошнія 70 гадоў на месцы ЧПП *BBZ04ag* адбываюцца паступовыя сукцэсійныя працэсы змены бярозавага дрэвастою на чорнаальховы.

ЧПП *BBZ05ag* размешчана ў чорнаалешніку папарацевым з сярэдняй глыбінёй торфу 0,9 м (гл. табл. 2). У 1961 г. на месцы даследавання рос чорнаалешнік II класа ўзроста. У 1976 г. тут развіваўся чорнаалешнік вятроўнікавы V класа ўзроста з паўнатой 0,7. У падрост уваходзілі *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Picea abies*, у падлесак – *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, *Salix* sp.

У наш час гэта змяшаны трох'ярусны дрэвастой, у верхнім полагу якога дамінуе *Alnus glutinosa*, а ў ніжніх ярусах яе доля паступова змяншаецца. У другім і трэцім ярусах узрастае ўдзел *Picea abies*, таксама адзінкава прысутнічаюць *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Betula pubescens*. Падрост прадстаўлены *Alnus glutinosa*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, падлесак – *Ribes nigrum*, *Frangula alnus*, *Viburnum opulus*, *Sorbus aucuparia*, *Corylus avellana* (гл. табл. 3). ЖНП фарміруюць *Ranunculus repens*, *Cirsium oleraceum*, *Filipendula ulmaria*. Такім чынам, апошнія 70 гадоў у дрэвастоі ідуць бесперапынныя працэсы натуральнага самаўзнаўлення вольхі чорнай.

ЧПП *BBZ06ag* знаходзіцца ў чорнаалешніку папарацевым з сярэдняй глыбінёй торфу 0,5 м (гл. табл. 2). У 1961 г. на месцы даследавання рос бярэзнік VIII класа ўзроста. У 1976 г. тут знаходзіўся бярэзнік балотна-разнатраўны IX класа ўзроста з паўнатой 0,7. У падросце дамінавалі *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, у падлеску – *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Ribes* sp.

У цяперашні час гэта змяшаны двух'ярусны дрэвастой, у верхнім полагу якога дамінуе *Alnus glutinosa*, а ў другім ярусе ўзрастае доля *Picea abies* і ў нязначнай колькасці прысутнічаюць *Quercus robur* і *Betula pubescens*. Падрост фарміруюць *Alnus glutinosa*, *Picea abies*, *Betula pubescens*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, падлесак – *Ribes nigrum*, *Frangula alnus*, *Viburnum opulus*, *Sorbus aucuparia*, *Corylus avellana.* (гл. табл. 3). У ЖНП дамінуюць *Ranunculus repens*, *Cirsium oleraceum*, *Carex acutiformis*, *C. elongata*. Варта адзначыць, што за апошнія 70 гадоў на месцы даследавання адбылася паступовая трансфармацыя бярозавага дрэвастою ў чорнаальховы.

***Размеркаванне дрэў па ступенях таўшчыні***

У дрэвастоі на ЧПП *BBZ03ag* пераважаюць малыя дрэвы *Alnus glutinosa* з таўшчынёй ствала ад 6 да 10 см (мал. 3). У высокіх ступенях таўшчыні вольха размешчана больш раўнамерна і мае невялікія пікі ў 16 і 28 см, пры гэтым асобныя дрэвы дасягаюць дыяметра больш за 57 см. Такое размеркаванне *Alnus glutinosa* указвае на натуральныя змены ў непарушаных лясах і можа сведчыць пра абсалютную ці ступеньчатую рознаўзроставасць дрэвастою. *Picea abies* мае выражанае гамма-размеркаванне з дамінаваннем дрэў меншага дыяметра і рэзкім змяншэннем іх колькасці ў большых дыяметрах. Амаль усе дрэвы елкі знаходзяцца ў дыяпазоне ад 6 да 22 см, а больш тоўстыя з дыяметрам да 50 см сустракаюцца адзінкава. Гэта сведчыць пра актыўнае ўзнаўленне *Picea abies* і наяўнасць адзінкавых старых дрэў папярэдніх пакаленняў. Размеркаванне дрэў *Betula pubescens* па дыяметры мае два пікі: у 6–14 см і 22–26 см.

На ЧПП *BBZ04ag* размеркаванне *Alnus glutinosa* па дыяметрах аналагічна, як і на ЧПП *BBZ03ag*: вялікі максімум у тонкіх ступенях, раўнамернае размяшчэнне ў больш высокіх ступенях з двума пікамі ў 20 і 28 см, але з агульнай меншай колькасцю дрэў у высокіх ступенях і адсутнасцю вельмі тоўстых дрэў (гл. мал. 3). *Picea abies* мае выражанае гамма-размеркаванне з дамінаваннем дрэў меншага дыяметра і рэзкім змяншэннем іх колькасці ў большых ступенях таўшчыні. Дыяметры елкі дасягаюць 28 см, больш тоўстых дрэў не выяўлена. *Betula pubescens* мае нармальнае размеркаванне па ступенях таўшчыні з пікам у 20 см, дзе цалкам адсутнічаюць самыя тонкія дрэвы, але назіраецца павелічэнне іх колькасці ў ступені 36 см. Такое размяшчэнне бярозы разам з практычнай адсутнасцю падроста (гл. табл. 3) сведчыць пра яе вельмі слабое ўзнаўленне і паступовую замену бярозавага дрэвастою на ялова-чорнаальховы.

На ЧПП *BBZ05ag* размеркаванне дрэў *Alnus glutinosa* мае добра адлюстраваную двухвяршыннасць: максімальны пік у ступенях 8–12 см і меншы ў ступенях 32–40 см (гл. мал. 3). Таксама сустракаюцца вольхі дыяметрам да 56 см. Такое размеркаванне можа сведчыць пра наяўнасць як мінімум двух узроставых пакаленняў. *Picea abies*

**Табліца 2.** Характарыстыка даследаваных чорнаальховых лясоў

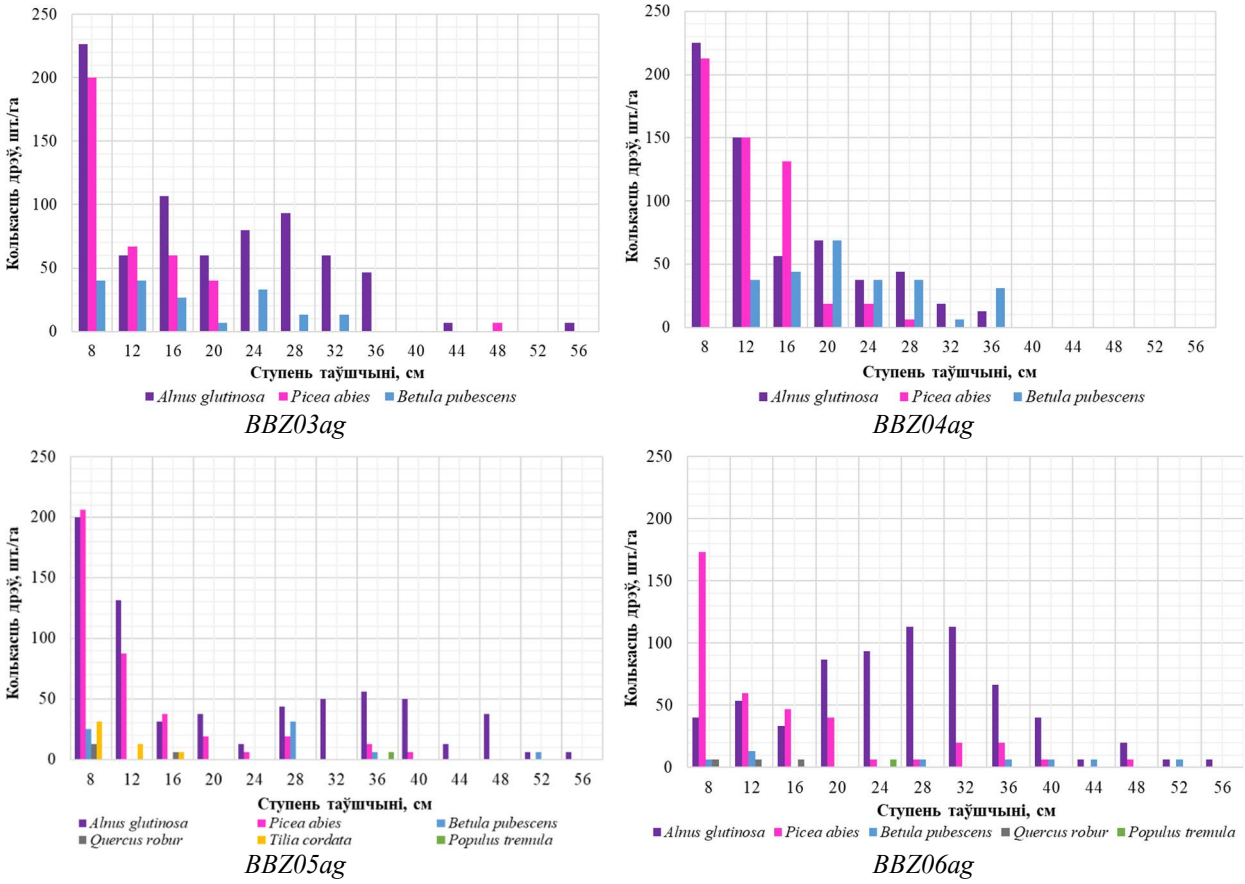
**Table 2.** Characteristics of the studied black alder forests

| Назва ЧПП | Тып лесу, ТУМ | Ярус | Сярэдні ўзрост вольхі, гадоў | Састаў дрэвастою | Па-рода | Dсяр., см | Hсяр., м | $H_{п.кр.}$сяр., м | Баніт-эт | Гушчыня, шт./га | Сума плошчаў сечываў G, м²/га | Адносная паўната | Запас, м³/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *BBZ03ag* | Вч. ас., $C_5$ | 1 | 80 | 82Вч18Бп | Вч | 31,3 | 22,1 | 10,9 | II | 240 | 18,5 | 0,52 | 184,0 |
| | | | | | Бп | 25,4 | 23,0 | 11,7 | | 73 | 3,7 | 0,12 | 39,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **313** | **22,2** | **0,64** | **223,0** |
| | | 2 | 56 | 66Вч27Е7Бп | Вч | 16,5 | 15,3 | 7,2 | – | 393 | 8,4 | 0,32 | 63,0 |
| | | | | | Е | 17,8 | 13,6 | 2,8 | | 147 | 3,7 | 0,11 | 25,0 |
| | | | | | Бп | 11,8 | 14,3 | 8,7 | | 87 | 1,0 | 0,04 | 7,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **627** | **13,1** | **0,47** | **95,0** |
| | | 3 | 33 | 77Е20Вч3Бп | Е | 9,5 | 7,5 | 1,7 | – | 227 | 1,6 | 0,08 | 7,2 |
| | | | | | Вч | 7,0 | 8,8 | 4,4 | | 107 | 0,4 | 0,02 | 1,9 |
| | | | | | Бп | 7,4 | 9,3 | 6,4 | | 13 | 0,1 | – | 0,3 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **347** | **2,1** | **0,1** | **9,4** |
| | | | | | **Разам па ярусах** | | | | | **1 287** | **37,4** | **1,21** | **327,4** |
| *BBZ04ag* | Бп. бп., $C_5$ | 1 | 74 | 54Бп40Вч6Е | Бп | 25,4 | 20,2 | 11,9 | II | 206 | 10,4 | 0,37 | 98,0 |
| | | | | | Вч | 25,8 | 19,7 | 9,4 | | 150 | 7,8 | 0,24 | 72,0 |
| | | | | | Е | 23,7 | 19,1 | 8,2 | | 25 | 1,1 | 0,03 | 10,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **381** | **19,3** | **0,64** | **180,0** |
| | | 2 | 45 | 46Вч46Е8Бп | Вч | 13,4 | 12,7 | 5,4 | – | 344 | 4,8 | 0,20 | 31,0 |
| | | | | | Е | 14,0 | 12,0 | 4,2 | | 319 | 4,9 | 0,17 | 31,0 |
| | | | | | Бп | 13,3 | 14,7 | 7,7 | | 56 | 0,8 | 0,03 | 6,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **719** | **10,5** | **0,4** | **68,0** |
| | | 3 | 28 | 63Е37Вч | Е | 7,8 | 6,6 | 2,1 | – | 194 | 0,9 | 0,05 | 4,0 |
| | | | | | Вч | 7,7 | 6,6 | 2,8 | | 119 | 0,6 | 0,04 | 2,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **313** | **1,5** | **0,09** | **6,0** |
| | | | | | **Разам па ярусах** | | | | | **1 413** | **31,3** | **1,13** | **254,0** |
| *BBZ05ag* | Вч. пап., $C_4$ | 1 | 83 | 81Вч11Бп6Е2Ас, адз. Д | Вч | 37,2 | 24,1 | 11,7 | I | 288 | 31,3 | 0,84 | 340,0 |
| | | | | | Бп | 33,1 | 25,2 | 14,3 | | 44 | 3,8 | 0,12 | 43,0 |
| | | | | | Е | 33,7 | 23,7 | 8,7 | | 25 | 2,2 | 0,05 | 25,0 |
| | | | | | Ас | 37,6 | 25,5 | 14,4 | | 6 | 0,7 | 0,02 | 8,0 |
| | | | | | Д | 16,6 | 25,8 | 13,1 | | 6 | 0,1 | – | 2,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **369** | **38,1** | **1,03** | **418,0** |
| | | 2 | 39 | 47Вч45Е5Лп3Д | Вч | 13,6 | 13,8 | 6,2 | – | 225 | 3,3 | 0,13 | 22,0 |
| | | | | | Е | 18,6 | 14,0 | 3,6 | | 106 | 2,9 | 0,09 | 21,0 |
| | | | | | Лп | 13,0 | 14,0 | 5,2 | | 25 | 0,3 | 0,01 | 2,0 |
| | | | | | Д | 17,8 | 19,2 | 10,9 | | 6 | 0,2 | 0,01 | 1,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **362** | **6,7** | **0,24** | **46,0** |
| | | 3 | 18 | 58Е33Вч4Бп4Лп1Д | Е | 8,9 | 7,5 | 1,9 | – | 263 | 1,6 | 0,08 | 7,0 |
| | | | | | Вч | 8,4 | 8,7 | 3,9 | | 156 | 0,9 | 0,05 | 4,0 |
| | | | | | Бп | 7,2 | 9,6 | 5,6 | | 25 | 0,1 | 0,01 | 0,5 |
| | | | | | Д | 6,7 | 5,8 | 1,8 | | 13 | 0,04 | – | 0,2 |
| | | | | | Лп | 8,2 | 6,6 | 2,0 | | 25 | 0,1 | 0,01 | 0,5 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **482** | **2,7** | **0,15** | **12,2** |
| | | | | | **Разам па ярусах** | | | | | **1 213** | **47,5** | **1,42** | **476,2** |
| *BBZ06ag* | Вч. пап., $C_4$ | 1 | 73 | 78Вч13Е8Бп1Ас | Вч | 30,7 | 23,0 | 12,3 | I | 573 | 42,3 | 1,17 | 449,0 |
| | | | | | Е | 30,7 | 20,7 | 6,6 | | 93 | 6,9 | 0,17 | 72,0 |
| | | | | | Бп | 34,6 | 21,8 | 13,3 | | 47 | 4,4 | 0,15 | 48,0 |
| | | | | | Ас | 23,6 | 24,8 | 18,0 | | 7 | 0,3 | 0,01 | 4,0 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **720** | **53,9** | **1,50** | **573,0** |
| | | 2 | 58 | 64Е28Вч7Д1Бп | Е | 11,4 | 8,4 | 2,0 | – | 293 | 3,0 | 0,14 | 16,0 |
| | | | | | Вч | 11,9 | 11,5 | 4,7 | | 107 | 1,2 | 0,05 | 7,0 |
| | | | | | Д | 13,2 | 13,5 | 3,8 | | 20 | 0,3 | 0,01 | 2,0 |
| | | | | | Бп | 8,9 | 5,9 | 0,3 | | 7 | 0,04 | - | 0,1 |
| | | | | | **Разам** | | | | | **427** | **4,5** | **0,2** | **25,0** |
| | | | | | **Разам па ярусах** | | | | | **1 147** | **58,4** | **1,70** | **598,0** |

**Табліца 3.** Характарыстыка падросту і падлеску даследаваных чорнаальховых лясоў

**Table 3.** Characteristics of the undergrowth and understory of the studied black alder forests

| Назва ЧПП | Састаў падросту | $H_{сяр}$ падросту, м | Колькасць падросту, шт./га | Віды ў падлеску | $H_{сяр}$ падлеску, м | Гушчыня падлеску |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *BBZ03ag* | 7Е3Вч+Бп | 1,4 | 2533 | *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia* | 0,9 | рэдкі |
| *BBZ04ag* | 6Е3Вч1Бп | 1,4 | 2813 | *Frangula alnus*, *Ribes spicatum*, *Salix* sp. | 1,1 | рэдкі |
| *BBZ05ag* | 7Е2Вч1Я+Д | 1,4 | 2938 | *Ribes nigrum*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, *Corylus avellana*, *Viburnum opulus* | 1,4 | сярэдняй гушчыні |
| *BBZ06ag* | 7Е2Я1Вч+Бп+Д | 1,2 | 3333 | *Ribes nigrum*, *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Corylus avellana*, *Viburnum opulus* | 1,1 | сярэдняй гушчыні |




**Мал. 3.** Размеркаванне дрэў па ступенях таўшчыні

**Fig. 3.** Distribution of trees by diameters classes

мае выразнае гамма-размеркаванне з вялікай колькасцю дрэў у тонкіх ступенях таўшчыні (8–12 см) і значна меншай іх колькасцю ў больш тоўстых ступенях, пры гэтым асобныя елкі дасягаюць дыяметра 40 см. *Betula pubescens* мае шырокі дыяпазон з найбольшай колькасцю дрэў ў ступені 28 см.

На ЧПП *BBZ06ag Alnus glutinosa* мае выразнае нармальнае размеркаванне па дыяметрах з максімальнай яе колькасцю ў ступенях 28 і 32 см (гл. мал. 3). Асобныя вольхі дасягаюць дыяметра 56 см, таксама назіраецца невялікі яе пік у тонкіх ступенях таўшчыні. *Picea abies* мае выразнае гамма-размеркаванне з дамінаваннем тонкіх дрэў і рэзкім зніжэннем іх колькасці ў высокіх ступенях, пры гэтым асобныя дрэвы дасягаюць дыяметра 48 см. *Betula pubescens* сустракаецца ў нязначнай колькасці (да 10 шт./га) у розных ступенях таўшчыні ад 8 да 52 см.

Размеркаванне дрэў па ступенях таўшчыні сведчыць пра эдыфікатарную ролю *Alnus glutinosa* у даследаваных фітацэнозах. Амаль на ўсіх

пробных плошчах яна як дамінуе ў першым ярусе, так і адбываецца яе паспяховае ўзнаўленне і змена пакаленняў. У тонкіх ступенях таўшчыні разам з вольхай пераважае *Picea abies*, што ў далейшым можа прывесці да фарміравання змяшаных ялова-чорнаальховых дрэвастояў, асабліва ў менш абводненых умовах на ЧПП *BBZ05ag* і *BBZ06ag*.

***Вертыкальная структура дрэвастояў***

Даследаваныя дрэвастоі маюць адметную вертыкальную структуру (мал. 4). На ўсіх пробных плошчах *Alnus glutinosa* мае шырокі дыяпазон распаўсюджвання крон дрэў у залежнасці ад вышыні.

На ЧПП *BBZ03ag* і *BBZ04ag* размеркаванне вольхі аднавяршыннае, і найбольшая канцэнтрацыя крон адпаведна знаходзіцца ў вышынях 11–14 м і 8–11 м, дзе сустракаюцца дрэвы першага і другога ярусаў. На ЧПП *BBZ05ag*, дзе добра выражаны два ярусы вольхі, размеркаванне дрэў па вышыні двухвяршыннае ў 9–12 м і 19–21 м. На ЧПП *BBZ06ag* дрэвы вольхі маюць аднавяршыннае размеркаванне з пікам у 16–19 м.

*Alnus glutinosa* дамінуе ў саставе першага яруса ўсіх даследаваных дрэвастояў, за выключэннем ЧПП *BBZ04ag*, дзе пакуль нязначна пераважае *Betula pubescens*, і звычайна фарміруе другі ярус. *Betula pubescens* раўнамерна размеркавана ў полагу дрэвастояў, і яе кроны распаўсюджаны на вышынях 14–23 м. Кроны *Picea abies* найчасцей сустракаюцца на вышынях 4–6 м, што сведчыць пра яе дамінаванне ў ніжніх ярусах дрэвастояў. *Populus tremula* рэдка прысутнічае ў першым ярусе на ЧПП *BBZ05ag* і *BBZ06ag*, а такія дрэвы, як *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, адзінкава ўваходзяць у састаў другога і трэцяга ярусаў на ЧПП *BBZ05ag* і *BBZ06ag*.

Аналіз вертыкальнай структуры даследаваных фітацэнозаў паказвае, што на ўсіх пробных плошчах *Alnus glutinosa* сустракаецца ў кожным дрэвавым ярусе, але звычайна дамінуе ў першым і другім. *Betula pubescens* пераважна распаўсюджана ў верхнім полагу найбольш абводненых чорнаалешнікаў асаковага і балотна-папарацевага тыпаў, але ў ніжніх ярусах доля яе ўдзелу значна зніжаецца. У адрозненне ад больш ценетрывалай вольхі, яна хутчэй выпадае з састава ніжніх ярусаў дрэвастояў. У верхнім полагу *Betula pubescens* знікае раней за *Alnus glutinosa*, бо яе максімальна магчымы ўзрост ніжэй. У сваю чаргу, другі і трэці ярус даследаваных чорнаалешнікаў актыўна фарміруюць *Picea abies* і *Alnus glutinosa*, якія ў будучым змогуць сфарміраваць верхні полаг дрэвастояў пры захаванні сучасных гідралагічных умоў.

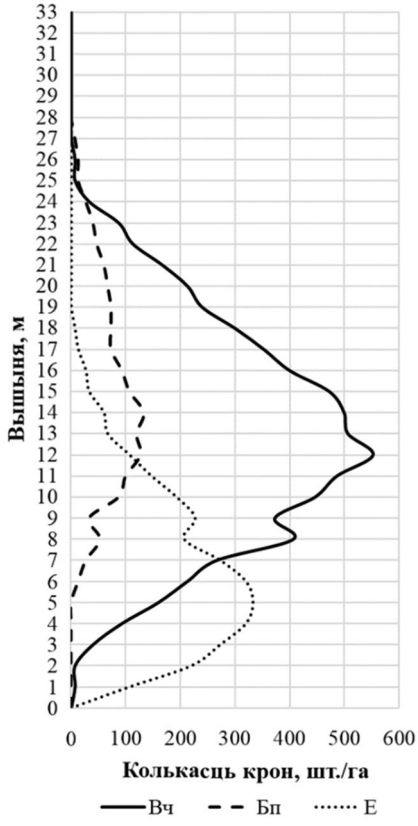
***Узроставая структура дрэвастояў***

Узроставая структура дрэў *Alnus glutinosa* на кожнай пробнай плошчы мае свае адметныя асаблівасці (мал. 5).

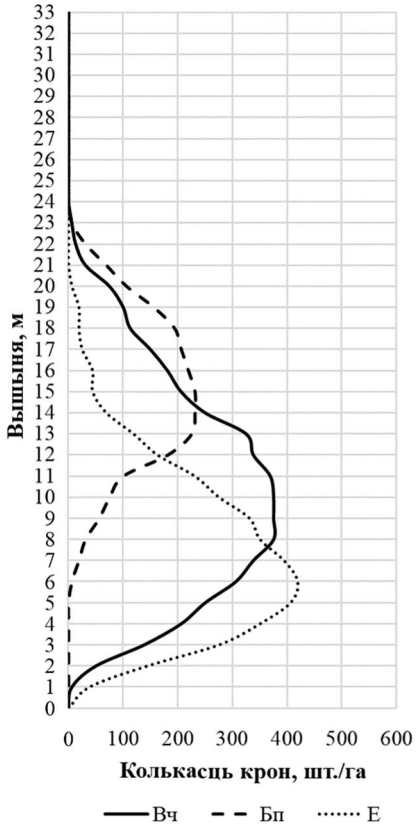
Дрэвастой на ЧПП *BBZ03ag* з'яўляецца абсалютна рознаўзроставым, дзе ўзрост вольхі змяняецца ад 26 да 117 гадоў з двума выразнымі генерацыямі 31–40 і 71–90 гадоў. Асобныя найбольш старыя дрэвы сустракаюцца як у першым, так і другім ярусах. Сярэдні ўзрост *Alnus glutinosa* на ЧПП па ярусах адпаведна роўны 80, 56 і 33 гадам (гл. табл. 2). У першым ярусе дамінуюць дрэвы ўзростам ад 72 да 94 гадоў, таксама ў верхнім полагу прысутнічае *Betula pubescens* з сярэднім узростам 97 гадоў. Другі ярус пераважна фарміруе вольха ад 32 да 38 гадоў, але тут сустракаюцца як хуткарослыя маладыя, так і прыгнечаныя дрэвы ўзростам да 87 гадоў. Трэці ярус фарміруюць вольхі ўзростам 21–40 гадоў, але асобныя дрэвы дасягаюць 59 гадоў.

Дрэвастой на ЧПП *BBZ04ag* таксама з'яўляецца абсалютна рознаўзроставым, але з больш раўнамерным размеркаваннем вольхі па ўзростах (гл. мал. 5). Першы ярус фарміруюць дрэвы ад 41 да 98 гадоў, адзінкавыя з якіх дасягаюць 140 гадоў. У верхнім полагу дамінуюць *Alnus glutinosa* узростам ад 73 да 89 гадоў і *Betula pubescens* ад 79 да 95 гадоў. Сярэдні ўзрост вольхі на ЧПП па ярусах адпаведна роўны 74, 45 і 28 гадам (гл. табл. 2). У другі ярус уваходзяць дрэвы ад 19 да 85 гадоў, сярод якіх пераважаюць вольхі ўзростам ад 31 да 50 гадоў. У трэцім ярусе дамінуюць дрэвы ўзростам 21–36 гадоў. Такім чынам, у даследаваным фітацэнозе ідзе бесперапыннае ўзнаўленне новых пакаленняў *Alnus glutinosa.*

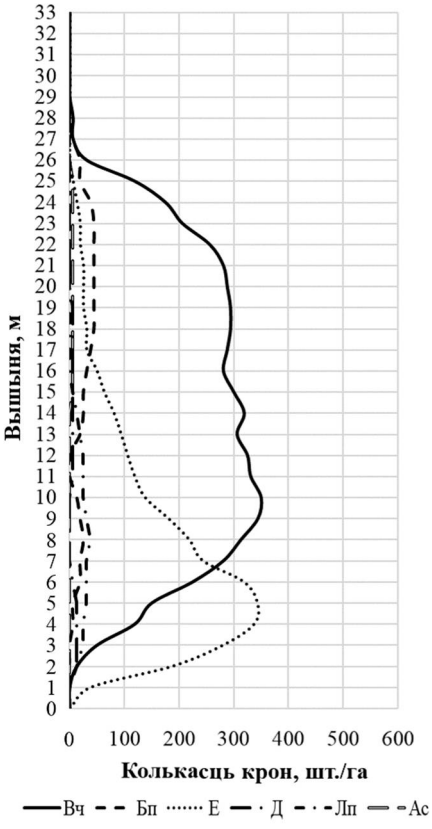
Чорнаальховы дрэвастой на ЧПП *BBZ05ag* з'яўляецца ступеньчата-рознаўзроставым з двума выразнымі пакаленнямі 11–30 і 71–90 гадоў (гл. мал. 5). Сярэдні ўзрост *Alnus glutinosa* на пробнай плошчы па ярусах адпаведна роўны 83, 39 і 18 гадам (гл. табл. 2). Першы ярус стварае пакаленне, куды ўваходзяць вельмі старыя (больш 150 гадоў) і больш маладыя (41–70 гадоў) дрэвы. Ніжні полаг фітацэнозу пераважна фарміруе другое пакаленне, пры гэтым у другім ярусе трапляюцца і прыгнечаныя вольхі ўзростам да 100 гадоў. Таксама ў дрэвастоі сустракаюцца *Picea abies* больш за 150 гадоў, *Quercus robur* больш за 90 гадоў, *Betula pubescens* больш за 70 гадоў, *Populus tremula* каля 80 гадоў. У адрозненне ад абсалютна рознаўзроставых дрэвастояў на ЧПП *BBZ03ag* і *BBZ04ag*, фарміраванне чорнаалешніка на ЧПП *BBZ05ag* можа быць звязана з зарастаннем адкрытай тэрыторыі, дзе толькі пасля 30–40 гадоў пад полагам піянернага дрэвастою склаліся добрыя ўмовы для ўзнікнення другога пакалення лесу.



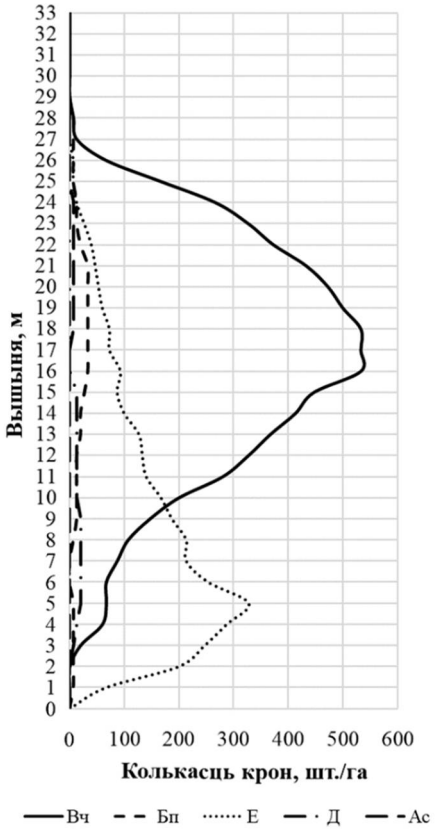

*BBZ03ag*




*BBZ04ag*



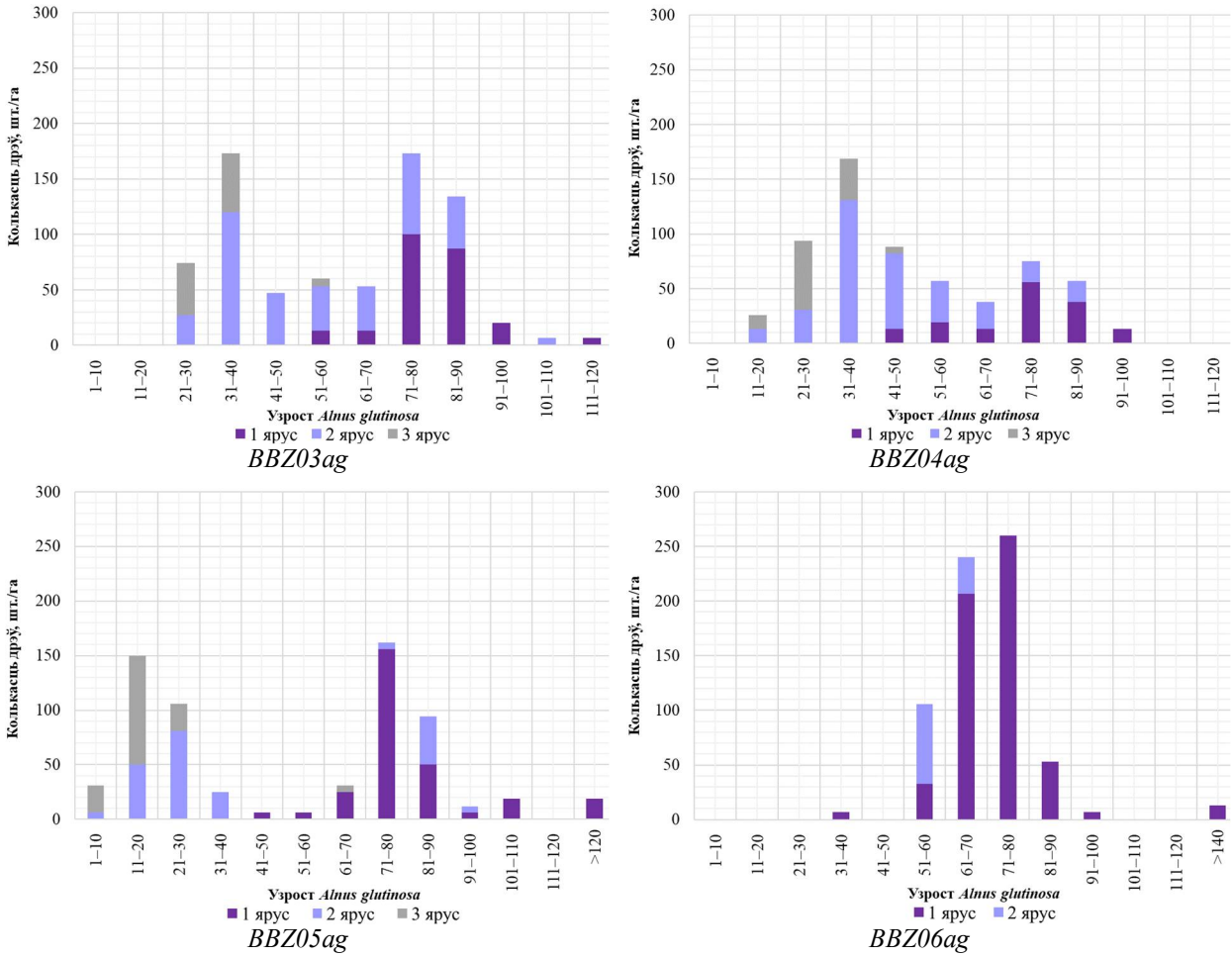

*BBZ05ag*




*BBZ06ag*

**Мал. 4.** Вертыкальная структура дрэвастояў

**Fig. 4.** Vertical structure of the forest stands




**Мал. 5.** Узроставая структура чорнаальховых дрэвастояў

**Fig. 5.** Age structure of black alder stands

Даследаваны на ЧПП *BBZ06ag* чорнаальховы дрэвастой з'яўляецца адносна рознаўзроставым з адным добра выражаным пакаленнем лесу, якое фарміруюць дрэвы ўзростам 61–80 гадоў (гл. мал. 5). Сярэдні ўзрост вольхі на пробнай плошчы для першага і другога ярусаў адпаведна роўны 73 і 58 гадам (гл. табл. 2). У саставе першага яруса сустракаюцца *Alnus glutinosa* і *Picea abies* больш за 140 гадоў, а таксама *Betula pubescens*, *Quercus robur*, *Populus tremula* больш за 60 гадоў. У першы ярус уваходзяць хуткарослыя вольхі малодшых узростаў, а другі пераважна фарміруюць дрэвы ўзростам 51–70 гадоў.

Аналіз гістарычных матэрыялаў, вертыкальнай і ўзроставай структуры даследаваных фітацэнозаў сведчыць пра іх рознае паходжанне і ўмовы развіцця. Дрэвастоі на больш абводненых ЧПП *BBZ03ag* і *BBZ04ag* маюць рознаўзроставую структуру з найбольш выразнымі генерацыямі 21–40 і 71–90 гадоў. У такіх лясах адбываецца бесперапынны працэс узнаўлення і самападтрымання новага пакалення *Alnus glutinosa*, што пацвярджаецца прысутнасцю вольхі розных узростаў ва ўсіх дрэвавых ярусах. На ЧПП *BBZ04ag* змяшаны дрэвастой з *Alnus glutinosa* і *Betula pubescens* першапачаткова мог з'явіцца падчас зарастання адкрытага нізіннага балота, але з цягам часу ён трансфармаваўся з пушыстабярозавага ў чорнаальховы, дзе вольха дамінуе па запасе на працягу як мінімум 70–80 гадоў.

Чорнаалешнік на ЧПП *BBZ05ag* верагодна з'явіўся на адкрытым месцы, і з цягам часу пасля разрэджвання першага яруса пад полагам склаліся добрыя ўмовы для ўзнікнення маладога пакалення *Alnus glutinosa*. Пра гэта сведчаць як гістарычныя матэрыялы, так і двухвяршынная ўзроставая структура.

Адметным з'яўляецца чорнаальховы дрэвастой на ЧПП *BBZ06ag*, дзе выражана толькі адно пакаленне *Alnus glutinosa* з рэдкімі дрэвамі ў іншых узроставых групах. У фітацэнозе да 1976 года дамінавала *Betula pubescens*, таму цяперашняя ўзроставая структура *Alnus glutinosa* можа быць звязана менавіта з працэсам распаду бярозавага дрэвастою і фарміраваннем новага чорнаальховага фітацэнозу, у ніжніх ярусах якога ў наш час пераважае *Picea abies*.

## Заключэнне

Даследаваныя на тэрыторыі ББЗ стараўзроставыя чорнаальховыя лясы маюць адметную вертыкальную і ўзроставую структуру. Усе дрэвастоі з'яўляюцца змяшанымі і шмат'яруснымі. *Alnus glutinosa* не толькі дамінуе ў верхнім полагу фітацэнозаў, але шырока сустракаецца ў ніжніх ярусах, што сведчыць пра яе ўстойлівасць і магчымасць самаўзнаўляцца ў такіх раслінных супольніцтвах. Другі і трэці ярусы ў чорнаальховых лясах пераважна фарміруюць *Alnus glutinosa* і *Picea abies*. У больш багатых і менш абводненых умовах чорнаалешнікаў папарацевых у саставе першага яруса сустракаюцца піянерныя віды *Populus tremula* і *Betula pubescens*, а ў ніжніх ярусах і падросце – *Quercus robur* і *Fraxinus excelsior*.

Даследаваныя чорнаальховыя лясы з'яўляюцца рознаўзроставымі: абсалютна рознаўзроставымі з двума выразнымі пікамі ў найбольш абводненых умовах, а таксама ступеньчата- і адносна рознаўзроставымі ў менш абводненых месцах росту. Дрэвы *Alnus glutinosa* маюць шырокі ўзроставы дыяпазон і ў спрыяльных умовах росту могуць дасягаць узросту 140 гадоў і больш. Рознаўзроставыя чорнаальховыя дрэвастоі, у якіх інтэнсіўна ідуць працэсы натуральнага ўзнаўлення і якія больш устойлівыя да неспрыяльных фактараў, маюць адметную вертыкальную самкнутасць полагу, дзе дрэвы аднаго ўзросту могуць сустракацца ў розных ярусах. Такія працэсы адбываюцца ў выніку працяглага развіцця лесу без антрапагеннага ўплыву і пераважна магчымы на асабліва ахоўных прыродных тэрыторыях.

## Падзяка

*Аўтары артыкула выказваюць удзячнасць за сумеснае правядзенне палявых даследаванняў супрацоўнікам Інстытута эксперыментальнай батанікі НАН Беларусі к.б.н. А. Ю. Комару, к.б.н. В. В. Лукіну, Я. К. Ігнацьеву, А. А. Бенько, а таксама В. А. Зімніцкаму, супрацоўніку навуковага аддзела Бярэзінскага біясфернага запаведніка, за дапамогу ў падборы аб'ектаў даследавання.*

## Літаратура

1. Мукина, К. М. Березинский биосферный заповедник. Экологический мониторинг фоновых территорий : учебно-методическое пособие / К. М. Мукина, Е. С. Лён. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2017. – 84 с.

2. Першабытныя лясы Беларускага Палесся / І. М. Вяршыцкая, С. А. Комар, М. В. Ермохін [і інш.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. – 2025. – № 2 (294). – С. 39–52.

3. Браславская, Т. Ю. Структура хвойно-широколиственных старовозрастных пойменных лесов в связи с вопросами их динамики / Т. Ю. Браславская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Том 16, № 1(3). – С. 852–857.

4. Яницкая, Т. Практическое руководство по выделению лесов высокой природоохранной ценности в России / Т. Яницкая // Всемирный фонд природы (WWF). – Москва, 2008. – 136 с.

5. Родионова, Н. А. Пространственная структура, типы леса и динамика растительности черноольховых лесов Хоперского заповедника : автореф. дис. канд. биол. наук. : 03.00.16 ; 03.00.05 / Родионова Наталья Александровна ; Хоперский государственный природный заповедник. – Воронеж, 2009. – 24 с.

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

7. Ивкович, В. С. Фиторазнообразие и естественная динамика растительности черноольховых лесов Березинского заповедника / В. С. Ивкович, Е. Н. Ивкович, В. М. Арнольбик // Беловежская пуща на рубеже третьего тысячелетия : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования Государственного заповедника «Беловежская пуща», п. Каменюки, 22–24 декабря 1999 г. – Мн., 1999. – С. 165–166.

8. Юркевич, И. Д. Типы и ассоциации черноольховых лесов / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий. – Мн. : Наука и техника, 1968. – 367 с.

9. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Мн. : Наука и техника, 1980. – 120 с.

10. Кузнецов, О. Л. Заболоченные ельники и черноольшаники заповедника «Кивач» / О. Л. Кузнецов, С. А. Кутенков // Беловежская пуща на рубеже третьего тысячелетия : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования Государственного заповедника «Беловежская пуща», п. Каменюки, 22–24 декабря 1999 г. – Мн., 1999. – С. 167–168.

11. Смоляк, Л. П. Болотные леса и их мелиорация / Л. П. Смоляк. – Мн. : Наука и техника, 1969. – 209 с.

12. Редкие биотопы Беларуси / А. В. Пугачевский, И. Н. Вершицкая, М. В. Ермохин [и др.]. – Мн. : Альтиора – Живые краски, 2013. – 236 с.

13. Кутенков, С. А. Черноольховые леса Карелии / С. А. Кутенков. – Лесоведение. – 2010. – № 1. – С. 12–21.

14. Сарычева, Е. П. Структурное и видовое разнообразие черноольховых лесов центра европейской России (на примере заповедников «Брянский лес» и «Воронинский») : автореф. дис. канд. биол. наук. : 03.00.16 / Сарычева Елена Петровна ; Учебный центр «Почвоведение, экология и природопользование» Пущинского государственного университета. – М., 2000. – 16 с.

15. Юркевич, И. Д. Черноольховые леса Березинского заповедника / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий // Березинский заповедник. Исследования. – Мн. : Урожай, 1970. – Вып. 1. – С. 11–28.

16. Юркевич, И. Д. Леса Белорусского Полесья / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, В. С. Гельтман. – Мн. : Наука и техника, 1977. – 287 с.

17. Багинский, В. Ф. Особенности строения древостоев ольхи в лесах Беларуси / В. Ф. Багинский , Н. Н. Катков, Е. А. Усс. – Лісова політика і таксація. – 2017. – №266. – С. 9–15.

18. Русаленко, А. И. Возобновление леса в черноольшаниках Беларуси / А. И. Русаленко // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. – 2025. – №1 (165). – С. 167–170.

19. Distribution, productivity and natural regeneration of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in Ukrainian Polissya / V. Lukyanets, M. Rumiantsev, O. Tarnopilska [et al.] // Folia oecologica. – 2022. – Vol. 49, no. 2. – P. 137–147.

20. Mäkinen, A. Vegetation and ecology of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) dominated swamps and mesic forest sites in Finland / A. Mäkinen. – Finnish Peatland Society, Helsinki. – 2018. – Suo 69 (1). – P. 47–132.

21. Технические требования при лесоустройстве. Отвод и таксация лесосек в лесах Республики Беларусь = Тэхнічныя патрабаванні пры лесаўпарадкаванні. Адмежаванне і таксацыя лесасек у лясах Рэспублікі Беларусь : ТКП 622-2018 (33090). – Введ. 12.07.2018. – Мн. : Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, 2018. – 100 с.

22. Ваганов, Е. А. Дендрохронология : учебное пособие / Е. А. Ваганов, В. Б. Круглов, В. Г. Васильев. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2008. – 120 с.

23. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев. – Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.

24. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien, N.-Y., 1964. – 865 s.

25. Трансформация экосистем Березинского биосферного заповедника в XX веке / М. В. Ермохин, В. С. Ивкович, Л. А. Дудкина, В. А. Зимницкий // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – Мн. : Белорусский Дом печати, 2017. – Вып. 12. – С. 22–31.

*Поступила в редакцию 29.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Комар Софья Александровна*** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии леса и дендрохронологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Ермохин Максим Валерьевич*** – кандидат биологических наук, член общественного объединения «Ботаническое общество»

***Пугачевский Александр Викторович*** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией проблем экологии леса и дендрохронологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Ивкович Валерий Семенович*** – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе Государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник»

Узроставая і вертыкальная структура стараўзроставых чорнаальховых лясоў (на прыкладзе Бярэзінскага біясфернага запаведніка) / С. А. Комар, М. В. Ермохін, А. В. Пугачэўскі, В. С. Іўковіч // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 88–99.

УДК 581.55; 581.524.34

Е. Я. КУЛИКОВА, Г. В. ЕРМОЛЕНКОВА, А. С. РОМАНЮК,
К. В. ДОБЫШ, С. И. ВАСЮК, Н. Л. ВОЗНЯЧУК, А. В. ПУЧИЛО

# ТРАВЯНЫЕ СООБЩЕСТВА КЛАССА *EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII* TX. ET PREISING EX VON ROCHOW 1951 ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛОРУССКОЙ ПООЗЕРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: kulikova22@mail.ru*

**Аннотация.** Приведены результаты классификации нитрофитных травяных сообществ залежных земель сельскохозяйственного назначения Белорусской Поозерской провинции, объединенных в класс ***Epilobietea angustifolii*** Tx. et Preising ex von Rochow 1951. Разнообразие исследуемых сообществ представлено 1 порядком, 1 союзом, 5 ассоциациями, 2 субассоциациями и 7 вариантами. Приведен анализ особенностей флористического состава и экологических закономерностей организации выделенных синтаксонов. Установлено, что ведущими экологическими факторами, определяющими особенности флористического состава и экологическую дифференциацию исследуемых рудеральных фитоценозов, являются режим освещенности местообитаний, степень и частота нарушений растительного покрова. В районе исследования часть сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** формируется при участии инвазионных видов (*Heracleum sosnowskyi, Erigeron canadensis, Reynoutria japonica*), требующие особого контроля.

**Ключевые слова**: нитрофитные травяные сообщества, класс ***Epilobietea angustifolii***, залежные земли, Белорусская Поозерская провинция, метод Браун-Бланке.

E. YA. KULIKOVA, G. V. ERMOLENKOVA, A. S. ROMANIUK,
K. V. DOBYSH, S. I. VASIUK, N. L. VOZNYACHUK, A. V. PUCHILO

# CLASS *EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII* TX. ET PREISING EX VON ROCHOW 1951 GRASS COMMUNITIES OF THE FALLOW LANDS IN THE BELARUSIAN LAKE REGION

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kulikova22@mail.ru*

**Annotation.** The results of the classification of nitrophytic grass communities of fallow lands in the Belarusian Lake District, grouped into the class ***Epilobietea angustifolii*** Tx. et Preising ex von Rochow 1951, are presented. The diversity of the studied communities is represented by 1 order, 1 union, 5 associations, 2 subassociation and 7 variants. An analysis of the floristic composition and ecological patterns of the established syntaxa is provided. It has been established that the leading ecological factors determining the characteristics of the floristic composition and ecological differentiation of the studied ruderal phytocenoses are the light regime of habitats and the degree and frequency of vegetation cover disturbances. In the study area, some communities of the class ***Epilobietea angustifolii*** are formed with the participation of invasive species (*Heracleum sosnowskyi, Erigeron canadensis, Reynoutria japonica*), which require special control.

**Keywords:** nitrophilous grass communities, ***Epilobietea angustifolii*** class, fallow lands, Belarusian Lake District, Braun-Blanquet method.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема залежных земель и исследования процессов восстановления естественной растительности на заброшенных сельскохозяйственных угодьях являются крайне актуальными.

Многие исследователи отмечают не только наличие общих черт в динамике восстановления залежей, но и проявление региональных особенностей. Это является следствием длительного этапа филогенеза растительности в результате антропогенного воздействия в современных природно-климатических условиях. Таким образом, демутация имеет региональные черты в специфике временных стадий и их продолжительности, а также видового состава растений в сообществах. Нередко отдельные стадии в демутациях бывают достаточно продолжительными или могут усложняться за счет развития самобытных фитоценозов промежуточных стадий [1]. Изменение антропогенной нагрузки и распро-

странение залежей влияют на фитоценотическое состояние территорий, причем изменения отражаются не только на участках сукцессионного ряда, но и на контактирующих с ними растительными сообществами. Поэтому важно проследить тенденции и динамику развития залежных биогеоценозов, прежде всего на ранних этапах залежеобразования [2].

Исследования спонтанной растительности, формирующейся на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения (далее – сельхозназначения), проводили в вегетационные сезоны 2019–2020 и 2022–2024 гг. на территории Белорусской Поозерской провинции. Всего выполнено около 980 геоботанических описаний травянистой и древесно-кустарниковой растительности постагрогенных экосистем. Проведена эколого-флористическая классификация исследуемых фитоценозов и составлен диагноз установленным синтаксонам.

В задачу настоящего исследования входит характеристика синтаксономического разнообразия и факторов дифференциации травяных сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** Tx. et Preising ex von Rochow 1951 исследуемого региона. Длительное время с позиций флористической классификации [3] такие травяные сообщества относили к классу ***Galio-Urticetea*** Passarge ex Kopecký 1969. Согласно современным представлениям [4], такая растительность объединена в составе класса ***Epilobietea angustifolii*** Tx. et Preising ex von Rochow 1951, представляющего высокотравную полуестественную многолетнюю растительность на нарушенных лесных опушках, прибрежных полосах с богатыми субстратами, лесных полянах и вырубках в умеренной и бореальной зонах Евразии [5]. Объединение классов ***Galio-Urticetea*** и ***Epilobietea angustifolii***, как отмечает Л. Муцина, проведено на основании экологического и флористического сходства сообществ этих классов, включающих антропогенные и естественные сообщества в местообитаниях с богатыми и хорошо увлажненными почвами. Таким образом, класс ***Epilobietea angustifolii*** объединяет достаточно разнородные по экологии и сукцессионному статусу типы сообществ [5].

## Объекты (материалы) и методы исследования

Белорусская Поозерская провинция (согласно физико-географическому районированию в Европейской десятичной системе районирования [6]) расположена на севере Республики Беларусь и охватывает около 35,5 тыс. км$^2$, что составляет 17% от площади страны. Рассматриваемая провинция очерчена границей поозерского оледенения: в геоморфологическом отношении территория относится к Белорусскому Поозерью со свежим ледниково- и водно-аккумулятивным рельефом. Большую ее часть занимает Полоцкая низменность с абсолютными высотами 110–150 м, почти со всех сторон окруженная холмистыми грядами и возвышенностями. Почвы сельскохозяйственных угодий региона характеризуются мелкоконтурностью, завалуненностью, частично переувлажненные и эродированные. Преобладают дерново-подзолистые (в северных и северо-восточных возвышенных районах) и дерново-подзолистые заболоченные (наиболее распространенные в низменностях) почвы. По гранулометрическому составу среди минеральных почв преобладают суглинистые, приуроченные чаще всего к концево-моренным возвышенностям и холмисто-волнистым равнинам или озерно-ледниковым низменностям. Климат – умеренно континентальный, климатические условия более суровые, чем в остальных частях Республики Беларусь. На исследуемой территории выпадает от 650 до 750 мм осадков в год, среднегодовая температура – около +6,5°С. Вегетационный период составляет от 180 до 187 суток [7, 8].

В основу данной работы положено 99 геоботанических описаний, выполненных авторами в ходе обследования залежных земель исследуемого региона. Сообщества описывали по традиционной методике на площадях, заложенных в пределах участков однородной (гомогенной) растительности размером 100 м$^2$ или в естественных границах фитоценоза. Оценка количественного участия видов в полевых условиях проведена в процентной шкале проективного покрытия, затем в оцифрованном виде в программе JUICE [9] переведена в комбинированную шкалу Ж. Браун-Бланке [10]: r – вид чрезвычайно редок, с незначительным покрытием; + – вид редок и имеет малое проективное покрытие; 1 – проективное покрытие не более 5%; 2 – 6–25%; 3 – 26–50%; 4 –51–75%; 5 – более 75%.

Первичная подготовка и обработка описаний выполнена с использованием программы TURBOVEG [11]. Далее полученные файлы экспортировали в программу JUICE для дальнейшего анализа геоботанических описаний. Для каждой ассоциации (асс.), в программе JUICE проводили выделение диагностических, константных и доминантных видов. Вид считался диагностическим, если его коэффициент верности (*phi*-коэффициент) для ассоциации составлял не менее 0,20. Константным принимался вид, который

встречался в ассоциации с частотой не менее 40%. В качестве доминантного выступал вид, чье проективное покрытие превышало 25%, а частота встречаемости не менее 5. Существенность различий *phi*-коэффициента рассчитана в соответствии с критерием Фишера ($p<0,05$) [12]. Приведенные в синоптической таблице значения *phi*-коэффициента выражали в процентах. Постоянство видов в синтаксонах оценивали по пятибалльной шкале: I ⩽ 20%; II – 21–40%; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100% [13].

Визуальное представление и статистическая обработка геоботанических данных выполнены с помощью программы PAST [14] и языка программирования R v. 4.4.3 [15] в среде разработки Rstudio с использованием пакетов *vegan* [16], *tidyverse* [17], ggplot2 [18] и базового пакета *stats* [15].

Ординация проведена на стандартизированных по Хеллингеру данных (использованы данные проективного покрытия видов) методом неметрического шкалирования (NMDS) [19], а также методом главных компонент (PCA) [20] на основе дисперсионно-ковариационной матрицы [21]. В качестве основы для векторов экологических факторов применены средневзвешенные (с учетом проективного покрытия каждого вида в сообществе) фитоиндикационные значения по шкале Х. Элленберга [22, 23]. Статистическая значимость корреляций рассматриваемых факторов с осями ординаций (NMDS и PCA) оценена на основе рангового коэффициента корреляции Спирмена и расчета *p*-значений пермутационным тестом. Иерархический кластерный анализ и построение дендрограммы сходства проведены с использованием метода связывания UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) с мерой расстояния Брея-Кертиса [24, 25]. Попарные сравнения синтаксонов по основным экологическим факторам проведены с помощью U-критерия Манна-Уитни [14]. Показатель видового разнообразия (индекс Шеннона-Уивера, H′) рассчитан в программе JUICE [9].

Синтаксономия разработана согласно принципам эколого-флористической классификации Ж. Браун-Бланке [3] и приведена в соответствии со сводкой ранговой системы высших синтаксонов «Vegetation of Europe …» [4].

Характеристика происхождения видов растений дана в соответствии с классификациями, разработанными А. Теллугом [26] и Я. Корнасом [27]. Определение чужеродной фракции по времени заноса проводили на основе данных, представленных во «Флоре Беларуси» [28], «Черной книге флоры Беларуси» [29] а также с учетом других публикаций [30–32] и ресурсов удаленного доступа [33–37]. При анализе нарушенности сообществ и их местообитаний использовали следующие показатели [38]: DS – степень нарушения растительного покрова (оценочная шкала: 0–1); DF – частота нарушения растительного покрова (оценочная шкала: $\log_{10}$/100 лет (значения, равные нулю, соответствуют 100-летнему периоду, назначенному по умолчанию для никогда ненарушаемых биотопов) и SD – нарушение почвенного покрова (оценочная шкала: 0–1).

Наименование видов дано в соответствии с Euro+Med [37], за исключением некоторых таксонов, приведенных по С. К. Черепанову [39]: *Alchemilla vulgaris, Equisetum x litorale, Heracleum sibiricum, H. sosnowskyi, Taraxacum officinale, Tragopogon orientalis*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате кластерного анализа совокупность геоботанических описаний разделилась на 5 групп (рис. 1). С позиции эколого-флористической классификации кластеры 1–5 представляют растительные сообщества класса ***Epilobietea angustifolii***.

Далее приведен продромус рудеральных сообществ класса ***Epilobetea angustifolii***, формирующихся на залежных землях Белорусского Поозерья, и дана их характеристика.

### Продромус

Класс ***Epilobietea angustifolii*** Tx. et Preising ex von Rochow 1951
Порядок ***Circaeo lutetianae-Stachyetalia sylvaticae*** Passarge 1967
Союз ***Aegopodion podagrariae*** Tx. 1967

Acc. ***Chaerophylletum aromatici*** Neuhauslova-Novotna et al. 1969

Acc. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** Panasenko et al. 2014
Субассоциация ***typicum***
Субассоциация ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** subass. nov. hoc loco
Вариант ***typica***
Вариант ***Tanacetum vulgaris***

Acc. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae*** Tx. 1967

Acc. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** Passarge 1975
Вариант ***typica***
Вариант ***Lupinus polyphyllus***
Вариант ***Urtica dioica***

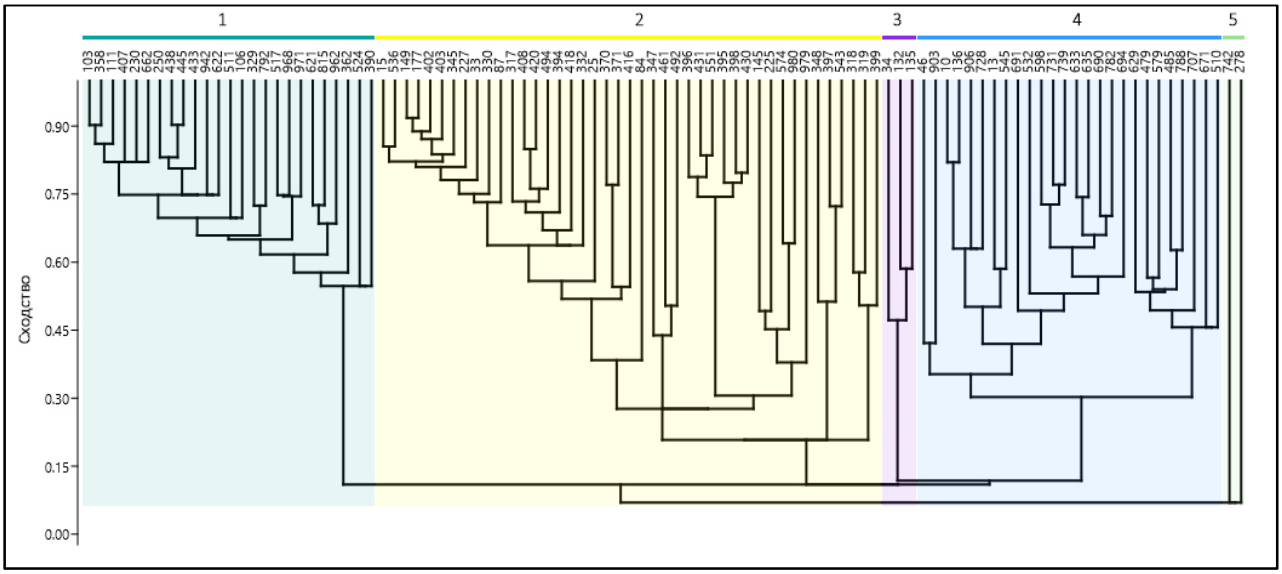
Acc. ***Reynoutrietum japonicae*** Görs et Müller in Görs 1975
Вариант ***typica***
Вариант ***Reynoutria sachalinensis***

Класс ***Epilobietea angustifolii.*** Диагностические виды (д.в.) класса: *Anthriscus sylvestris*, *Arctium tomentosum*, *Artemisia vulgaris*, *Carduus crispus*, *Epilobium angustifolium*, *Chelidonium majus*, *Galium aparine*, *Geranium sibiricum*, *Geum aleppicum*, *Glechoma hederacea*, *Impatiens glandulifera*, *Lamium album*, *Silene latifolia*, *Urtica dioica* agg.

Порядок ***Circaeo lutetianae–Stachyetalia sylvaticae*** включает рудеральную и полуестественную мезофитную высокотравную растительность на богатых и основных почвах в прохладно-умеренной и субсредиземноморской Европе. Союз ***Aegopodion podagrariae*** объединяет нитрофитные рудеральные и полуестественные сообщества затененных и хорошо увлажненных местоположений.

Распространение травяных нитрофитных сообществ по территории исследуемого региона приведено на рис. 2. Особенности их флористического состава представлены в табл. 1 и на рис. 3–5.

Результат ординации исследуемых рудеральных фитоценозов в двух первых осях NMDS (метод неметрического многомерного шкалирования) вместе с векторами экологических факторов, рассчитанных по шкалам Х. Элленберга, продемонстрирован на рис. 6 и в табл. 2. График показывает, что основными экологическим факторами, разделяющими исследуемые растительные сообщества, являются освещенность (r = 0,640915, p = 0,001), степень (r = 0,467384, p = 0,001) и частота (r = 0,372949, p = 0,001) нарушений растительного покрова и нарушение почвенного покрова (r = 0,429845, p = 0,001). Так, ценозы, формирующиеся на более осветленных и нарушенных местообитаниях относятся к асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi,*** на менее освещенных и нарушенных, но более влажных – к асс. ***Chaerophylletum aromatici***. Оценка синфитоиндикационных аплитуд синтаксонов растительности класса ***Epilobetea angustifolii*** региона представлена на рис. 6 и 7. По показателям степени нарушения травостоя (интервалы 0,35–0,62) все исследуемые сообщества относятся к средненарушенным, по значениям нарушений почвы – к ценозам со слабо- и средненарушенным почвенным покровом (интервалы 0,20–0,40).




Группы: 1 – ассоциация (асс.) ***Chaerophylletum aromatici***, 2 – асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi***, 3 – асс. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***, 4 – асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris***, 5 – асс. ***Reynoutrietum japonicae***

**Рис. 1.** Дендрограмма сходства рудеральных сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** залежных земель Белорусской Поозерской провинции (алгоритм – метод невзвешенного попарного среднего, индекс сходства – Брея-Кертиса, коэффициент кофенетической корреляции – 0,89)

**Fig. 1.** Dendrogram of similarity of the studied communities of the ***Epilobietea angustifolii*** class of the fallow lands of the Belarusian Lake District (algorithm – UPGMA, similarity index – Bray-Curtis, coefficient of cophenetic correlation – 0.89)

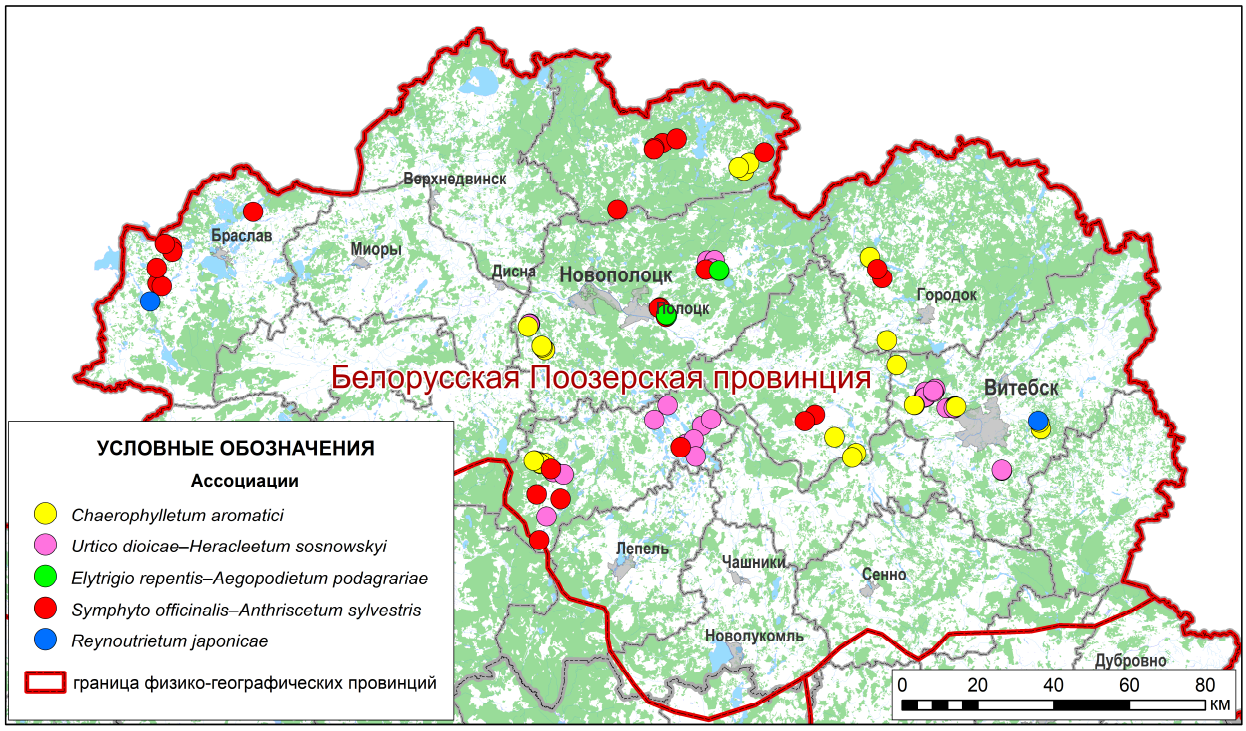



**Рис. 2.** Распространение рудеральных сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** на территории залежных земель Белорусской Поозерской провинции

**Fig. 2.** Distribution of ruderal communities of the class ***Epilobietea angustifolii*** on the territory of the fallow lands of the Belarusian Lake District

**Таблица 1**. Синоптическая таблица рудеральной растительности класса ***Epilobietea angustifolii*** залежных земель Белорусской Поозерской провинции

**Table 1**. Synoptic table of ruderal vegetation of the ***Epilobietea angustifolii*** class of fallow lands of the Belarusian Lake District

| Номер синтаксона | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Количество описаний | 25 | 43 | 3 | 26 | 2 |
| Экология местообитаний (усредненное значение по шкалам Х. Элленберга): | | | | | |
| освещение (L) | 7,13 | 7,40 | 6,92 | 7,20 | 7,16 |
| увлажнение субстрата (F) | 5,56 | 5,37 | 6,10 | 5,56 | 5,63 |
| кислотность субстрата (R) | 6,19 | 6,33 | 6,49 | 6,19 | 6,47 |
| богатство азотом субстрата (N) | 6,41 | 6,41 | 6,76 | 6,22 | 7,10 |
| Видовое богатство, Rs/100 м$^2$ | 14 | 13 | 9 | 18 | 8 |
| Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) | 1,44 | 1,53 | 1,46 | 2,11 | 0,81 |
| Д.в. союза ***Aegopodion podagrariae*** порядка ***Circaeo lutetianae–Stachyetalia sylvaticae*** класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | | |
| *Chaerophyllum aromaticum* | V$^{31.1}$ | II$^{6.0}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Heracleum sosnowskyi* | I$^{-}$ | V$^{26.1}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Urtica dioica* | IV$^{9.6}$ | II$^{-}$ | 1$^{-}$ | V$^{11.9}$ | 2$^{-}$ |
| *Aegopodium podagraria* | . | I$^{-}$ | 3$^{55.5}$ | I$^{-}$ | 1$^{-}$ |
| *Anthriscus sylvestris* | III$^{7.4}$ | II$^{-}$ | 1$^{-}$ | V$^{20.1}$ | 1$^{-}$ |
| *Reynoutria japonica* | . | . | . | . | 1$^{70.4}$ |
| *Reynoutria sachalinensis* | . | . | . | . | 1$^{62.8}$ |
| *Arctium tomentosum* | II$^{10.1}$ | II$^{9.1}$ | . | II$^{6.7}$ | 1$^{-}$ |
| *Arctium lappa* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | 1$^{-}$ | I$^{-}$ | . |
| *Lupinus polyphyllus* | II$^{-}$ | II$^{-}$ | . | III$^{7.1}$ | . |
| *Epilobium angustifolium* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Galeopsis bifida* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Angelica archangelica* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Tussilago farfara* | . | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Humulus lupulus* | I$^{-}$ | . | 1$^{-}$ | . | . |
| *Stellaria aquatica* | I$^{-}$ | . | 1$^{-}$ | . | . |
| *Leonurus quinquelobatus* | I$^{-}$ | . | . | I$^{-}$ | . |
| *Galeopsis speciosa* | I$^{-}$ | . | . | I$^{-}$ | . |
| *Angelica sylvestris* | I$^{-}$ | . | . | I$^{-}$ | . |
| *Glechoma hederacea* | . | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Solidago gigantea* | . | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |

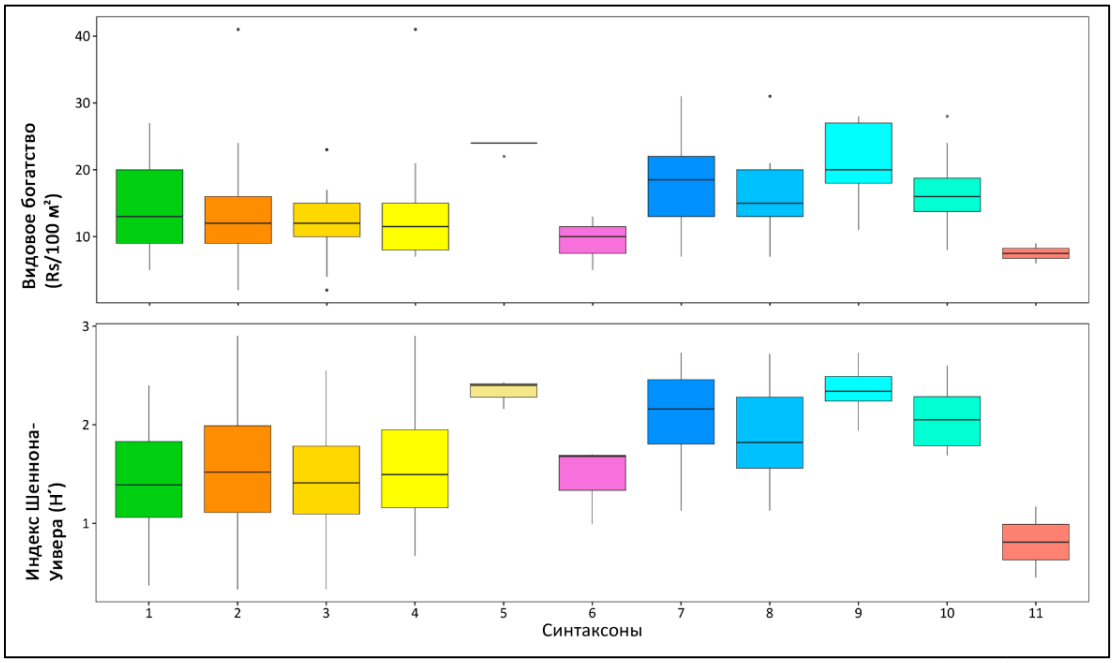
| Номер синтаксона | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | | |
| *Artemisia vulgaris* | IV- | IV- | 2- | IV- | 2- |
| *Elytrigia repens* | IV- | III- | 1- | IV- | 1- |
| *Tanacetum vulgare* | I- | II5.0 | . | I- | . |
| *Equisetum arvense* | II- | I- | . | I- | . |
| *Sonchus arvensis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Bromopsis inermis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Hypericum perforatum* | I- | I- | . | I- | 1- |
| *Cichorium intybus* | I- | I- | . | I- | . |
| *Carduus acanthoides* | . | II6.1 | . | I- | . |
| *Artemisia absinthium* | I- | I8.6 | . | . | . |
| *Solidago canadensis* | I- | I- | . | . | . |
| *Armoracia rusticana* | I- | I- | . | . | . |
| *Melilotus officinalis* | I- | I- | . | . | . |
| *Daucus carota* | . | I- | . | I- | . |
| *Melilotus albus* | . | I- | . | I- | . |
| Д.в. класса ***Papaveretea rhoeadis*** | | | | | |
| *Cirsium arvense* | IV- | IV- | 2- | IV- | 2- |
| *Convolvulus arvensis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Lamium purpureum* | . | I- | 1- | . | . |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | |
| *Vicia cracca* | IV- | II- | 2- | IV5.9 | 1- |
| *Phleum pratense* | III- | II- | . | IV4.7 | 1- |
| *Dactylis glomerata* | IV- | III- | 1- | V9.2 | . |
| *Schedonorus pratensis* | II- | II- | 1- | III- | . |
| *Lysimachia vulgaris* | I- | I- | 1- | I- | . |
| *Galium mollugo* | I- | II- | 1- | II- | . |
| *Lathyrus pratensis* | I- | I- | 1- | II- | . |
| *Stellaria graminea* | II- | I- | . | II- | . |
| *Achillea millefolium* | I- | II- | . | III- | . |
| *Veronica chamaedrys* | I- | I- | . | II- | . |
| *Taraxacum officinale* | I- | I- | . | I- | . |
| *Silene latifolia* | I- | II- | . | II- | . |
| *Geranium palustre* | I9.0 | I- | . | I- | . |
| *Centaurea jacea* | I- | II- | . | II- | . |
| *Valeriana officinalis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Poa pratensis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Rumex crispus* | I- | I- | . | I- | . |
| *Festuca rubra* | I- | I- | . | I- | . |
| *Vicia sepium* | I- | I- | . | I- | . |
| *Poa palustris* | I- | I- | . | I- | . |
| *Agrostis capillaris* | I- | I- | . | I- | . |
| *Alopecurus pratensis* | I- | . | 1- | I- | . |
| *Filipendula ulmaria* | I- | . | 1- | I- | . |
| *Trifolium pratense* | . | I- | . | I- | . |
| *Knautia arvensis* | . | I- | . | I- | . |
| *Agrostis gigantea* | I- | I- | . | . | . |
| *Carex hirta* | I- | I- | . | . | . |
| *Deschampsia cespitosa* | I- | . | . | I5.2 | . |
| *Geum rivale* | I- | . | . | I- | . |
| *Avenula pubescens* | I- | . | . | I- | . |
| *Trifolium hybridum* | I- | . | . | I- | . |
| *Ranunculus acris* | I- | . | . | I- | . |
| *Poa angustifolia* | . | I- | . | I- | . |
| *Cirsium oleraceum* | . | . | 143.9 | I- | . |
| *Alchemilla vulgaris* | . | . | . | I- | . |
| *Argentina anserina* | . | . | . | I- | . |
| *Veronica longifolia* | . | . | . | I- | . |
| *Leucanthemum vulgare* | . | . | . | I- | . |
| Д.в. класса ***Phragmito-Magnocaricetea*** | | | | | |
| *Phalaroides arundinacea* | . | I- | 1- | II- | . |
| *Phragmites australis* | I- | I- | . | I- | . |
| *Stachys palustris* | I- | . | . | I- | . |
| *Galium rivale* | . | I- | . | I- | . |
| Д.в. класса ***Trifolio–Geranietea sanguinei*** | | | | | |
| *Trifolium medium* | I- | I- | . | I- | . |
| *Agrimonia eupatoria* | I- | I- | . | I- | . |
| *Solidago virgaurea* | . | I- | . | I- | . |
| Прочие виды | | | | | |
| *Salix caprea* | II6.0 | I- | . | I- | . |
| *Salix cinerea* | I- | I- | . | II5.2 | . |
| *Hypericum maculatum* | I- | I- | . | I- | . |

| Номер синтаксона | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Calamagrostis epigeios* | I$^{-}$ | III$^{3.6}$ | . | II$^{-}$ | . |
| *Rubus idaeus* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{5.5}$ | . |
| *Malus pumila* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Betula pendula* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Populus tremula* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Alnus incana* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Salix triandra* | . | I$^{3.5}$ | . | I$^{5.6}$ | . |
| *Alnus glutinosa* | . | I$^{-}$ | . | I$^{9.4}$ | . |
| *Pinus sylvestris* | . | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Pyrus communis* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Salix myrsinifolia* | I$^{4.2}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Pimpinella saxifraga* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Malus sylvestris* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Hieracium umbellatum* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |
| *Salix euxina* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | . | . |
| *Quercus robur* | I$^{-}$ | I$^{-}$ | . | . | . |
| *Rubus caesius* | I$^{-}$ | . | . | I$^{-}$ | . |
| *Pastinaca sativa* | I$^{-}$ | . | . | I$^{-}$ | . |
| *Salix pentandra* | . | I$^{-}$ | . | I$^{-}$ | . |

Примечание. Классы постоянства даны по 5-бальной шкале: I – вид встречается в 1–20% описаний, II – 21–40%, III – 41–60%, IV – 61–80%, V – 81–100%. Верхний индекс – значение phi-коэффициента.

Обозначение синтаксонов: 1 – асс. ***Chaerophylletum aromatici***, 2 – асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi***, 3 – асс. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***, 4 – асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris***, 5 – асс. ***Reynoutrietum japonicae***.

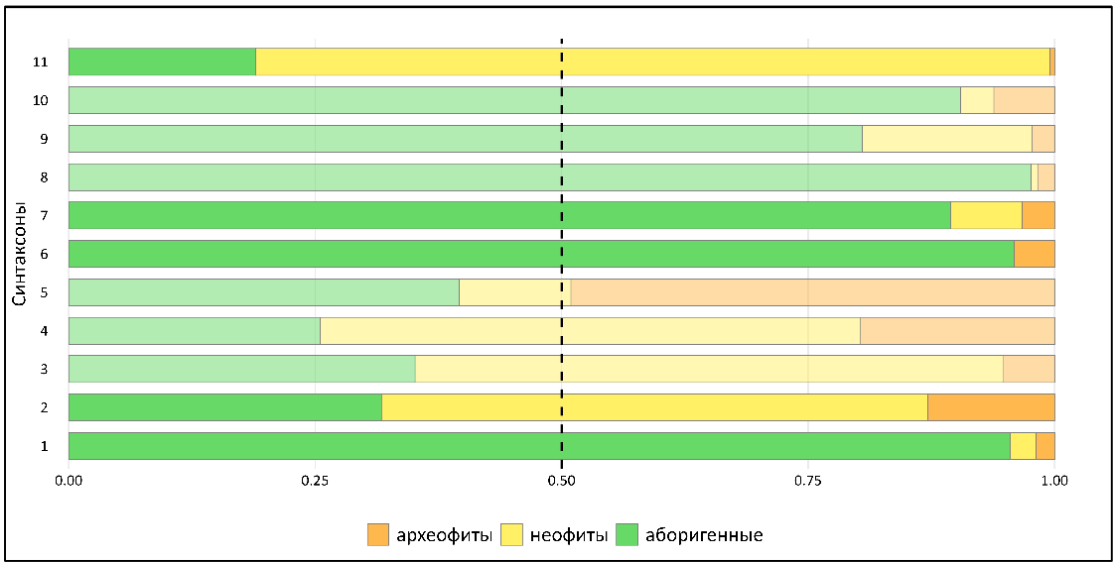
Виды, отмеченные единожды /№ синтаксона (класс постоянства)/: *Acer negundo* 2 (I-), *Brachythecium albicans* 1 (I-), *Brachythecium* sp. 1 (I-), *Calystegia sepium* 1 (I-), *Campanula glomerata* 3 (I-), *Campanula patula* 4 (I-), *Carduus crispus* 1 (I-), *Carex spicata* 4 (I-), *Carum carvi* 4 (I-), *Cyanus segetum* 2 (I-), *Centaurea scabiosa* 2 (I-), *Cerastium arvense* 4 (I-), *Chenopodium album* 2 (I-), *Cirsium vulgare* 2 (I-), *Erigeron canadensis* 2 (II$^{10.2}$), *Consolida regalis* 2 (I-), *Cuscuta europaea* 4 (I-), *Epilobium hirsutum* 2 (I-), *Equisetum sylvaticum* 4 (I-), *Equisetum* x *litorale* 1 (I-), *Schedonorus giganteus* 4 (I-), *Frangula alnus* 2 (I-), *Fraxinus excelsior* 1 (I$^{17.1}$), *Galeopsis ladanum* 2 (I-), *Galeopsis tetrahit* 3 (I$^{57.4}$), *Galium aparine* 1 (I-), *Galium verum* 2 (I-), *Geranium pratense* 2 (I-), *Geranium sanguineum* 1 (I-), *Heracleum sibiricum* 4 (I-), *Inula salicina* 4 (I-), *Scorzoneroides autumnalis* 1 (I-), *Lythrum salicaria* 3 (1-), *Medicago lupulina* 2 (I-), *Medicago sativa* 1 (I-), *Melampyrum nemorosum* 4 (I-), *Mentha arvensis* 4 (I-), *Odontites vulgaris* 2 (I-), *Peucedanum oreoselinum* 1 (I-), *Erigeron annuus* 2 (I-), *Picris hieracioides* 2 (I-), *Plagiomnium* sp. 1 (I-), *Plantago lanceolata* 2 (I-), *Polemonium caeruleum* 3 (I$^{57.4}$), *Potentilla argentea* 2 (I-), *Ranunculus repens* 4 (I-), *Rumex acetosa* 2 (I-), *Rumex thyrsiflorus* 2 (I-), *Salix alba* 2 (I-), *Salix purpurea* 2 (I-), *Salix viminalis* 2 (I-), *Sambucus nigra* 2 (I-), *Sambucus racemosa* 2 (I-), *Scirpus sylvaticus* 4 (I-), *Silene vulgaris* 2 (I-), *Sonchus oleraceus* 2 (I-), *Sorbus aucuparia* 2 (I-), *Tragopogon orientalis* 2 (I-), *Tragopogon pratensis* 1 (I-), *Trifolium aureum* 2 (I-), *Trifolium repens* 2 (I-), *Tripleurospermum inodorum* 2 (I-), *Triticum* sp. 2 (I-), *Vicia hirsuta* 2 (I-), *Vicia tetrasperma* 1 (I-), *Viola arvensis* 2 (I-).




Синтаксоны: 1 – асс. ***Chaerophylletum aromatici***, 2 – асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (3 – субасс. ***U.d.–H.s. typicum***, 4 – субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** вариант (вар.) ***typicum***, 5 – субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** вар. ***Tanacetum vulgaris***), 6 – асс. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***, 7 – асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** (8 – вар. ***typica***, 9 – вар. ***Lupinus polyphyllus***, 10 – вар. ***Urtica dioica***), 11 – асс. ***Reynoutrietum japonicae***

**Рис. 3.** Вариабельность значений показателей $\alpha$-разнообразия установленных синтаксонов рудеральной растительности класса ***Epilobietea angustifolii***

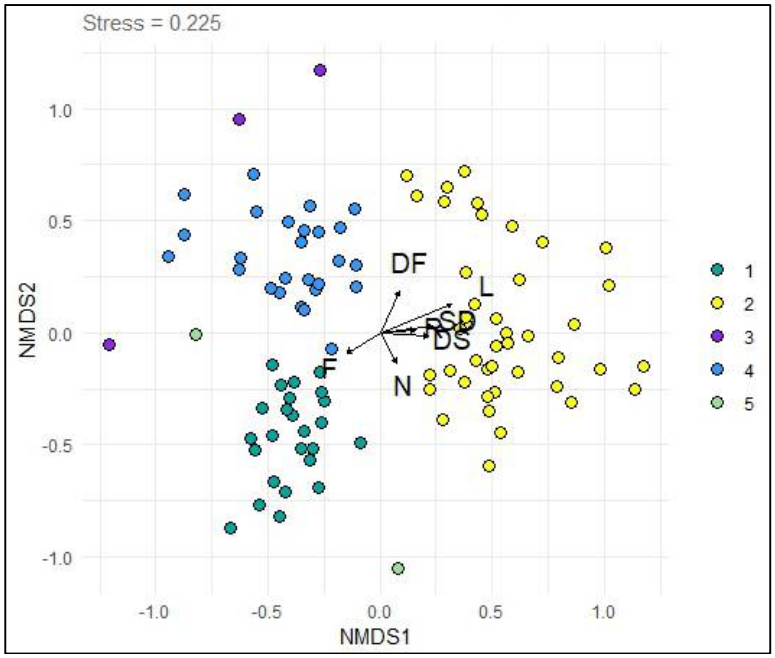
**Fig. 3.** Variability of the α-diversity values of the established syntaxons of the ruderal vegetation of the ***Epilobietea angustifolii*** class




Обозначение синтаксонов см. на рис. 3.
Полупрозрачным цветом отмечены подчиненные синтаксоны ассоциаций.

**Рис. 4.** Соотношение аборигенных и чужеродных (неофитов и археофитов) растений во флористическом составе исследуемых сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** (по средневзвешенным значениям проективного покрытия каждого вида в сообществе)

**Fig. 4.** Proportion of native and alien (neophytes and archaeophytes) plants in the floristic composition of the studied communities of the ***Epilobietea angustifolii*** class (weighted average values of the projective cover of each species in the community)




Обозначение синтаксонов см. на рис. 1.
**Экологические факторы**: L – степень освещенности, F – влажность субстрата, N – богатство субстрата минеральным азотом, R – кислотность субстрата; DS – степень нарушения растительного покрова, DF – частота нарушения растительного покрова, SD – нарушение почвенного покрова.

**Рис. 5.** Положение типовых геоботанических описаний установленных синтаксонов рудеральной растительности класса ***Epilobietea angustifolii*** вместе с векторами экологических факторов (метод неметрического многомерного шкалирования (NMDS))

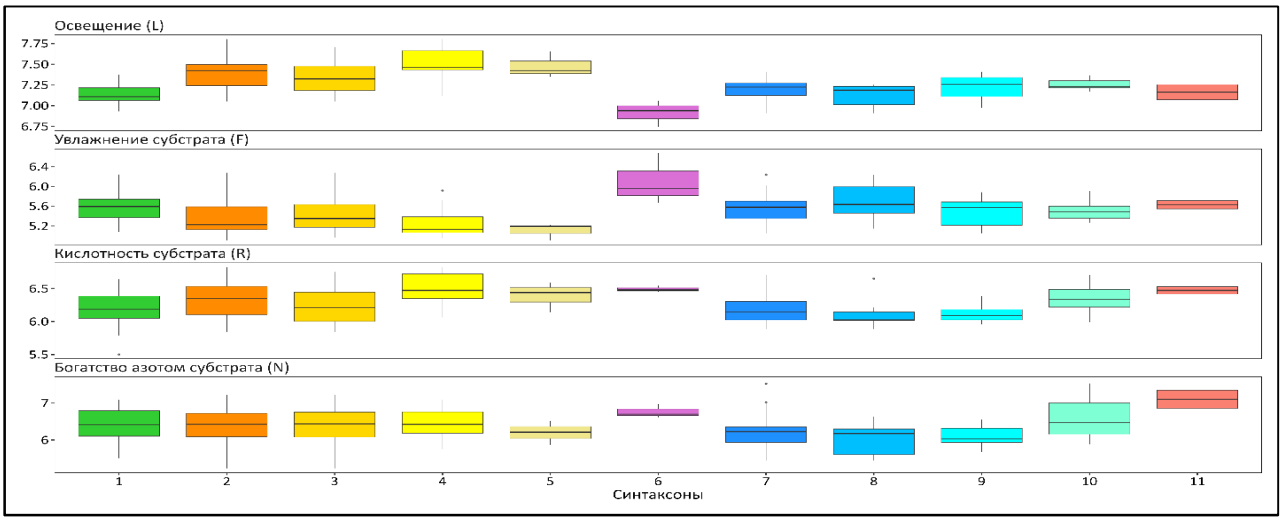
**Fig. 5.** The position of typical geobotanical descriptions of established syntaxons of ruderal vegetation of the ***Epilobietea angustifolii*** class together with vectors of environmental factors (method of nonmetric multidimensional scaling (NMDS))

**Таблица 2.** Корреляция экологических характеристик местообитаний рудеральных сообществ класса ***Epilobietea angustifolii*** с осями ординации NMDS

**Table 2.** Correlation of ecological characteristics of habitats of ruderal communities of the ***Epilobietea angustifolii*** class with NMDS ordination axes

| Фактор | Ось 1 | | Ось 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | *r* | *p* | *r* | *p* |
| Освещение (L) | 0,64 | 0,001** | 0,25 | 0,011* |
| Увлажнение (F) | -0,30 | 0,004** | -0,18 | 0,089 |
| Кислотность (R) | 0,32 | 0,002** | 0,03 | 0,756 |
| Богатство азотом (N) | 0,14 | 0,153 | -0,27 | 0,008** |
| Степень нарушения растительного покрова (DS) | 0,43 | 0,001** | -0,03 | 0,775 |
| Частота нарушения растительного покрова (DF) | 0,17 | 0,069 | 0,37 | 0,001** |
| Нарушение почвенного покрова (SD) | 0,46 | 0,001** | 0,07 | 0,480 |

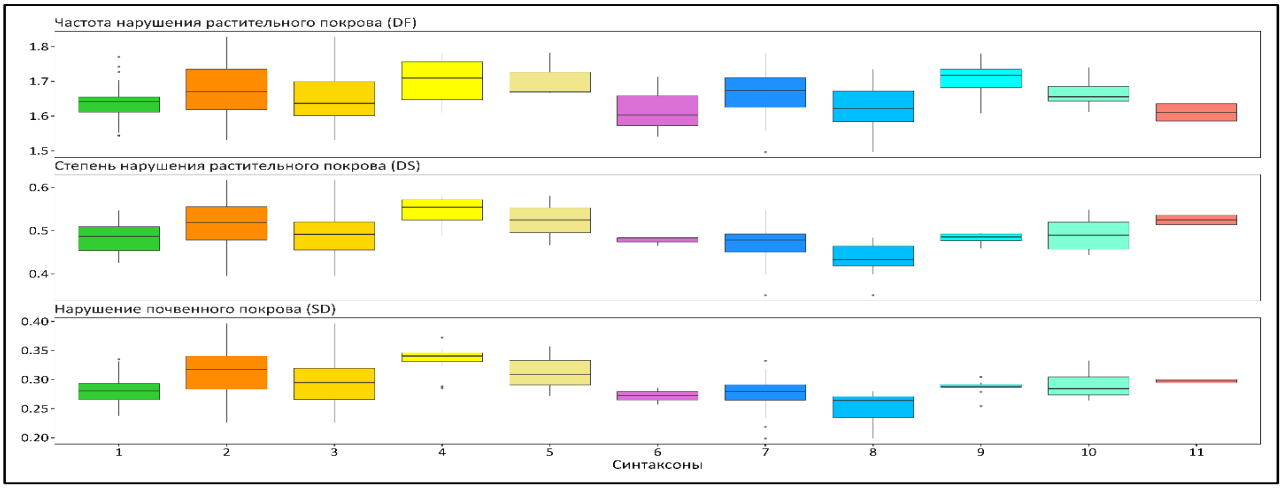
Примечание. Степень значимости обозначена звездочками: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$.




Обозначение синтаксонов см. на рис. 3.

**Рис. 6.** Синэкологические амплитуды установленных синтаксонов рудеральной растительности класса ***Epilobietea angustifolii*** (в баллах по шкалам Х. Элленберга)

**Fig. 6.** Synecological amplitudes of established syntaxons of ruderal vegetation of the ***Epilobietea angustifolii*** class (in points on Ellenberg's scales)




Обозначение синтаксонов см. на рис. 3.

**Рис. 7.** Амплитуды значений степени нарушенности сообществ установленных синтаксонов класса ***Epilobietea angustifolii***

**Fig. 7.** Amplitudes of values of the degree of disturbance of communities of established syntaxons of the ***Epilobietea angustifolii*** class

**Характеристика синтаксонов**

Acc. ***Chaerophylletum aromatici*** Neuhauslova-Novotna et al. 1969 (рис. 8, табл. 3).

Диагностические виды (D): *Chaerophyllum aromaticum*.

Константные виды (C): *Anthriscus sylvestris, Artemisia vulgaris, Chaerophyllum aromaticum, Cirsium arvense, Dactylis glomerata, Elytrigia repens, Phleum pratense, Urtica dioica, Vicia cracca*.

Доминантные виды (Dm): *Chaerophyllum aromaticum*.

Строение и видовой состав. Состав и структуру сообществ определяет нитрофильный стержнекорневой многолетник – *Chaerophyllum aromaticum*, придающий фитоценозу белый аспект в период цветения. Данные фитоценозы характеризуются плотной сомкнутостью травостоя (проективное покрытие достигает 100%), в котором выделяются 2 подъяруса. В первом подъярусе (1,5–2 м) высококонстантны *Chaerophyllum aromaticum, Urtica dioica, Cirsium arvense, Artemisia vulgaris, Elytrigia repens, Dactylis glomerata*. Второй подъярус (0,5–0,7 м) представлен растениями с невысоким обилием: *Vicia cracca, Equisetum arvense*, *Hypericum maculatum, Taraxacum officinale, Galium mollugo, Achillea millefolium.* В сообщества более поздних сукцессионных стадий начинают внедряться деревья и кустарники: *Alnus incana, Betula pendula, Malus sylvestris, Salix caprea, S. myrsinifolia* и др.

В ценофлоре ассоциации наряду с диагностическими видами класса ***Epilobietea angustifolii*** присутствуют рудеральные виды класса ***Artemisietea vulgaris*** и луговые виды класса ***Molinio-Arrhenatheretea***. Видовое богатство сообществ колеблется от 5 до 27 видов на 100 м$^2$, составляя в среднем 14. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – 1,44 (пределы 0,37–2,40). Всего ценофлора описываемой ассоциации включает 94 вида сосудистых растений. В составе травостоя ведущую роль играют аборигенные виды растений (95%). Адвентивный компонент составляет 3,5%: *Lupinus polyphyllus, Heracleum sosnowskyi, Arctium tomentosum* и др. (см. рис. 4).

Экология и распространение. Сообщества распространены как на пахотнопригодных, так и на луговых землях, часто занимая средние и нижние части склонов холмов.

Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,08–6,24 (5,56 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,50–6,64 (6,19 – умеренно кислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,50–7,09 (6,41 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 6,93–7,38 (7,13 – полуосвещенные условия, относительная освещенность более 30%) (см. рис. 6). Степень нарушения травостоя (DS): средняя – 0,48 (0,43–0,55); нарушение почвы (SD): слабое – 0,28 (0,24–0,33) (см. рис. 7).

Управление, экономическое значение и биологическая опасность. Глубокое залегание корня бутня ароматного (0,5–0,7 м) делает этот вид устойчивым к кошению и выпасу, а его высокая семенная продуктивность обеспечивает долговременное сохранение популяций [34, 40], особенно в антропогенных местообитаниях. Активное распространение *Chaerophyllum aromaticum* приводит к засорению лугов. Травостой таких фитоценозов является источником нектара и пыльцы для насекомых-опылителей, а также может представлять интерес как источник сырья для производства лекарственных средств и эфирных масел [41].



**Рис. 8.** Сообщество acc. ***Chaerophylletum aromatici***

**Fig. 8.** Community of the ass. ***Chaerophylletum aromatici***

**Таблица 3**. Ассоциация ***Chaerophylletum aromatici***

**Table 3.** Association ***Chaerophylletum aromatici***

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Конс-тант-ность и оби-лие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 111 | 103 | 358 | 407 | 662 | 230 | 942 | 511 | 250 | 438 | 445 | 433 | 622 | 106 | 329 | 621 | 517 | 792 | 971 | 524 | 968 | 815 | 962 | 362 | 390 | |
| Количество видов | 9 | 9 | 7 | 13 | 9 | 12 | 17 | 20 | 12 | 9 | 6 | 8 | 9 | 16 | 16 | 13 | 20 | 22 | 16 | 5 | 26 | 26 | 27 | 13 | 22 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | |
| Д.в. ассоциации ***Chaerophylletum aromatici*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Chaerophyllum aromaticum* | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | $V^4$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Urtica dioica* | + | . | + | + | . | + | 1 | 2 | + | 2 | 1 | 2 | . | . | 2 | 2 | . | 2 | 2 | . | + | 1 | 2 | + | . | $IV^1$ |
| *Anthriscus sylvestris* | . | r | r | + | + | . | 2 | 1 | r | . | . | . | . | + | 1 | . | + | + | 2 | . | 2 | . | 2 | 1 | . | $III^+$ |
| *Lupinus polyphyllus* | . | + | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | . | . | 2 | 2 | . | + | . | 2 | 2 | + | . | 2 | $II^+$ |
| *Angelica archangelica* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | r | $I^r$ |
| *Galeopsis bifida* | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | $I^r$ |
| *Epilobium angustifolium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Angelica sylvestris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Humulus lupulus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | 1 | . | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cirsium arvense* | + | . | . | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | . | . | 1 | 2 | 1 | 2 | + | . | + | 2 | . | . | + | + | 2 | 1 | $IV^1$ |
| *Artemisia vulgaris* | . | + | r | + | r | . | r | r | 1 | 2 | + | . | . | . | 1 | 2 | + | . | 1 | . | + | r | + | 1 | 1 | $IV^+$ |
| *Elytrigia repens* | + | . | r | . | . | 1 | 2 | . | 1 | + | . | 1 | 2 | . | . | 2 | 2 | 2 | 2 | . | 1 | 2 | 2 | . | 1 | $IV^1$ |
| *Arctium tomentosum* | . | . | . | + | + | . | r | r | . | + | . | + | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | + | . | + | $II^r$ |
| *Equisetum arvense* | + | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | 1 | r | . | + | + | + | . | + | . | . | . | + | $II^r$ |
| *Sonchus arvensis* | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | $I^r$ |
| *Cichorium intybus* | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Medicago sativa* | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Vicia cracca* | + | r | . | . | r | 1 | r | + | . | + | + | + | + | + | . | . | + | . | + | . | + | r | r | . | . | $IV^r$ |
| *Dactylis glomerata* | . | . | . | . | 1 | + | 1 | . | + | 1 | + | . | + | 1 | 2 | . | + | 2 | . | 2 | 1 | + | + | . | 2 | $IV^+$ |
| *Phleum pratense* | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | + | 2 | + | + | 2 | + | . | + | + | . | + | 2 | $II^+$ |
| *Schedonorus pratensis* | . | + | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 2 | + | + | . | . | + | $II^+$ |
| *Stellaria graminea* | . | . | . | . | . | . | . | r | . | r | . | . | . | r | . | . | r | r | . | . | . | r | . | . | . | $II^r$ |
| *Festuca rubra* | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | r | . | . | + | . | . | . | 2 | $I^r$ |
| *Lysimachia vulgaris* | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | r | . | 2 | . | $I^r$ |
| *Geranium palustre* | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | + | + | 1 | . | $I^r$ |
| *Poa pratensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | r | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Galium mollugo* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | . | r | . | . | $I^r$ |
| *Silene latifolia* | . | + | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | r | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Taraxacum officinale* | . | . | r | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | . | . | . | $I^r$ |
| *Achillea millefolium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | . | 1 | $I^r$ |
| *Vicia sepium* | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . | $I^r$ |
| *Veronica chamaedrys* | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Ranunculus acris* | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Centaurea jacea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Avenula pubescens* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | 1 | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Agrostis capillaris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | 1 | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Lathyrus pratensis* | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | $I^r$ |
| *Filipendula ulmaria* | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Trifolio–Geranietea sanguinei*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Agrimonia eupatoria* | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ |
| *Hypericum perforatum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | r | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Trifolium medium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | 1 | . | $I^r$ |
| Прочие виды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Salix caprea* | . | . | . | r | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | 1 | 1 | + | . | . | $II^r$ |
| *Hypericum maculatum* | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r | . | . | + | r | $I^r$ |
| *Salix cinerea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | + | . | . | . | . | . | 2 | 2 | . | . | $I^r$ |
| *Convolvulus arvensis* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | $I^r$ |
| *Rubus idaeus* | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ |
| *Malus pumila* | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | . | . | $I^r$ |
| *Pyrus communis* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r | $I^r$ |
| *Salix myrsinifolia* | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Malus sylvestris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | 1 | . | 2 | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Alnus incana* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | r | . | . | $I^r$ |
| *Betula pendula* | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Phragmites australis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Fraxinus excelsior* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | . | . | . | $I^r$ |
| *Populus tremula* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | $I^r$ |

Примечание. Отмечены в одном описании /№ описания (обилие)/: *Agrostis gigantea* 18 (1), *Alopecurus pratensis* 7 (+), *Arctium lappa* 6 (1), *Armoracia rusticana* 23 (r), *Artemisia absinthium* 4 (r), *Brachythecium albicans* 23 (r), *Brachythecium* sp. 23 (2), *Bromopsis inermis* 17 (r), *Calamagrostis epigeios* 23 (+), *Calystegia sepium* 6 (+), *Carduus crispus* 4 (r), *Carex hirta* 25 (r), *Deschampsia cespitosa* 18 (+), *Equisetum x litorale* 10 (+), *Galeopsis speciosa* 8 (r), *Galium aparine* 18 (r), *Geranium sanguineum* 18 (+), *Geum rivale* 18 (r), *Heracleum sosnowskyi* 12 (1), *Hieracium umbellatum* 21 (r), *Scorzoneroides autumnalis* 25 (r), *Leonurus quinquelobatus* 11 (+), *Melilotus officinalis* 25 (r), *Stellaria aquatica* 22 (r), *Peucedanum oreoselinum* 21 (r),

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Конс-тантность и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 111 | 103 | 358 | 407 | 662 | 230 | 942 | 511 | 250 | 438 | 445 | 433 | 622 | 106 | 329 | 621 | 517 | 792 | 971 | 524 | 968 | 815 | 962 | 362 | 390 | |
| Количество видов | 9 | 9 | 7 | 13 | 9 | 12 | 17 | 20 | 12 | 9 | 6 | 8 | 9 | 16 | 16 | 13 | 20 | 22 | 16 | 5 | 26 | 26 | 27 | 13 | 22 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | |

*Pimpinella saxifraga* 21 (r), *Plagiomnium* sp. 23 (r), *Poa palustris* 7 (1), *Quercus robur* 23 (r), *Rubus caesius* 7 (r), *Rumex crispus* 8 (r), *Salix euxina* 8 (r), *Solidago canadensis* 2 (+), *Stachys palustris* 19 (r), *Tanacetum vulgare* 18 (r), *Tragopogon pratensis* 25 (+), *Trifolium hybridum* 22 (r), *Valeriana officinalis* 22 (r), *Vicia tetrasperma* 3 (r).

Локализация описаний. Витебская обл.: оп. 1 – в 0.7 км юго-восточнее д. Плиски (Полоцкий р-н; 55.412873, 28.385841), 04.07.2019; оп. 2 – в 0.9 км северо-западнее д. Данево (Полоцкий р-н; 55.406866, 28.395949), 04.07.2019; оп. 3 – в 0.5 км юго-восточнее д. Остряне (Витебский р-н; 55.177261, 30.442865), 23.07.2019; оп. 4 – в 0.5 км восточнее д. Побединщина (Витебский р-н; 55.248635, 29.922354), 28.07.2019; оп. 5 – д. Тродовичи (Россонский р-н; 55.829112,29.226662), 28.07.2020; оп. 6 – в 1.1 км юго-западнее (Полоцкий р-н; 55.461770, 28.326842), у мелиоративного канала, 03.07.2019; оп. 7 – д. Белянки (Витебский р-н; 55.345156, 29.857337), 03.06.2022; оп. 8 – в 1.2 км северо-восточнее д. Скачихи (Ушачский р-н; 55.137181, 28.387552), 22.07.2020; оп. 9 – в 0.7 км юго-восточнее д. Плиски (Полоцкий р-н; 55.415496, 28.382899), 04.07.2019; оп. 10 – в 0.5 восточнее д. Плиски (Полоцкий р-н; 55.140139, 28.362247), 22.07.2020; оп. 11 – север аг. Кубличи (Ушачский р-н; 55.144043, 28.342824), 22.07.2020; оп. 12 – север п. Скачихи (Ушачский р-н; 55.135357, 28.368779), 22.07.2020; оп. 13 – в 2.3 км западнее д. Крашуты (Россонский р-н; 55.838581, 29.271628), 28.07.2020; оп. 14 – в 0.4 км северо-западнее д. Крошино (Полоцкий р-н; 55.406371, 28.395566), 04.07.2019; оп. 15 – в 0.6 км восточнее д. Побединщина (Витебский р-н; 55.248264, 29.925036), 28.07.2019; оп. 16 – в 0.8 км юго-западнее д. Байдино (Россонский р-н; 55.821729, 29.249386), 28.07.2020; оп. 17 – север п. Скачихи (Ушачский р-н; 55.137412, 28.366006), 22.07.2020; оп. 18 – д. Яново (Городокский р-н; 55.603475, 29.763620), 16.08.2023; оп. 19 – север д. Полячки (Шумилинский р-н; 55.178493, 29.587188), 20.08.2024; оп. 20 – юг аг. Кубличи (Ушачский р-н; 55.143476, 28.340682), 22.07.2020; оп. 21 – в 0.8 северо-западнее д. Улазовичи (Шумилинский р-н; 55.129725, 29.657539), 20.08.2024; оп. 22 – в 0.7 юго-восточнее д. Шнитяне (Городокский р-н; 55.403966, 29.820911), 15.08.2023; оп. 23 – юго-запад д. Стрелки (Шумилинский р-н; 55.138816, 29.674411), 20.08.2024; оп. 24 – в 1.5 км западнее д. Поддубье (Витебский р-н; 55.192059, 30.437963), 23.07.2019; оп. 25 – в 0.7 км севернее д. Суйково (Витебский р-н; 55.240064, 30.096304), 27.07.2019.

Авторы: оп. 6–7, 9–13, 15–16, 25 – Куликова Е. Я., оп. 1–4, 14, 24, 26 – Ермоленкова Г. В., оп. 5, 8, 17, 20, 22 – Ермоленкова Г. В., Добыш К. В., оп. 18–19, 21, 23 – Куликова Е. Я., Романюк А. С.

Acc. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** Panasenko et al. 2014.

Диагностические виды (D): *Heracleum sosnowskyi, Urtica dioica.*

Константные виды (C): *Artemisia vulgaris, Calamagrostis epigeios, Cirsium arvense, Dactylis glomerata, Elytrigia repens, Heracleum sosnowskyi.*

Доминантные виды (Dm): *Carduus acanthoides, Erigeron canadensis, Heracleum sosnowskyi, Tanacetum vulgare.*

Строение и видовой состав. Облик сообщества определяет *Heracleum sosnowskyi*, образующий высокие густые заросли. Проективное покрытие травостоя составляет 100%, в нем можно выделить 3 подъяруса. Первый подъярус (2–4 м) слагают генеративные побеги *Heracleum sosnowskyi*; во втором подъярусе (1–1,5 м) господствуют листья борщевика Сосновского, среди которых наиболее часто встречаются *Cirsium arvense, Artemisia vulgaris, Elytrigia repens, Calamagrostis epigeios, Dactylis glomerata*; третий подъярус сформирован прегенеративными растениями *Heracleum sosnowskyi*, а также *Achillea millefolium, Stellaria graminea, Taraxacum officinale.* Древесно-кустарниковый ярус может составлять 10–35% и представлен *Betula pendula, Malus pumila, Populus tremula, Salix caprea, S. cinerea, S. triandra, S. viminalis*. Сообщества с развитым древесно-кустарниковым ярусом, как правило, формируются на давно неиспользуемых землях, часто недалеко расположенных от лесных массивов. Вследствие высокой сомкнутости травяного яруса в борщевиковых сообществах, моховый ярус не выражен, что отмечено рядом исследователей [42, 43].

В ценофлоре ассоциации кроме видов класса ***Epilobietea angustifolii***, из которых с наибольшим постоянством представлены *Chaerophyllum aromaticum, Anthriscus sylvestris, Silene latifolia, Lupinus polyphyllus* присутствуют виды класса ***Artemisietea vulgaris*** (*Artemisia vulgaris, Elytrigia repens, Cirsium arvense, Calamagrostis epigeios, Arctium tomentosum*) и ***Molinio-Arrhenatheretea*** (*Dactylis glomerata, Phleum pratense, Achillea millefolium, Schedonorus pratensis, Centaurea jacea, Vicia cracca, Galium mollugo*).

Всего в геоботанических описаниях сообществ ассоциации отмечен 121 вид растений. Количество видов в описании колеблется от 2 до 41, составляя в среднем 13 видов. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – 1,53 (пределы 0,33–2,90). Травостой характеризуется преобладанием чужеродных видов (79%), что является наивысшим показателем для всех исследованных синтаксонов (см. рис. 4).

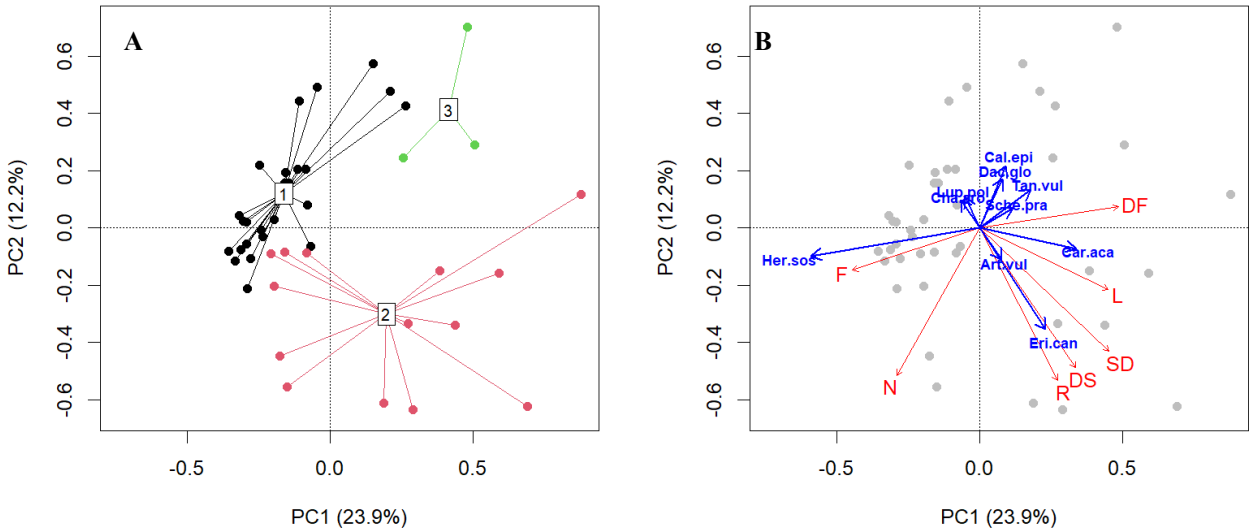
Наибольший вклад в структуру ценозов вносит группа неофитов (55%), где наряду с *Heracleum sosnowskyi,* значительное проективное покрытие характерно для *Erigeron canadensis* и *Lupinus polyphyllus*; меньшая доля принадлежит другим чужеродным видам: *Acer negundo, Erigeron annuus, Sambucus nigra, S. racemosa, Solidago canadensis, S. gigantea.*

Экология и распространение. Сообщества формируются на рудерализированных лугах, на пахотнопригодных землях вблизи заброшенных ферм и мелиоративных каналов на дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных, средне- и сильноэродированных почвах различного гранулометрического состава, а также на дегроторфяных и торфяных маломощных почвах. Ранее борщевик Сосновского активно выращивали на сельскохозяйственных полях исследуемого региона. Распространению борщевика

способствует не только занос семян с окружающих территорий, но и его способность находиться длительное время в фазе вегетативной розетки при неблагоприятных условиях, а также сохранение всхожести у части семян, не проросших в первый год [43]. Установлено, что для прорастания семена *Heracleum sosnowskyi* должны попасть на незадернованную растениями почву, поэтому его сообщества чаще образуются на антропогенных или полуестественных местообитаниях, где есть нарушенные участки. В природные сообщества борщевик внедряется, если в них есть эрозионные обнажения, рытвины, муравейники, тогда как в сообщества с плотной неповрежденной дерниной он внедриться не может [43, 44].

Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 4,91–6,27 (5,37 – гигромезофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,85–6,83 (6,33 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,23–7,23 (6,41 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 7,05–7,80 (7,40 – полуосвещенные условия, относительная освещенность более 30%) (см. рис. 6). Степень нарушения травостоя (DS): средняя – 0,51 (0,40–0,62); нарушение почвы (SD): слабое – 0,31 (0,23–0,40) (см. рис. 7). Среди всех исследуемых ассоциаций, данные сообщества выделяются наибольшими значениями показателей нарушенности.

Вариабельность. В составе ассоциации установлены 2 субассоциации и 2 варианта. Экологические условия формирования подчиненных синтаксонов ассоциации представлены на рис. 9 и в табл. 4. Проведенный анализ методом главных компонент показал, что первая и вторая компоненты суммарно объясняют 36,1% общей дисперсии. Градиент, описываемый первой главной компонентой и в значительной степени определяемый обилием борщевика Сосновского (факторная нагрузка на PC1 составляет -0,74), обусловлен преимущественно комплексными изменениями влажности ($r = -0,50$, $p < 0,0001$) и условиями освещенности ($r = 0,43$, $p = 0,0047$) местообитаний, а также частотой нарушений растительного покрова ($r = 0,53$, $p = 0,0003$).




Вариабельность асс. *Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*: 1 – субасс. ***typicum***, 2 – субасс. ***erigeronetosum canadensis*** вар. ***typica***, 3 – субасс. ***erigeronetosum canadensis*** вар. ***Tanacetum vulgare***.
Сокращения видовых названий растений (отображены только 10 видов с наибольшей нагрузкой на представленные оси): Art.vul – *Artemisia vulgaris*, Car.aca – *Carduus acanthoides*, Cha.aro – *Chaerophyllum aromaticum*, Eri.can – *Erigeron canadensis*, Dac.glo – *Dactylis glomerata*, Sche.pra – *Schedonorus pratensis*, Her.sos – *Heracleum sosnowskyj*, Lup.pol – *Lupinus polyphyllus*, Tan.vul – *Tanacetum vulgare.*
Обозначения экологических факторов см. на рис. 5.

**Рис. 9.** Распределение геоботанических описаний сообществ асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (точки) в пространстве первой (PC1) и второй (PC2) главных компонент в результате PCA (A); PCA-biplot, представляющий распределение геоботанических описаний в пространстве главных компонент с видами растений (синие стрелки) и нанесенными на диаграмму переменными экологических факторов (красные стрелки) (B)

**Fig. 9.** Distribution of geobotanical descriptions of communities of the association ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (dots) in the space of the first (PC1) and second (PC2) principal components as a result of PCA (A); PCA biplot representing the distribution of geobotanical descriptions in the space of principal components with plant species (blue arrows) and environmental factors (red arrows) (B)

**Таблица 4.** Значимость различий между установленными синтаксонами асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** по экологическим факторам

**Table 4.** Significance of differences between established syntaxons of acc. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** by environmental factors

| Экологический фактор | | Синтаксоны | | Экологический фактор | | Синтаксоны | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | | | 1 | 2 |
| L | 1 | | 0,013* | DF | 1 | | 0,067 |
| | 2 | 0,013* | | | 2 | 0,067 | |
| | 3 | 0,298 | 0,488 | | 3 | 0,334 | 0,753 |
| F | 1 | | 0,098 | DS | 1 | | 0,001** |
| | 2 | 0,098 | | | 2 | 0,001** | |
| | 3 | 0,181 | 0,571 | | 3 | 0,414 | 0,660 |
| R | 1 | | 0,004** | SD | 1 | | <0,001*** |
| | 2 | 0,004** | | | 2 | <0,001*** | |
| | 3 | 0,265 | 0,488 | | 3 | 0,603 | 0,488 |
| N | 1 | | 0,942 | Примечание. Степень значимости обозначена звездочками: * – p < 0,05, ** – p < 0,01, *** – p < 0,001; 1–3 – синтаксоны, см. рис. 9; обозначение экологических факторов – см. подписи к рис. 5. | | | |
| | 2 | 0,942 | | | | | |
| | 3 | 0,504 | 0,345 | | | | |

Субассоциация ***U.d.–H.s. typicum*** (рис. 10, табл. 5, оп. 1–26) объединяет типичные сообщества ассоциации и не имеет собственных диагностических видов. Фитоценозы отличаются высоким проективным покрытием *Heracleum sosnowskyi*. Субассоциация включает устойчивые сообщества, наименее подверженные нарушениям по сравнению с другими подчиненными синтаксонами ассоциации (см. рис. 9). По распределению значений индексов нарушений растительного и почвенного покрова, видовой состав ценозов типичной субассоциации статистически отличается от ценофлоры варианта ***typica*** субассоциации ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** (см. табл. 4). Поскольку сообщества субасс. ***U.d.–H.s. typicum*** представлены практически моновидовыми травостоями, создаются условия затененности за счет крупных листьев борщевика, что способствует повышению влажности субстратов. Чаще всего такие сообщества формируются вблизи заброшенных ферм, мелиоративных каналов, в поймах рек и озер.



**Рис. 10.** Сообщества асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** субасс. ***typicum***

**Fig. 10.** Communities of the ass. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** subass. ***typicum***

**Таблица 5.** Ассоциация ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** субассоциация ***typicum***

**Table 5.** Association ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** subassociation ***typicum***

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | Константность и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № опис. в базе данных | 15 | 87 | 536 | 149 | 402 | 403 | 227 | 33 | 177 | 345 | 330 | 25 | 317 | 408 | 420 | 494 | 394 | 418 | 332 | 416 | 370 | 371 | 84 | 461 | 347 | 492 | |
| Количество видов | 12 | 12 | 2 | 4 | 10 | 7 | 14 | 10 | 6 | 6 | 12 | 16 | 10 | 14 | 16 | 23 | 8 | 16 | 12 | 15 | 11 | 23 | 10 | 11 | 15 | 17 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Д.в. ассоциации ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** и субассоциации ***typicum*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Heracleum sosnowskyi* | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | $V^4$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Urtica dioica* | . | + | . | 1 | 2 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | . | . | . | 1 | . | . | + | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | $III^+$ |
| *Chaerophyllum aromaticum* | . | 2 | . | . | 1 | . | + | . | . | . | 2 | . | . | . | . | + | 2 | 1 | . | . | 2 | 2 | . | . | . | . | $II^1$ |
| *Lupinus polyphyllus* | r | . | . | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | r | . | . | 1 | 2 | 2 | 3 | . | . | 2 | . | $II^+$ |
| *Anthriscus sylvestris* | r | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | + | . | . | r | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^r$ |
| *Arctium tomentosum* | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | . | 2 | . | + | . | . | . | . | . | . | . | 4 | . | . | . | $I^+$ |
| *Angelica archangelica* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | . | . | . | . | . | 1 | . | $I^r$ |
| *Aegopodium podagraria* | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cirsium arvense* | + | r | . | 1 | 1 | 2 | + | r | 1 | 2 | 1 | r | 1 | 1 | + | . | + | 1 | . | + | 2 | . | + | 2 | 2 | 2 | $V^r$ |
| *Elytrigia repens* | + | + | . | . | . | 2 | . | 2 | 1 | . | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | . | + | 2 | . | + | . | . | . | 1 | $IV^1$ |
| *Artemisia vulgaris* | . | . | . | . | + | + | 1 | + | . | . | 1 | . | 2 | + | + | 1 | . | + | + | 1 | r | + | + | . | . | . | $III^+$ |
| *Calamagrostis epigeios* | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | 2 | 2 | . | . | + | 2 | + | 2 | 2 | . | 2 | + | 2 | $III^1$ |
| *Silene latifolia* | r | r | . | . | r | 1 | r | . | . | . | . | . | . | r | . | r | . | . | . | + | . | r | . | . | . | . | $II^r$ |
| *Artemisia absinthium* | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | 1 | r | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Carduus acanthoides* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | 2 | . | $I^r$ |
| *Daucus carota* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | + | $I^r$ |
| *Sonchus arvensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | r | . | r | . | . | . | $I^r$ |
| *Bromopsis inermis* | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Tanacetum vulgare* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Equisetum arvense* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | + | . | . | . | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Dactylis glomerata* | . | r | . | . | . | . | + | . | . | 2 | 2 | . | 2 | + | 1 | + | . | + | . | 1 | + | + | . | 3 | 2 | 2 | $III^1$ |
| *Phleum pratense* | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | 2 | . | r | + | . | . | + | . | . | + | + | + | 1 | 2 | . | $II^+$ |
| *Achillea millefolium* | . | r | . | . | . | . | . | + | . | . | . | 2 | . | + | r | + | . | . | . | 1 | . | + | . | + | . | . | $II^r$ |
| *Vicia cracca* | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r | + | . | . | . | r | . | . | . | . | r | . | . | + | . | + | $II^r$ |
| *Schedonorus pratensis* | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | + | 1 | . | . | . | . | . | . | + | . | . | 2 | 1 | $II^r$ |
| *Galium mollugo* | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | r | . | . | . | r | . | . | . | 2 | $I^r$ |
| *Centaurea jacea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Taraxacum officinale* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | 2 | + | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Pimpinella saxifraga* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ |
| *Vicia sepium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Stellaria graminea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Poa pratensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | $I^r$ |
| *Agrostis capillaris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | r | . | . | . | . | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Trifolio–Geranietea sanguinei*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Trifolium medium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Hypericum perforatum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ |
| Прочие виды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Salix cinerea* | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | 2 | . | . | . | . | . | 2 | . | $I^+$ |
| *Betula pendula* | . | 2 | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Salix caprea* | . | 2 | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Salix triandra* | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | $I^r$ |
| *Phalaroides arundinacea* | r | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Hypericum maculatum* | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Erigeron canadensis* | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | $I^r$ |
| *Phragmites australis* | . | . | . | . | r | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Populus tremula* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Salix euxina* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ |
| *Malus pumila* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | $I^r$ |

Примечание. Отмечены в одном описании /№ описания (обилие)/: *Agrimonia eupatoria* 22 (r), *Agrostis gigantea* 23 (r), *Alnus glutinosa* 18 (r), *Alnus incana* 25 (1), *Arctium lappa* 7 (1), *Epilobium angustifolium* 15 (r), *Centaurea scabiosa* 16 (r), *Chenopodium album* 5 (+), *Cirsium vulgare* 16 (r), *Festuca rubra* 12 (2), *Frangula alnus* 26 (r), *Hieracium umbellatum* 22 (r), *Galeopsis bifida* 16 (r), *Geranium pratense* 15 (r), *Glechoma hederacea* 12 (+), *Lathyrus pratensis* 22 (r), *Lysimachia vulgaris* 9 (r), *Malus sylvestris* 26 (1), *Medicago lupulina* 24 (2), *Melilotus albus* 19 (+), *Melilotus officinalis* 19 (+), *Pastinaca sativa* 26 (2), *Erigeron annuus* 22 (r), *Picris hieracioides* 24 (2), *Pinus sylvestris* 26 (+), *Poa palustris* 7 (+), *Quercus robur* 26 (2), *Rubus idaeus* 1 (+), *Rumex acetosa* 16 (+), *Rumex crispus* 12 (+), *Rumex thyrsiflorus* 12 (r), *Salix myrsinifolia* 18 (1), *Salix pentandra* 25 (+), *Salix purpurea* 7 (r), *Salix viminalis* 25 (1), *Silene vulgaris* 16 (r), *Solidago canadensis* 22 (r), *Solidago gigantea* 20 (1), *Solidago virgaurea* 20 (2), *Sorbus aucuparia* 26 (r), *Trifolium aureum* 22 (r), *Trifolium repens* 12 (+), *Tripleurospermum inodorum* 23 (r), *Tussilago farfara* 19 (+).

Локализация описаний. Витебская обл.: оп. 1 – в 1.8 км западнее аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.608999, 29.082647), по обе стороны мелиоративного канала, 29.06.2019; оп. 2 – д. Шпаковщина (Полоцкий р-н; 55.466585, 28.332787), 03.07.2019; оп. 3 – в 1.1 км северо-западнее д. Турополье (Ушачский р-н; 55.174015, 28.973335), 23.07.2020; оп. 4 – аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.609444, 29.113339), 29.06.2019; оп. 5 – д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.266369, 29.966899), 27.07.2019; оп. 6 – д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.265053, 29.965617), 27.07.2019; оп. 7 – д. Шпаковщина (Полоцкий р-н; 55.467156, 28.332953), у дороги, 03.07.2019; оп. 8 – в 3.3 км юго-восточнее аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.585, 29.130862),

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | Константность и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № опис. в базе данных | 15 | 87 | 536 | 149 | 402 | 403 | 227 | 33 | 177 | 345 | 330 | 25 | 317 | 408 | 420 | 494 | 394 | 418 | 332 | 416 | 370 | 371 | 84 | 461 | 347 | 492 | |
| Количество видов | 12 | 12 | 2 | 4 | 10 | 7 | 14 | 10 | 6 | 6 | 12 | 16 | 10 | 14 | 16 | 23 | 8 | 16 | 12 | 15 | 11 | 23 | 10 | 11 | 15 | 17 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |

30.06.2019; оп. 9 – в 2.3 км юго-западнее от аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.590552, 29.100266), 30.06.2019; оп. 10 – 0.3 км юго-восточнее д. Михали (Витебский р-н; 55.2847, 30.013075), 28.07.2019; оп. 11 – д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.268036, 29.96425), 28.07.2019; оп. 12 – в 2.5 км южнее аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.59006, 29.110368), 29.06.2019; оп. 13 – в 0.6 км северо-восточнее д. Михали (Витебский р-н; 55.238014, 30.058128), 27.07.2019; оп. 14 – д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.266908, 29.969005), 28.07.2019; оп. 15 – в 0.8 км южнее д. Михали (Витебский р-н; 55.280483, 30.003553), 28.07.2019; оп. 16 – п. Судиловичи (Ушачский р-н; 55.109486, 28.463167), у заброшенной фермы, 21.07.2020; оп. 17 – в 0.7 км восточнее д. Прокуды (Витебский р-н; 55.241969, 30.090427), 27.07.2019; оп. 18 – в 1.0 км южнее д. Михали (Витебский р-н; 55.277943, 30.004663), 28.07.2019; оп. 19 – д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.266142, 29.971733), 28.07.2019; оп. 20 – в 0.9 км южнее д. Михали (Витебский р-н; 55.278756, 30.006141), 28.07.2019; оп. 21 – 0.6 км юго-западнее д. Старинцы (Витебский р-н; 55.083357, 30.273864), 24.07.2019; оп. 22 – в 0.4 км юго-западнее д. Старинцы (Витебский р-н; 55.08506, 30.273883), 24.07.2019; оп. 23 – д. Шпаковщина (Полоцкий р-н; 55.467462, 28.3345), вблизи хозяйственного двора, 03.07.2019; оп. 24 – в 1.6 км юго-западнее д. Ляхово (Ушачский р-н; 55.216456, 29.04031), у дороги, 23.07.2020; оп. 25 – в 0.9 км севернее д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.279094, 29.970833), 28.07.2019; оп. 26 – д. Апанасковичи (Ушачский р-н; 55.233481, 28.84283), 25.07.2020.

Авторы: оп. 4, 7, 9–11, 13, 19, 23–26 – Куликова Е. Я., оп. 1–2, 5–6, 8, 12, 14–15, 17–18, 20–22 – Ермоленкова Г. В., оп. 3, 16 – Ермоленкова Г. В., Добыш К. В.

Субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** subass. nov. hoc loco (рис. 11, табл. 6, оп. 1–14; номенклатурный тип (holotypus hoc loco) – оп. 6: Витебская обл., Полоцкий р-н, аг. Полота (55.609044, 29.112233), рядом с фермой, 29.07.2019, автор – Е.Я. Куликова).

Д. в.: *Heracleum sosnowskyi*, *Erigeron canadensis*, *Carduus acanthoides*.

Для травостоя субассоциации характерна высокая константность и небольшое проективное покрытие борщевика Сосновского, при высоком обилии и постоянстве другого инвазионного вида – мелколепестника канадского, а также чертополоха колючего. Такие фитоценозы широко распространены на землях, где проводилась химическая обработка зарослей борщевика. Как показывают наши наблюдения, а также других белорусских исследователей [45], после применения гербицидов (глифосатсодержащих или препаратов на основе сульфометурон-метила кислоты) уже на второй год *Erigeron canadensis* быстро захватывает обширные территории за счет высокой репродуктивной способности и активного расселения семян.

Химическая обработка борщевика Сосновского приводит к резкому сокращению его численности, нарушению растительного и почвенного покрова, в результате чего появляются сорные малолетние виды растений (значения положительных факторных нагрузок на первую главную компоненту характерны для *Carduus acanthoides* (0,42) и *Erigeron canadensis* (0,29) (см. рис. 11). В направлении второй главной компоненты изменчивость в геоботанической структуре данных определяет в основном обилие *Erigeron canadensis* (факторная нагрузка на PC2 составляет -0,45), а степень нарушения растительного покрова ($r = -0,43$, $p = 0,0048$) и нарушение почвенного покрова ($r = -0,41$, $p = 0,0067$) являются одними из ведущих факторов, структурирующих установленные синтаксоны.

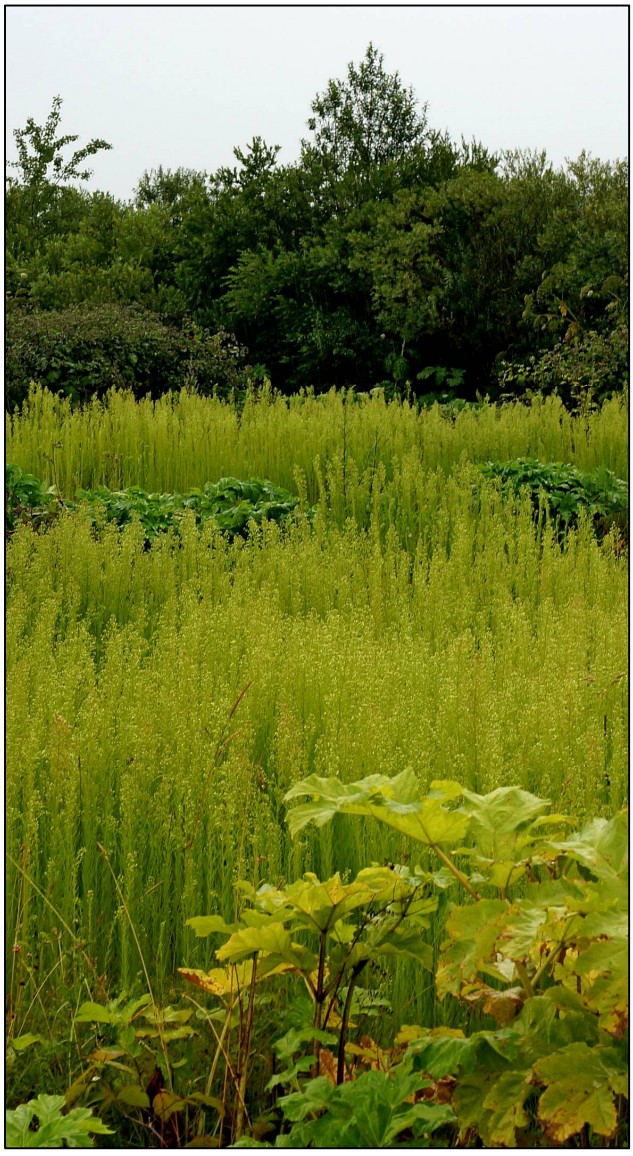


**Рис. 11.** Сообщества субассоциации ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensii*** вариант ***typica***

**Fig. 11.** Communities of the subassociation ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensii*** variant ***typica***

**Таблица 6**. Ассоциация ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (субассоциация ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** subass. nov. hoc loco: варианты ***typica*** и ***Tanacetum vulgare***)

**Table 6**. Association ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (subassociation ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** subass. nov. hoc loco: variants ***typica*** and ***Tanacetum vulgare***)

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Константность/ встречаемость и обилие | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 225 | 980 | 574 | 979 | 398 | 145 | 396 | 397 | 543 | 395 | 431 | 430 | 348 | 551 | 319 | 318 | 399 | | |
| Синтаксоны | ***typica* (а)** | | | | | | | | | | | | | | ***Tanacetum vulgare* (б)** | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | **а** | **б** |
| Количество видов | 14 | 21 | 9 | 41 | 7 | 14 | 7 | 8 | 7 | 15 | 11 | 12 | 17 | 10 | 24 | 24 | 22 | 74 | 45 |
| ОПП, % | 90 | 94 | 90 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | - | - |
| Д.в. ассоциации ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Heracleum sosnowskyi* | + | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | . | 5 | 2 | 2 | 2 | V$^{3}$ | 3$^{2}$ |
| Д.в. варианта ***typica*** субассоциации ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Erigeron canadensis* | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | + | + | + | r | . | . | . | 1 | V$^{2}$ | 1$^{r}$ |
| *Carduus acanthoides* | 2 | . | . | r | . | 2 | + | 3 | 3 | r | . | + | 4 | 1 | + | + | . | IV$^{2}$ | 2$^{r}$ |
| Д.в. варианта ***Tanacetum vulgare*** субассоциации ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Tanacetum vulgare* | . | r | . | r | . | . | . | + | . | r | . | . | + | . | 4 | 4 | 3 | II$^{r}$ | 3$^{4}$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Anthriscus sylvestris* | 1 | + | . | r | . | 1 | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | . | II$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Urtica dioica* | . | r | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | r | I$^{r}$ | 2$^{+}$ |
| *Chaerophyllum aromaticum* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | . | 2 | I$^{r}$ | 2$^{2}$ |
| *Epilobium angustifolium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | . | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Lupinus polyphyllus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Artemisia vulgaris* | 2 | 2 | 1 | r | + | 2 | . | 2 | . | 2 | . | + | + | . | . | 2 | 2 | IV$^{1}$ | 2$^{2}$ |
| *Cirsium arvense* | 1 | r | 2 | r | . | 2 | . | . | 1 | . | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | . | IV$^{1}$ | 2$^{1}$ |
| *Elytrigia repens* | 1 | r | 2 | 1 | . | 1 | . | . | . | . | + | + | 1 | 1 | . | . | 1 | IV$^{+}$ | 1$^{+}$ |
| *Arctium tomentosum* | . | 1 | 2 | . | 1 | . | r | r | 1 | + | 1 | + | . | + | . | 2 | . | IV$^{+}$ | 1$^{2}$ |
| *Calamagrostis epigeios* | . | + | . | . | . | . | . | 1 | 2 | 1 | . | . | r | . | 2 | . | 2 | II$^{+}$ | 2$^{2}$ |
| *Cichorium intybus* | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | + | + | . | II$^{r}$ | 2$^{+}$ |
| *Sonchus arvensis* | . | . | . | . | r | + | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | r | II$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Artemisia absinthium* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 1 | 1 | . | 3$^{1}$ |
| *Arctium lappa* | 2 | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I$^{+}$ | . |
| *Equisetum arvense* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| *Melilotus albus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| Д.в. класса ***Papaveretea rhoeadis*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Convolvulus arvensis* | 1 | r | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | II$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Tripleurospermum inodorum* | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Centaurea jacea* | . | . | . | r | . | . | . | 1 | r | r | r | r | r | . | 1 | 1 | r | III$^{r}$ | 3$^{1}$ |
| *Dactylis glomerata* | + | . | . | 2 | . | + | . | . | . | r | 1 | . | + | + | 2 | 2 | . | III$^{+}$ | 2$^{1}$ |
| *Phleum pratense* | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | r | + | + | + | r | . | 2 | . | III$^{r}$ | 1$^{+}$ |
| *Schedonorus pratensis* | + | . | . | 2 | . | + | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 2 | 1 | . | II$^{r}$ | 2$^{1}$ |
| *Achillea millefolium* | . | r | . | + | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | r | II$^{r}$ | 2$^{+}$ |
| *Galium mollugo* | 2 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | 1 | . | . | II$^{+}$ | 1$^{+}$ |
| *Silene latifolia* | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | r | I$^{r}$ | 2$^{r}$ |
| *Rumex crispus* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | r | I$^{r}$ | 2$^{+}$ |
| *Festuca rubra* | . | r | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| *Vicia cracca* | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Veronica chamaedrys* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| *Plantago lanceolata* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Taraxacum officinale* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | I$^{r}$ | 1$^{1}$ |
| *Vicia sepium* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Pimpinella saxifraga* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| Прочие виды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Salix cinerea* | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | I$^{r}$ | . |
| *Salix triandra* | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |
| *Populus tremula* | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | I$^{r}$ | 1$^{+}$ |
| *Malus pumila* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | I$^{r}$ | 1$^{r}$ |

Примечание. Отмечены в одном описании/№ описания (обилие)/: *Acer negundo* 7 (+), *Agrostis gigantea* 4 (+), *Armoracia rusticana* 17 (r), *Betula pendula* 2 (+), *Carex hirta* 4 (1), *Cyanus segetum* 16 (r), *Chenopodium album* 13 (r), *Consolida regalis* 4 (r), *Daucus carota* 4 (1), *Epilobium hirsutum* 5 (r), *Hieracium umbellatum* 12 (+), *Hypericum maculatum* 15 (+), *Hypericum perforatum* 12 (r), *Galeopsis bifida* 13 (+), *Galeopsis ladanum* 2 (r), *Galium rivale* 6 (+), *Galium verum* 4 (r), *Geranium palustre* 17 (r), *Knautia arvensis* 15 (r), *Lamium purpureum* 4 (r), *Malus sylvestris* 4 (r), *Odontites vulgaris* 4 (r), *Phragmites australis* 2 (+), *Poa angustifolia* 4 (1), *Poa palustris* 16 (+), *Poa pratensis* 1 (+), *Potentilla argentea* 15 (+), *Pyrus communis* 4 (r), *Rubus idaeus* 15 (r), *Rumex acetosa* 4 (+), *Salix alba* 7 (r), *Salix caprea* 10 (r), *Salix euxina* 17 (r), *Salix viminalis* 3 (+), *Sambucus nigra* 15 (r), *Sambucus racemosa* 7 (r), *Sonchus oleraceus* 2 (r), *Tragopogon orientalis* 4 (r), *Trifolium medium* 4 (r), *Trifolium pratense* 14 (+), *Triticum* sp. 16 (+), *Valeriana officinalis* 5 (r), *Vicia hirsuta* 4 (r), *Viola arvensis* 4 (r).

Локализация описаний. Витебская обл.: оп. 1 – д. Шпаковщина (Полоцкий р-н; 55.468165, 28.335181), 03.07.2019; оп. 2 – в 0.8 км южнее д. Колки (Ушачский р-н; 55.144311, 29.010413), у дороги, 21.08.2021; оп. 3 – д. Двор-Паулье (Ушачский р-н; 55.268091, 28.899856), 25.07.2020; оп. 4 – д. Малиновка (Ушачский р-н; 55.183495, 29.004254), 21.08.2024; оп. 5 – в 0.4 км северо-западнее д. Суйково (Витебский р-н; 55.238327, 30.088929), 27.07.2019; оп. 6 – аг. Полота (Полоцкий р-н; 55.609044, 29.112233), рядом с фермой, 29.07.2019; оп. 7 – в 0.7 км юго-восточнее д. Прокуды (Витебский р-н; 55.239318, 30.089172), 27.07.2019; оп. 8 – в 0.7 км юго-восточнее д. Прокуды (Витебский р-н; 55.238663, 30.087819),

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Константность/ встречаемость и обилие | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 225 | 980 | 574 | 979 | 398 | 145 | 396 | 397 | 543 | 395 | 431 | 430 | 348 | 551 | 319 | 318 | 399 | | |
| Синтаксоны | ***typica* (а)** | | | | | | | | | | | | | | ***Tanacetum vulgare* (б)** | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | **а** | **б** |

27.07.2019; оп. 9 – в 0.6 км северо-восточнее д. Двор-Усвея (Ушачский р-н; 55.231292, 29.078946), 23.07.2020; оп. 10 – в 0.8 км восточнее д. Прокуды (Витебский р-н; 55.240456, 30.090929), 27.07.2019; оп. 11 – в 2.3 км западнее п. Судиловичи (Ушачский р-н; 55.115956, 28.421035), у заброшенной фермы, 21.07.2020; оп. 12 – в 2.4 км западнее п. Судиловичи (Ушачский р-н; 55.118403, 28.420172), 21.07.2020; оп. 13 – в 0.8 км севернее д. Ворошилы (Витебский р-н; 55.279094, 29.970833), 28.07.2019; оп. 14 – в 0.2 км севернее д. Заозерье (Ушачский р-н; 55.010731, 28.38814), 24.07.2020; оп. 15 – север д. Суйково (Витебский р-н; 55.236444, 30.086581), 27.07.2019; оп. 16 – в 0.6 км северо-западнее д. Борщевка (Витебский р-н; 55.2383, 30.056972), 27.07.2019; оп. 17 – в 0.3 км севернее д. Суйково (Витебский р-н; 55.237425, 30.085914), 27.07.2019.

Авторы: оп. 1, 6, 11–13, 15–17 – Куликова Е. Я.; оп. 5, 7–10 – Ермоленкова Г. В.; оп. 3, 14 – Ермоленкова Г. В., Добыш К. В; оп. 2, 4 – Куликова Е. Я., Романюк А. С.

Наряду с видами класса ***Epilobietea angustifolii,*** высокой константностью и обилием отмечаются виды классов ***Artemisietea vulgaris, Papaveretea rhoeadis*** и ***Molinio-Arrhenatheretea***. Количество видов на 100 м$^2$ колеблется от 7 до 41, в среднем – 14 видов. Доля чужеродных видов во флористическом составе сообществ составляет 86% и является наибольшей среди всех описанных синтаксонов, что отчетливо отражено на рис. 4 (неофиты – 59%, археофиты – 5%). Показатели нарушений растительного и почвенного покровов также выделяются наибольшими значениями (см. рис. 7).

Сообщества данной субассоциации достоверно отличаются от отнесенных к типичной по распределению значений показателей освещености ($p = 0,013$) и кислотности субстратов ($p = 0,004$) (см. табл. 4), формируясь на более осветленных местообитаниях на почвах с менее кислой средой. Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 4,95–5,92 (5,27 – гигромезофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 6,07–6,83 (6,51 – слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,75–7,08 (6,45 – мезоэутрофные местообитания), освещение (L) – 7,12–7,80 (7,51 – условия с относительной освещенностью более 40%).

Фитоценозы вар. ***Tanacetum vulgare*** субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum canadensis*** (рис. 12, см. табл. 6, оп. 15–17) также формируются после химической обработки борщевика Сосновского и распознаются по обилию в травостое *Tanacetum vulgare*, при этом проективное покрытие *Heracleum sosnowskyj* составляет до 25%. В геоботанических описаниях сообществ варианта отмечено 45 видов. Средние показатели видового разнообразия (среднее видовое разнообразие на 100 м$^2$ – 23; индекс разнообразия Шеннона-Уивера – 2,33) показывают, что флористический состав сообществ данного варианта, в целом богаче, чем у других подчиненных синтаксонов асс. ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi*** (см. рис. 3). В сообществах варианта преобладают адвентивные виды (60%), хотя их доля меньше, чем в ценозах варианта ***typica*** субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum***. Среди чужеродных видов наибольший вклад вносят археофиты (см. рис. 4): *Arctium tomentosum, Artemisia absinthium, Carduus acanthoides, Cichorium intybus.* Сообщества описанного варианта не имеет статистически значимых отличий в распределении значений по экологическим факторам от ценозов субасс. ***U.d.–H.s. typicum*** и варианта ***typica*** субасс. ***U.d.–H.s. erigeronetosum*** ($p > 0,05$), что может быть связано с ограниченным объемом данных. Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 4,91–5,22 (5,11 – гигромезофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 6,14–6,59 (6,39 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,87–6,52 (6,20 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 7,35–7,65 (7,47 – условия с относительной освещенностью более 40%).



**Рис. 12.** Сообщества субассоциации ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensii*** вариант ***Tanacetum vulgaris***

**Fig. 12.** Communities of the subassociation ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensii*** variant ***Tanacetum vulgaris***

Управление, экономическое значение и биологическая опасность. Изначально борщевик Сосновского введен в культуру как силосное растение, масштабные проекты по его внедрению в производство предприняты в 1960–1970-х гг. В дальнейшем места первичного испытания и получения семенного материала стали центрами инвазии борщевика в антропогенно нарушенные и природные сообщества [29]. Прорастание семян *Heracleum sosnowskyi* зачастую растягивается на 10–15 лет за счет их разнокачественности и накопления в почвенном банке семян. Конкурентное преимущественно над аборигенными видами флоры достигается также за счет: способности переключаться с r-стратегии на K-стратегию в зависимости от условий окружающей среды, аллелопатии и эффективного поглощения азота [29, 46].

Меры по ограничению распространения и борьбы включают в себя выкашивание, ручное и механическое выкапывание стеблекорней, стравливание путем выпаса скота, использование гербицидов, запашка и посев травосмесей или посадка лесных культур [47].

Асс. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae*** Tx. 1967 (рис. 13, табл. 7).

Диагностические виды (D): *Aegopodium podagraria*.

Доминантные виды (Dm): *Aegopodium podagraria*.

Строение и видовой состав. Внешний облик сообществ определяет *Aegopodium podagraria*, образующая густые заросли. Травостой густой (проективное покрытие – 100%), двухъярусный. Первый подъярус (1,30–1,5 м) слагает высокорослое нитрофильное крупнотравье (*Anthriscus sylvestris, Artemisia vulgaris, Arctium lappa, Cirsium oleraceum* и др.). Второй подъярус, высотой 0,8–1,1 м, состоит из крупнотравья (*Aegopodium podagraria, Urtica dioica, Cirsium arvense, Filipendula ulmaria*) и злаков (*Dactylis glomerata, Alopecurus pratensis, Schedonorus pratensis, Elytrigia repens*).

Флористическое ядро сообществ представлено разнотравьем из классов ***Epilobietea angustifolii*** и ***Artemisietea vulgaris***, велико участие луговых видов класса ***Molinio- Arrhenatheretea***. Ценофлора включает 23 вида растений. Количество видов в описании колеблется от 5 до 13, составляя в среднем 9. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – в среднем 1,46 (пределы 0,99–1,7). Сообщества сформированы, в основном, аборигенными видами (95%), адвентивный компонент представлен археофитами (4%) (см. рис. 4): *Lamium purpureum, Arctium lappa.*

Экология и распространение. Сообщества формируются на деградирующих лугах с рыхлыми, обогащенными азотом, суглинистыми или супесчаными почвами. Ценозы ассоциации способны сохраняться в течение длительного времени на определенных участках и захватывать новые территории благодаря способности *Aegopodium podagraria* к размножению вегетативным путем посредством разрастания корневищ, особенно в условиях рыхлых плодородных почв.

Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,67–6,67 (6,10 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,45–6,54 (6,49 –слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 6,61–6,98 (6,76 – мезоэутрофные местообитания), освещение (L) – 6,75–7,06 (6,92 – условия с относительной освещенностью более 30%). Степень нарушения травостоя (DS): средняя – 0,48 (0,46–0,48); нарушение почвы (SD): слабое – 0,27 (0,26–0,29) (см. рис. 7). Среди всех исследуемых ассоциаций, данные сообщества выделяются наименьшими значениями показателей нарушенности.

Управление и экономическое значение. Сообщества способны к самоподдержанию в течение долгих лет (20 и более). Для борьбы со снытью используются механические методы (прополка, перекопка, удушение), агротехнические приемы (мульчирование, укрывные материалы) и химические средства (гербициды). *Aegopodium podagraria* – дикорастущее растение, богатое антиоксидантными веществами и витаминами, которые можно использовать в фармацевтической промышленности и употреблять в пищу [48]. Является медоносом, медопродуктивность сныти достигает 200 кг/га [49].



**Рис. 13.** Сообществ асс. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***

**Fig. 13.** Community of the ass. ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***

**Таблица 7.** Ассоциация ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***

**Table 7.** Association ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae***

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | Количество описаний и обилие |
|---|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 132 | 135 | 34 | |
| Количество видов | 13 | 5 | 10 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | |
| Д.в. ассоциации ***Elytrigio repentis–Aegopodietum podagrariae*** | | | | |
| *Aegopodium podagraria* | 5 | 4 | 4 | $3^4$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | |
| *Humulus lupulus* | 2 | . | . | $1^+$ |
| *Urtica dioica* | 1 | . | . | $1^+$ |
| *Stellaria aquatica* | + | . | . | $1^r$ |
| *Anthriscus sylvestris* | . | 2 | . | $2^1$ |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | |
| *Artemisia vulgaris* | + | . | r | $2^r$ |
| *Cirsium arvense* | . | 2 | 1 | $2^1$ |
| *Elytrigia repens* | 1 | . | . | $1^+$ |
| *Arctium lappa* | . | 1 | . | $1^+$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | |
| *Vicia cracca* | . | + | 1 | $2^+$ |
| *Lysimachia vulgaris* | 1 | . | . | $1^+$ |
| *Cirsium oleraceum* | 2 | . | . | $1^+$ |
| *Dactylis glomerata* | + | . | . | $1^r$ |
| *Alopecurus pratensis* | . | . | 2 | $1^2$ |
| *Schedonorus pratensis* | . | . | 2 | $1^1$ |
| *Galium mollugo* | . | . | 2 | $1^+$ |
| *Lathyrus pratensis* | . | . | + | $1^r$ |
| *Polemonium caeruleum* | . | . | r | $1^r$ |
| Прочие виды | | | | |
| *Lamium purpureum* | 2 | . | . | $1^+$ |
| *Lythrum salicaria* | 1 | . | . | $1^+$ |
| *Galeopsis tetrahit* | 1 | . | . | $1^+$ |
| *Filipendula ulmaria* | + | . | . | $1^r$ |
| *Phalaroides arundinacea* | . | . | 3 | $1^2$ |

Примечание. Локализация описаний. Витебская обл.: оп. 1 – в 0.6 км севернее д. Ореховичи (Полоцкий р-н; 55.480891, 28.907687), 28.06.2019; оп. 2 – в 0.8 км севернее д. Ореховичи (Полоцкий р-н; 55.482050, 28.904198), 28.06.2019; оп. 3 – в 3.3 км юго-восточнее д. Полота (Полоцкий р-н; 55.585729, 29.130535), 30.06.2019.

Авторы: 1–2 – Куликова Е. Я., оп. 3 – Ермоленкова Г. В.

Асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** Passarge 1975.

Диагностические виды (D): *Anthriscus sylvestris*.

Константные виды (C): *Achillea millefolium, Anthriscus sylvestris, Artemisia vulgaris, Cirsium arvense, Dactylis glomerata, Elytrigia repens, Schedonorus pratensis, Lupinus polyphyllus, Phleum pratense, Urtica dioica, Vicia cracca*.

Доминантные виды (Dm): *Anthriscus sylvestris, Elytrigia repens, Lupinus polyphyllus, Urtica dioica*.

Строение и видовой состав. Внешний облик сообществ определяет евроазиатский вид – *Anthriscus sylvestris*, достигающий в высоту 1,5 м. В густом травостое, проективное покрытие которого составляет 100%, выделяются 2 подъяруса. Первый подъярус, высотой 1,3–1,5 м, представлен высокорослым нитрофильным крупнотравьем: *Anthriscus sylvestris, Artemisia vulgaris, Arctium tomentosum*. Второй подъярус (0,8–1,1 м) слагают злаки – *Dactylis glomerata, Phleum pratense, Elytrigia repens* и разнотравье – *Achillea millefolium, Urtica dioica, Vicia cracca*. В некоторых сообществах проективное покрытие деревьев и кустарников (*Betula pendula, Populus tremula, Pyrus communis, Malus sylvestris, Rubus idaeus, Salix cinerea, S. pentandra, S. triandra, S. myrsinifolia*) может составляет от 3 до 35%.

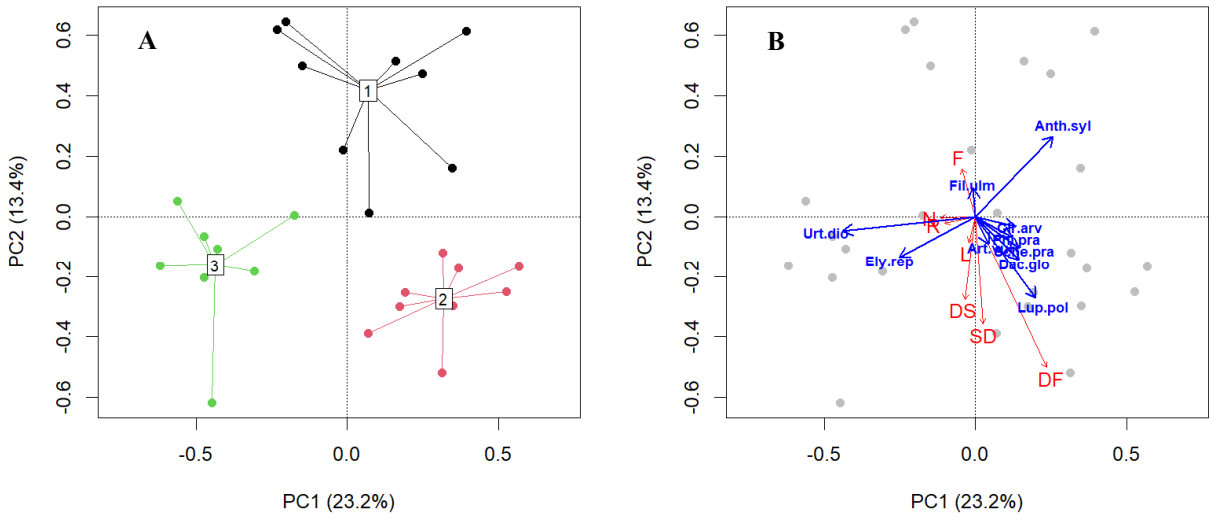
Ценофлора ассоциации слагается дву- и многолетними видами классов ***Epilobietea angustifolii*** и ***Artemisietea vulgaris***, наиболее константны из которых *Urtica dioica, Cirsium arvense, Artemisia vulgaris*, а также многолетними луговыми видами класса ***Molinio- Arrhenatheretea***: *Vicia cracca, Schedonorus pratensis, Galium mollugo*. В видовом составе ценозов преобладают аборигенные виды (89%) (см. рис. 4). Среди чужеродных видов бóльшая доля приходится на неофиты (10%), среди которых отмечены инвазионные виды (*Lupinus polyphyllus*, *Solidago gigantea, Heracleum sosnowskyi*), способные к активному расселению. Флористический состав ассоциации колеблется от 7 до 31 вида, в среднем составляет 18. Всего в ценофлоре сообществ отмечено 107 видов. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – в среднем 2,11 (пределы 1,13–2,73).

Экология и распространение. Такие сообщества формируются на деградированных лугах, часто примыкающих к лесным массивам, на

дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных и дерново-глееватых супесчаных и торфянистых почвах. Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,05–6,23 (5,56 – гигромезофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,88–6,70 (6,19 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,44–7,53 (6,22 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 6,91–7,41 (7,20 – условия с относительной освещенностью более 40%). Степень нарушения травостоя (DS): средняя – 0,47 (0,35–0,55); нарушение почвы (SD): слабое – 0,28 (0,20–0,33) (см. рис. 7).

Вариабельность. В составе ассоциации установлены 3 варианта: ***typica***, ***Lupinus polyphyllus*** и ***Urtica dioica***. Экологические условия формирования вариантов ассоциации представлены на рис. 14 и в табл. 8. В результате анализа методом главных компонент установлено, что первая и вторая компоненты суммарно объясняют 36,6% общей дисперсии. Анализ факторных нагрузок показал, что наибольший вклад в изменчивость фитоценозов вдоль оси PC1 вносят *Urtica dioica* (-0,55) и *Elytrigia repens* (-0,31), вдоль оси PC2 отрицательная направленность изменчивости в большей степени характерна для *Lupinus polyphyllus* (-0,33), положительная – для *Antriscus sylvestris* (0,33) (см. рис. 14B). Результаты корреляционного анализа главных компонент с накладываемыми экологическими градиентами указывают на статистически значимые отрицательные корреляции PC2 с частотой ($r = -0,60$, $p = 0,0012$) и степенью ($r = -0,47$, $p = 0,0156$) нарушения растительного покрова и нарушением почвенного покрова ($r = -0,50$, $p = 0,0086$). Статистически значимых корреляций рассматриваемых факторов с первой осью не выявлено.

Вар. ***typica*** (рис. 15, табл. 9, оп. 1–9) объединяет типичные сообщества ассоциации и не имеет собственных диагностических видов. Фитоценозы характеризуются обильно встречающимся купырем лесным (среднее его проективное покрытие составляет 59%). По сравнению с ценофлорой вар. ***Lupinus polyphyllus***, в видовом составе ценозов вар. ***typica*** более обильны и конс-




Вариабельность асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris***: 1 – вар. ***typica***, 2 – вар. ***Lupinus polyphyllus***, 3 – вар. ***Urtica dioica***.
Сокращения видовых названий растений (отображены только 10 видов с наибольшей нагрузкой на представленные оси): Anth.syl – *Anthriscus sylvestris*, Art.vul – *Artemisia vulgaris*, Cir.arv – *Cirsium arvense*, Dac.glo – *Dactylis glomerata*, Ely.rep – *Elytrigia repens*, Sche.pra – *Schedonorus pratensis*, Fil.ulm – *Filipendula ulmaria*, Lup.pol – *Lupinus polyphyllus*, Phl.pra – *Phleum pratense*, Urt.dio – *Urtica dioica*.
Обозначения экологических факторов см. на рис. 5.

**Рис. 14.** Распределение геоботанических описаний сообществ асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** (точки) в пространстве первой (PC1) и второй (PC2) главных компонент в результате PCA (A); PCA-biplot, представляющий распределение геоботанических описаний в пространстве главных компонент с видами растений (синие стрелки) и нанесенными на диаграмму переменными экологических факторов (красные стрелки) (B)

**Fig. 14.** Distribution of geobotanical descriptions of communities of the association ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** (dots) in the space of the first (PC1) and second (PC2) principal components as a result of PCA (A); PCA biplot representing the distribution of geobotanical descriptions in the space of principal components with plant species (blue arrows) and environmental factors (red arrows) (B)

**Таблица 8.** Значимость различий между установленными синтаксонами асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** по экологическим факторам

**Table 8.** Significance of differences between established syntaxons of acc. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** by environmental factors

| Экологический фактор | Синтаксон | | | Экологический фактор | Синтаксон | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | | | 1 | 2 |
| L | 1 | | 0,133 | DF | 1 | | 0,013* |
| | 2 | 0,133 | | | 2 | 0,013* | |
| | 3 | 0,075 | 0,810 | | 3 | 0,136 | 0,112 |
| F | 1 | | 0,251 | DS | 1 | | 0,005** |
| | 2 | 0,251 | | | 2 | 0,005** | |
| | 3 | 0,163 | 0,885 | | 3 | 0,024* | 0,736 |
| R | 1 | | 0,331 | SD | 1 | | 0,005** |
| | 2 | 0,331 | | | 2 | 0,005** | |
| | 3 | 0,039* | 0,039* | | 3 | 0,024* | 0,962 |
| N | 1 | | 0,791 | Примечание. Степень значимости обозначена звездочками: * – p < 0,05, ** – p < 0,01, *** – p < 0,001; 1–2 – синтаксоны, см. рис. 9; обозначение экологических факторов – см. подписи к рис. 5. | | | |
| | 2 | 0,791 | | | | | |
| | 3 | 0,112 | 0,136 | | | | |



**Рис. 15.** Сообщества асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** вар. ***typica***

**Fig. 15.** Community of the ass. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** var. ***typica***

тантны кустарники и раннесукцессионные виды деревьев: *Betula pendula, Populus tremula, Salix cinerea, S. pentandra, S. triandra.* Формирование древесно-кустарникового яруса приводит к изменяю микроклиматических показателей среды, в результате сообщества типичного варианта формируются в более затененных и влажных местообитаниях (см. рис. 6). Количество видов в описаниях колеблется от 7 до 31, составляя в среднем 17. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – 1,89 (пределы 1,13–2,72). Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,14–6,23 (5,70 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,89–6,65 (6,11 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,44–6,64 (6,04 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 6,91–7,26 (7,12 – условия с относительной освещенностью более 30%). Степень нарушения травостоя (DS): 0,43 (0,35–0,48); частота нарушения травостоя (DF): 1,62 (1,50–1,74); нарушение почвы (SD): 0,25 (0,20–0,28).

Вар. ***Lupinus polyphillus*** (рис. 16, см. табл. 9, оп. 10–18) дифференцирует инвазионный вид – *Lupinus polyphillus*, который определяет облик фитоценоза совместно с *Anthriscus sylvestris*.



**Рис. 16.** Сообщества асс. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** вар. ***Lupinus polyphyllus***

**Fig. 16.** Community of the ass. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestri*** var. ***Lupinus polyphyllus***

**Таблица 9.** Ассоциация ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** (варианты: ***typica***, ***Lupinus polyphyllus, Urtica dioica)***

**Table 9.** Association ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** (variants: ***typica***, ***Lupinus polyphyllus, Urtica dioica***)

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | Константность и обилие | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описан. в базе данных | 13 | 10 | 136 | 728 | 906 | 545 | 903 | 46 | 691 | 633 | 635 | 690 | 782 | 694 | 598 | 731 | 739 | 532 | 510 | 629 | 788 | 671 | 479 | 707 | 579 | 485 | | | | |
| Варианты | ***typica* (а)** | | | | | | | | | ***Lupinus polyphyllus* (б)** | | | | | | | | | ***Urtica dioica* (в)** | | | | | | | | **асс.** | **а** | **б** | **в** |
| Количество видов | 13 | 12 | 7 | 15 | 13 | 19 | 20 | 21 | 31 | 20 | 28 | 18 | 22 | 27 | 15 | 19 | 11 | 28 | 15 | 17 | 14 | 28 | 8 | 17 | 24 | 13 | 107 | 69 | 72 | 62 |
| ОПП, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | | |
| Д.в. ассоциации ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** и варианта ***typica*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Anthriscus sylvestris* | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | . | 2 | 2 | 3 | 2 | $V^3$ | $V^4$ | $V^3$ | $V^2$ |
| Д.в. варианта ***Lupinus polyphyllus*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Lupinus polyphyllus* | . | . | . | . | r | . | + | . | + | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | . | 2 | . | 2 | . | . | + | . | $III^2$ | $II^r$ | $V^2$ | $II^1$ |
| Д.в. варианта ***Urtica dioica*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Urtica dioica* | 1 | 1 | . | 2 | 3 | . | 2 | 2 | + | 1 | 2 | 2 | 2 | . | 2 | 1 | . | . | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | $V^2$ | $IV^2$ | $IV^1$ | $V^3$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Chaerophyllum aromaticum* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ | . |
| *Angelica archangelica* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $II^r$ | . |
| *Angelica sylvestris* | + | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^r$ | . | . |
| *Epilobium angustifolium* | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | . |
| *Galeopsis bifida* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cirsium arvense* | r | 2 | 2 | 2 | . | 2 | . | . | + | 2 | . | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | . | 1 | 2 | . | + | 1 | 1 | $IV^2$ | $IV^2$ | $V^2$ | $IV^1$ |
| *Artemisia vulgaris* | 2 | + | . | + | . | + | . | r | + | 1 | 1 | 2 | + | 2 | 2 | + | 2 | . | . | r | . | 1 | 2 | 2 | 2 | + | $IV^1$ | $IV^+$ | $V^1$ | $IV^2$ |
| *Elytrigia repens* | 2 | . | . | . | . | 2 | 2 | + | . | 2 | 2 | 2 | + | . | . | + | . | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | $IV^2$ | $III^2$ | $III^1$ | $V^2$ |
| *Silene latifolia* | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | r | . | r | . | 1 | r | r | . | . | . | + | $II^r$ | $I^r$ | $II^r$ | $III^r$ |
| *Arctium tomentosum* | . | . | . | 1 | 1 | . | r | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^r$ | $II^r$ | $I^r$ | . |
| *Equisetum arvense* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | + | 2 | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $II^r$ | $I^r$ |
| *Calamagrostis epigeios* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | + | . | . | . | 2 | . | . | + | 1 | . | . | + | . | $II^r$ | . | $II^r$ | $II^r$ |
| *Arctium lappa* | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | 2 | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | $II^+$ |
| *Tussilago farfara* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| *Tanacetum vulgare* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| *Sonchus arvensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $II^r$ |
| *Carduus acanthoides* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Vicia cracca* | + | . | 1 | + | . | + | r | + | . | + | + | + | + | + | . | + | + | r | + | + | . | + | . | . | 1 | 1 | $IV^+$ | $IV^+$ | $IV^+$ | $IV^+$ |
| *Dactylis glomerata* | . | + | 2 | + | . | 1 | . | . | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | + | r | 1 | + | 2 | 1 | 2 | . | $V^2$ | $III^+$ | $V^2$ | $V^1$ |
| *Phleum pratense* | 2 | . | . | + | . | + | . | 1 | + | 2 | . | 1 | 2 | + | 2 | 1 | 2 | 2 | . | r | r | . | 1 | + | + | . | $IV^1$ | $III^+$ | $V^2$ | $IV^r$ |
| *Schedonorus pratensis* | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | 1 | 2 | 1 | . | + | 2 | 2 | . | + | 2 | + | r | . | . | . | + | + | . | $III^+$ | $II^r$ | $IV^2$ | $III^r$ |
| *Achillea millefolium* | + | . | . | . | . | + | . | . | 1 | . | r | . | + | r | . | r | . | + | r | + | . | + | . | 1 | r | . | $III^r$ | $II^r$ | $III^r$ | $IV^+$ |
| *Galium mollugo* | . | 1 | . | + | . | . | 1 | 1 | . | . | r | . | . | + | . | . | . | + | . | + | r | + | . | . | . | . | $II^r$ | $III^+$ | $II^r$ | $II^r$ |
| *Stellaria graminea* | . | . | . | . | . | + | . | . | + | r | . | r | . | . | r | r | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | $II^r$ | $I^r$ | $III^r$ | $I^r$ |
| *Deschampsia cespitosa* | . | . | . | . | . | r | r | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^r$ | $I^r$ | . |
| *Veronica chamaedrys* | . | . | . | r | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | + | r | . | . | . | . | . | . | . | + | . | $II^r$ | $II^r$ | $II^r$ | $I^r$ |
| *Vicia sepium* | . | . | . | + | . | r | . | . | r | . | . | + | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^r$ | $II^r$ | . |
| *Centaurea jacea* | . | . | . | . | . | + | . | . | . | r | r | + | . | . | . | . | + | . | | | | + | | | | | $II^r$ | $I^r$ | $II^r$ | $I^r$ |
| *Filipendula ulmaria* | . | . | + | . | . | . | 2 | 2 | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^1$ | $I^r$ | . |

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | Константность и обилие | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описан. в базе данных | 13 | 10 | 136 | 728 | 906 | 545 | 903 | 46 | 691 | 633 | 635 | 690 | 782 | 694 | 598 | 731 | 739 | 532 | 510 | 629 | 788 | 671 | 479 | 707 | 579 | 485 | | | | |
| Варианты | ***typica* (а)** | | | | | | | | | ***Lupinus polyphyllus* (б)** | | | | | | | | | ***Urtica dioica* (в)** | | | | | | | | **асс.** | **а** | **б** | **в** |
| *Argentina anserina* | . | . | . | . | . | . | + | . | 2 | . | . | . | . | + | 1 | . | . | . | | | | | | r | | | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ | $I^r$ |
| *Lathyrus pratensis* | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ | . |
| *Poa palustris* | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ | . |
| *Knautia arvensis* | . | . | . | . | . | r | . | r | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | r | . | $I^r$ | $II^r$ | $I^r$ | $II^r$ |
| *Geum rivale* | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | r | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | . |
| *Leucanthemum vulgare* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $II^r$ | . |
| *Alchemilla vulgaris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | $I^r$ | . | $II^r$ | $I^r$ |
| *Festuca rubra* | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ | $I^+$ | $I^r$ | . |
| *Ranunculus repens* | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | . |
| *Valeriana officinalis* | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ |
| *Taraxacum officinale* | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ |
| *Poa angustifolia* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | . |
| *Mentha arvensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | . |
| *Trifolium hybridum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | . |
| *Lysimachia vulgaris* | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | . | $I^r$ |
| *Geranium palustre* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| *Poa pratensis* | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | . | $I^r$ |
| *Stachys palustris* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| *Veronica longifolia* | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | $I^r$ | $I^r$ | . | $I^r$ |
| *Trifolium pratense* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| *Rumex crispus* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | $I^r$ |
| Д.в. класса ***Trifolio–Geranietea sanguinei*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Trifolium medium* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | + | . | . | . | + | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $III^+$ | . |
| *Agrimonia eupatoria* | . | . | . | . | . | r | . | . | r | . | . | . | r | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $II^r$ | . |
| *Hypericum perforatum* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $II^r$ | . |
| Прочие виды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Salix cinerea* | . | r | + | . | + | . | + | 1 | 2 | . | r | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^r$ | $IV^+$ | $II^r$ | . |
| *Phalaroides arundinacea* | . | . | . | + | 2 | . | . | 1 | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^r$ | $II^+$ | $I^r$ | . |
| *Rubus idaeus* | . | . | . | . | + | r | 3 | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ | $II^1$ | $I^r$ | . |
| *Hypericum maculatum* | 2 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^+$ | $I^r$ | . |
| *Convolvulus arvensis* | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $II^r$ | . |
| *Betula pendula* | . | . | . | . | r | . | . | 2 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | . | $I^r$ | $II^+$ | $I^r$ | $II^r$ |
| *Populus tremula* | . | r | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^r$ | . | . |
| *Salix pentandra* | . | r | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $II^r$ | . | . |
| *Salix triandra* | . | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | . | $I^r$ | $II^r$ | . | $II^r$ |
| *Salix caprea* | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | + | . | . | . | . | . | 2 | . | $I^r$ | $I^r$ | | $II^r$ |
| *Pyrus communis* | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | . |
| *Salix myrsinifolia* | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | $I^r$ | . |
| *Carex spicata* | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | . |
| *Malus sylvestris* | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^r$ | . | $I^r$ | . |
| *Heracleum sosnowskyi* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | r | . | 2 | $I^r$ | . | $I^r$ | $II^+$ |
| *Malus pumila* | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | + | . | $I^r$ | $I^r$ | . | $II^r$ |
| *Phalaroides arundinacea* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | 2 | $I^r$ | . | . | $II^r$ |
| *Campanula glomerata* | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | . | $I^r$ |
| *Pinus sylvestris* | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | $I^r$ | $I^r$ | . | $I^r$ |

| № описания в таблице | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | Константность и обилие | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № описан. в базе данных | 13 | 10 | 136 | 728 | 906 | 545 | 903 | 46 | 691 | 633 | 635 | 690 | 782 | 694 | 598 | 731 | 739 | 532 | 510 | 629 | 788 | 671 | 479 | 707 | 579 | 485 | | | | |
| Варианты | ***typica* (а)** | | | | | | | | | ***Lupinus polyphyllus* (б)** | | | | | | | | | ***Urtica dioica* (в)** | | | | | | | | **acc.** | **а** | **б** | **в** |
| *Alnus glutinosa* | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | I$^{r}$ | . | I$^{r}$ | I$^{r}$ |
| *A. incana* | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | I$^{r}$ | I$^{r}$ | . | I$^{r}$ |

Примечание. Отмечены в одном описании: *Aegopodium podagraria* 22 (2), *Agrostis capillaris* 1 (+), *Alopecurus pratensis* 5 (2), *Bromopsis inermis* 22 (2), *Campanula patula* 9 (r), *Carum carvi* 14 (+), *Cerastium arvense* 19 (r), *Cichorium intybus* 18 (r), *Cirsium oleraceum* 13 (r), *Cuscuta europaea* 24 (+), *Daucus carota* 14 (r), *Epilobium angustifolium* 22 (1), *Equisetum sylvaticum* 9 (+), *Schedonorus giganteus* 13 (r), *Galeopsis speciosa* 14 (r), *Galium rivale* 26 (2), *Glechoma hederacea* 6 (r), *Avenula pubescens* 18 (2), *Heracleum sibiricum* 25 (r), *Hieracium umbellatum* 9 (r), *Hypericum maculatum* 22 (+), *Inula salicina* 18 (r), *Leonurus quinquelobatus* 23 (+), *Leucanthemum vulgare* 22 (r), *Melampyrum nemorosum* 9 (r), *Melilotus albus* 11 (r), *Pastinaca sativa* 18 (+), *Phragmites australis* 22 (r), *Pimpinella saxifraga* 6 (+), *Populus tremula* 20 (2), *Ranunculus acris* 15 (r), *Rubus caesius* 8 (2), *Rubus idaeus* 25 (1), *Rumex crispus* 14 (r), *Salix cinerea* 22 (r), *Scirpus sylvaticus* 8 (1), *Solidago gigantea* 11 (r), *Solidago virgaurea* 9 (r).

Локализация описаний. Витебская обл: оп. 1 – 1.6 км восточнее д. Богатырская (Полоцкий р-н; 55.499238, 28.874777), 28.06.2019; оп. 2 – 1.8 км восточнее д. Богатырская (Полоцкий р-н; 55.500789, 28.878969), 28.06.2019; оп. 3 – 0.3 км северо-западнее д. Ореховичи (Полоцкий р-н; 55.477389, 28.903531), 28.06.2019; оп. 4 – д. Илгайцы (Браславский р-н; 55.572357, 26.779838), 01.09.2022; оп. 5 – в 1.4 км д. Мехи (Шумилинский р-н; 55.219663, 29.467013), 02.06.2022; оп. 6 – в 0.2 км северо-западнее д. Антуново (Ушачский р-н; 54.953614, 28.356518), 24.07.2020; оп. 7 – в 1.0 км западнее д. Боськово (Шумилинский р-н; 55.233916, 29.510447), 02.06.2022; оп. 8 – в 3.3 км юго-западнее д. Полота (Полоцкий р-н; 55.588414, 29.07498), 01.07.2019; оп. 9 – д. Великянцы (Браславский р-н; 55.648361, 26.8419), 30.08.2022; оп. 10 – в 2.4 км д. Заозерье (Россонский р-н; 55.891533, 28.90934), 26.07.2020; оп. 11 – в 1.4 км северо-западнее д. Драгуново (Россонский р-н; 55.901241, 28.968938), 26.07.2020; оп. 12 – д. Пликишки (Браславский р-н; 55.660247, 26.839558), 30.08.2022; оп. 13 – в 1.4 км д. Оскато (Городокский р-н; 55.553588, 29.812298), 16.08.2023; оп. 14 – в 0.5 км юго-западнее д. Вяжи (Браславский р-н; 55.666620, 26.810536), 30.08.2022; оп. 15 – в 0.6 км северо-западнее д. Седлово (Россонский р-н; 55.736477, 28.712156), 27.07.2020; оп. 16 – в 1.6 км юго-восточнее д. Илгайцы (Браславский р-н; 55.566374, 26.797851), 01.09.2022; оп. 17 – в 1.5 км западнее д. Герчаны (Браславский р-н; 55.609674, 26.776652), 01.09.2022; оп. 18 – юго-восток д. Слободка (Ушачский р-н; 55.166675, 28.949449), 23.07.2020; оп. 19 – в 1.4 км юго-западнее д. Слободка Гущинская (Ушачский р-н; 55.123132, 28.410344), 22.07.2020; оп. 20 – северо-запад д. Гречушино (Россонский р-н; 55.877495, 28.871372), 26.07.2020; оп. 21 – в 0.7 км западнее д. Мыльнище (Городокский р-н; 55.574967, 29.792866), 16.08.2023; оп. 22 – в 1.7 км северо-западнее д. Бухово (Россонский р-н; 55.862640, 29.337077), 28.07.2020; оп. 23 – юг д. Рагозино (Ушачский р-н; 55.064073, 28.349931), 24.07.2020; оп. 24 – в 0.1 км юго-восточнее д. Штоковцы (Браславский р-н; 55.743052, 27.180598), 31.08.2022; оп. 25 – север д. Гречушино (Россонский р-н; 55.881221, 28.873274), 26.07.2020; оп. 26 – в 1.4 км юго-восточнее д. Великие Дольцы (Ушачский р-н; 55.051669, 28.447595), 24.07.2020.

Авторы: оп. 1–2, 5, 8 – Ермоленкова Г. В., оп. 3, 15, 23, 25, 26 – Куликова Е. Я., оп. 4, 9, 12, 14, 16–17, 24 – Куликова Е. Я., Добыш К. В., оп. 6–7, 10–11, 18–20, 22 – Ермоленкова Г. В., Добыш К. В., оп. 13, 21 – Куликова Е. Я., Романюк А. С.

Вид-инвайдер *Lupinus polyphillus*, ранее использовавшийся как декоративная культура и обогатитель лесных почв азотом [50], является агрессивным видом по отношению к аборигенной флоре не только Европы [51], но и других регионов мира [52]. По сравнению с ценозами вар. ***typica*** и вар. ***Urtica dioica***, сообщества характеризуются более высоким уровнем видового разнообразия (среднее количесво видов – 21; индекс разнообразия Шеннона-Уивера – 2,35). В ценофлоре варианта, кроме диагностических видов класса ***Epilobietea angustifolii*** и ***Artemisietea vulgaris,*** обильно представлены луговые растения класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** (*Dactylis glomerata, Phleum pratense, Schedonorus pratensis, Stellaria graminea*). Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,05–5,88 (5,48 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,96–6,38 (6,13 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,67–6,37 (6,10 – эумезотрофные местообитания), освещение (L) – 7,02–7,41 (7,21 – условия с относительной освещенностью более 30%).

Вар. ***Urtica dioica*** (рис. 17, см. табл. 9, оп. 19–26) дифференцирует *Urtica dioica*, образующая густые заросли и определяющая физиономию сообществ. Первый подъярус (1–1,5 м) слагают *Urtica dioica, Anthriscus sylvestris, Aegopodium podagraria, Lupinus polyphyllus, Artemisia vulgaris, Arctium tomentosum, A. lappa, Calamagrostis epigeios, Cirsium arvense, Elytrigia repens.* Во втором подъярусе (0,6–0,8 м) обильны *Vicia cracca, Phleum pratense, Schedonorus pratensis, Galium mollugo*. В отсутствие сельскохозяйственного использования в ряде сообществ развивается древесно-кустарниковый ярус, состоящий из *Betula pendula, Alnus incana, A. glutinosa, Malus pumila, Salix caprea, S. triandra, S. cinerea.* В ценофлоре варианта обильны диагностические виды классов ***Epilobietea angustifolii*** и ***Artemisietea vulgaris***, а также константны виды класса ***Molinio-Arrhenatheretea***. Всего в геоботанических описаниях данных сообществ отмечено 62 вида растений. Количество видов на 100 м$^2$ колеблется от 8 до 28, составляя в среднем 17. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) – в среднем 2,09 (пределы 1,69–2,60). Во флористическом составе сообществ доминируют аборигенные виды (90%). Среди адвентивных видов преобладающей группой являются археофиты: *Silene latifolia, Arctium lappa, Arctium tomentosum*, что свидетельствует об относительно стабильных экологических условиях при умеренной степени антропогенного воздействия. Сообщества вар. ***Urtica dioica*** формируются на пахотнопригодных землях, которые длительное время не использовались по целевому назначению, на богатой минеральным азотом и умеренно увлажненной почве. Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,27–5,91 (5,50 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 5,99–6,71 (6,35 – умеренно кислые и слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 5,88–7,53 (6,57 – мезоэутрофные местообитания), освещение (L) – 7,17–7,36 (7,25 – полуосвещенные условия, относительная освещенность более 30%). Такие фитоценозы формируются в условиях умеренного нарушения: степень нарушения травостоя (DS): 0,49 (0,44–0,55); частота нарушения травостоя (DF): 1,66 (0,61–1,74); нарушение почвы (SD): 0,29 (0,26–0,33).

Флористический состав сообществ вариантов ***Lupinus polyphyllus*** и ***Urtica dioica*** достоверно отличается от ценофлоры типичного варианта по значениям показателей степени нарушения растительного покрова и нарушения почвы (см. табл. 8). Ценозы вар. ***Lupinus polyphillus*** формируются в более нарушенных местообитаниях: степень нарушения травостоя (DS): 0,48 (0,46–0,49); частота нарушения травостоя (DF): 1,71 (1,61–1,78); нарушение почвы (SD): 0,29 (0,25–0,30). С фактором нарушения связано и бóльшее обилие чужеродных растений (19% по сравнению с 3%) в травостоях сообществ вар. ***Lupinus polyphillus***.



**Рис. 17.** Сообщества acc. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestris*** вар. ***Urtica dioica***

**Fig. 17.** Community of the ass. ***Symphyto officinalis–Anthriscetum sylvestri*** var. ***Urtica dioica***

Управление, экономическое значение и биологическая опасность. Купырь лесной представляет собой нежелательный сорняк, который обладает большой репродуктивной способностью не только за счет генеративного, но и за счет вегетативного размножения. Поэтому даже после повреждений способен быстро регенерировать зеленую массу [34]. При пастбищной нагрузке всходы быстро погибают, и сам купырь долго не удерживается в травостое [53]. В условиях сенокошения такие травостои постепенно будут заменяться злаковыми фитоценозами, в отсутствии – будут зарастать древесно-кустарниковой растительностью. Распространение сообществ с *Anthriscus sylvestris* обусловлено, прежде всего, эвтрофизацией местообитаний – купырь заселяет участки вдоль каналов и дорог, где скапливается значительное количество биогенных (азотсодержащих) веществ [54]. *Anthriscus sylvestris* содержит много белка и мало клетчатки, богат кобальтом и кальцием, что отражает его высокие кормовые качества. При этом, предпочтительнее заготавливать купырь в виде силоса, а не сена [53]. Кроме того, *Anthriscus sylvestris* является пищевым растением и ранним майским медоносом [55].

Acc. ***Reynoutrietum japonicae*** Görs et Müller in Görs 1975 (рис. 18, табл. 10, оп. 9–10).

Диагностические виды (D): *Reynoutria japonica, R. sachalinensis*.

Доминантные виды (Dm): *Reynoutria japonica, R. sachalinensis*.

Строение и видовой состав. Фитоценозы распознаются по доминированию инвазионных восточноазиатских видов – *Reynoutria japonica* и *R. sachalinensis*, образующие густые монодоминантные заросли (проективное покрытие травостоя – 100%), достигающие в высоту 2–3 м. Другие виды растений, в основном высокорослое нитрофильное крупнотравье, встречаются преимущественно по периферии сообществ: *Urtica dioica, Anthriscus sylvestris, Aegopodium podagraria*, *Artemisia vulgaris, Cirsium arvense, Arctium tomentosum, Elytrigia repens*.

В ценофлоре ассоциации наибольшим обилием и константностью выделяются диагностические виды классов ***Epilobietea angustifolii*** и ***Artemisietea vulgaris***. Число видов в описаниях колеблется от 6 до 9, всего отмечено 12 видов. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H′) в среднем составляет 0,81 (пределы 0,45–1,17). Ценозы не отличаются видовым богатством, что объясняется высокими эдификаторными свойствами ценозообразующих видов, которые создают сильный затеняющий полог на протяжении длительного вегетационного периода, а корневые выделения данных растений имеют сильное аллелопатическое воздействие на другие виды [57]. В составе чужеродного компонента ценофлоры преобладают неофиты (81%), представленные диагностическими видами ассоциации.

Вариабельность. Фитоценотическое разнообразие ассоциации ***Reynoutrietum japonicae*** отражено в двух вариантах. Физиономический облик сообществ вар. ***typica***, определяет высокое обилие и константность *Reynoutria japonica,* а в ценозах вар. ***Reynoutria sachalinensis*** доминирует данный вид.

Экология и распространение. Долгосерийные монодоминантные сообщества высокорослых многолетников, сформированные чужеродными видами (*Reynoutria japonica, R. sachalinensis*), а также их гибридом (*R. x bohemica*), приуроченные к антропогенно нарушенным, нитрифицированным субстратам.

Синфитоиндикационные оценки составляют (в баллах): режим влажности (F) – 5,46–5,80 (5,63 – мезогигрофитные местообитания), кислотность субстрата (R) – 6,36–6,58 (6,47 – слабокислые условия), богатство почв азотом (N) – 6,61–7,60 (7,10 – мезоэутрофные местообитания), освещение (L) – 6,98–7,35 (7,16 – полуосвещенные условия, относительная освещенность более 30%). Степень нарушения травостоя (DS): 0,53 (0,50–0,55); частота нарушения травостоя (DF): 1,61 (1,56–1,66); нарушение почвы (SD): 0,30 (0,29–0,30).



**Рис. 18.** Сообщества acc. ***Reynoutrietum japonicae***

**Fig. 18.** Community of the ass. ***Reynoutrietum japonicae***

Управление, экономическое значение и биологическая опасность. Сообщества ассоциации формируются на антропогенно нарушенных субстратах, а впоследствии зачатки размножения (обломки корневищ) могут укореняться и формировать группировки в месте естественных природных нарушений. Поскольку на территории Беларуси виды рода *Reynoutria* не размножаются семенным способом, а нарастание корневищ идет довольно медленными темпами, то при снятии режима нарушений стремительного расширения данных сообществ не отмечено. Благодаря сильным эдификаторным свойствам доминанта, ценозы способны существовать долгие годы (более 20 лет).

Несмотря на высокие декоративные качества растений, а также пищевую и кормовую ценность, *Reynoutria japonica* и *R. sachalinensis* включены в Черную книгу флоры Беларуси. Эти долгосерийные сообщества с упрощенным строением вытесняют аборигенные виды растений, выделяя аллелохимические вещества [57] и формируя долгоразлагающийся опад [58], наносят экономический урон на территории населенных пунктов [29]. Кроме того, сообщества рейнутрии, снижая доступность света и уменьшая эктомикоризную колонизацию корневых систем деревьев, способны негативно воздействовать на выживаемость и рост саженцев деревьев [59]. Для устранения сообществ требуются истребительные мероприятия: выкопка корневищ растения, применение гербицидов, непрозрачного укрывного материала, многократное скашивание и т.д. Предложен и биологический способ борьбы: двукрылое насекомое *Aphalara itadori* питается и размножается только на *Reynoutria japonica* (и на некоторых других близких видах этого рода), что делает этих насекомых перспективными кандидатами для борьбы с рейнутрией [60].

**Таблица 10.** Ассоциация ***Reynoutrietum japonicae*** (варианты: ***typica, Reynoutria sachalinensis***)

**Table 10.** Association ***Reynoutrietum japonicae*** (variants: ***typica, Reynoutria sachalinensis***)

| № описания в таблице | 1 | 2 | Количество описаний и обилие |
|---|---|---|---|
| № описания в базе данных | 742 | 278 | |
| Количество видов | 6 | 9 | |
| ОПП, % | 100 | 100 | |
| Д. в. ассоциации ***Reynoutrietum japonicae*** и варианта ***typica*** | | | |
| *Reynoutria japonica* | 5 | . | $1^3$ |
| Д.в. варианта ***Reynoutria sachalinensis*** | | | |
| *Reynoutria sachalinensis* | . | 5 | $1^3$ |
| Д.в. класса ***Epilobietea angustifolii*** | | | |
| *Urtica dioica* | 1 | 2 | $2^2$ |
| *Anthriscus sylvestris* | r | . | $1^r$ |
| *Arctium tomentosum* | r | . | $1^r$ |
| *Aegopodium podagraria* | . | 2 | $1^1$ |
| Д.в. класса ***Artemisietea vulgaris*** | | | |
| *Cirsium arvense* | + | + | $2^+$ |
| *Artemisia vulgaris* | r | 2 | $2^1$ |
| *Elytrigia repens* | . | 1 | $1^+$ |
| *Arctium tomentosum* | r | . | $1^r$ |
| Д.в. класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | |
| *Vicia cracca* | . | + | $1^+$ |
| *Phleum pratense* | . | 1 | $1^+$ |
| Прочие виды | | | |
| *Hypericum perforatum* | . | + | . |

Примечание. Локализация описаний. Витебская обл.: оп. 1 – в 1.0 км западнее д. Милюнцы (Браславский р-н; 55.528548, 26.749543), 01.09.2022; оп. 2 – в 1.1 км юго-восточнее д. Обухово (Витебский р-н; 55.196639, 30.433478), 23.07.2019.

Авторы: оп. 1 – Куликова Е. Я., Добыш К. В., оп. 2 – Куликова Е. Я.

## Заключение

Травяные нитрофитные сообщества класса ***Epilobietea angustifolii*** широко представлены на залежных землях сельхозназначения в пределах Белорусской Поозерской провинции. Установлено, что ведущими экологическими факторами, определяющими особенности флористического состава и экологическую дифференциацию исследуемых рудеральных фитоценозов, являются режим освещенности местообитаний, степень и частота нарушений растительного покрова. Разработанная классификационная схема включает 1 порядок, 1 союз, 5 ассоциаций, 2 субассоциации и 7 вариантов.

В качестве новой для науки описана 1 субассоциация – ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensis*** subass. nov. hoc loco, объединяющая растительные сообщества, формирование которых обусловлено применением средств химической обработки зарослей борщевика Сосновского. Фитоценозы с господством инвазионных видов (*Heracleum sosnowskyi, Erigeron canadensis, Reynoutria japonica*) требуют особого контроля.

Знания о видовом составе и структуре спонтанной растительности постагрогенных экосистем в разных почвенных условиях имеют не только научную, но и хозяйственную значимость, способствуют более глубокому пониманию процессов демутации залежей, необходимому для прогнозирования состояния экосистем.

**Благодарности**

*Исследование выполнено при поддержки государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2016–2020 и 2020–2025 годы, подпрограмма «Исследование и использование космического пространства в мирных целях».*

**Литература**

1. Залежная растительность Тувы (флора, фитоценология, структурно-функциональная организация): монография / А. В. Ооржак, М. М. Куулар, Б. Б. Намзалов, Н. Г. Дубровский; отв. ред. С. О. Ондар. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. – 92 с.
2. Попова, А. А. Биоэкологический анализ фитоценозов в динамике самовосстановления постагрогенных экосистем в пойме р. Северная Двина / А. А. Попова, Т. А. Паринова, Е. Н. Наквасина // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2019. – №1 (29). – С. 30–40.
3. Braun-Blanquet, J. Pfanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – New-York: Springer, Verlag, 1964. – 888 p.
4. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bueltmann, K. Dierben [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19 (S. 1). – P. 3–264.
5. Булохов, А. Д. Нитрофитные травяные сообщества класса *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 в Сожско-Деснинском междуречье / А. Д. Булохов, Ю. А. Семенищенков, Н. Н. Панасенко // Растительность России. – 2018. – № 33. – С. 19–40.
6. Физико-географическое районирование Беларуси в Европейской десятичной системе районирования / Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицунова, И. И. Счастная, О. Ф. Якушко // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2001. – № 1. – С. 85–90.
7. Энцыклапедыя прыроды Беларусі: у 5 т. / рэдкал.: І. П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мн.: Беларус. Сав. Энцыклапедыя, 1983–1986. – Т. 1 : Аалiты– Гасцінец. – 1983. – 575 с.
8. Нацыянальны атлас Беларусі / Дзяржаўны камітэт па маёмасці Рэспублікі Беларусь; гал. рэдкал.: У.Р. Гусакоў (старшыня) і інш. ; гал. рэд. М. Г. Снапкоў ; рэд.: Д. М. Курловіч, Г. П. Ляхава. – Мн.: Белкартаграфія, 2024. – 348 с.
9. Tichý, L. JUICE, software for vegetation classification / L. Tichý // Vegetation Science. – 2002. – Vol. 13, № 3. – P. 451–453.
10. Миркин, Б. М. Современное состояние основных концепций науки о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа : АН РБ, Гилем, 2012. – 488 с.
11. 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, № 4. – P. 589–591.
12. Chytrý, M. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures / M. Chytrý [et al.] // Journal of Vegetation science. – 2002. – Vol. 13, № 1. – P. 79–90.
13. Миркин, Б. М. Современное состояние и тенденции развития классификации растительности методом Браун-Бланке / Б. М. Миркин. – Москва : ВИНИТИ, 1989. – 128 с.
14. Hammer, O. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / O. Hammer, D. A. T. Harper // Palaeontologia electronica. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 1–9.
15. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing. – 2025. – URL: https://www.R-project.org (дата обращения: 01.12.2025).
16. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.7-2. / J. Oksanen, G. L. Simpson, F. G. Blanchet [et al.]. – 2025. – URL: https://CRAN.R-project.org/package=vegan (дата обращения: 30.10.2025).
17. Welcome to the tidyverse. Journal of Open Source Software / H. Wickham, M. Averick, J. Bryan [et al.] // Journal of Open Source Software. – 2019. – 4 (43), 1686. URL: https://doi.org/10.21105/joss.01686 (дата обращения: 30.10.2025).
18. Wickham, H. Elegant Graphics for Data Analysis / H. Wickham. – N.Y. : Springer-Verlag, 2016. – 224 p. – URL: https://ggplot2.tidyverse.org/ (дата обращения: 30.10.2025).
19. Clarke, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure / K. R Clarke // Australian Journal of Ecology. – 1993. – Vol. 18. – P. 117–143.
20. Hotelling, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components / H. Hotelling // Journal of educational psychology. – 1933. – Vol. 24, № 6. – P. 417–441.
21. Zuur, A. F. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems / A. F. Zuur, E. N. Ieno, C. S. Elphick // Methods of Ecology and Evolution. – 2010. – Vol. 1, № 1. – P. 3–14.
22. Zeigerwerte von Pflanzen in Mittel Europa / H. Ellenberg, H. E. Weber, R. Düll [et al.] // Scr. Geobot. – 1992. – Vol. 18, № 2. – P. 1–258.
23. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species / L. Tichý [et al.] // Journal of Vegetation Science. – 2023. – P. 1–13.
24. Sokal, R. R. A statistical method for evaluating systematic relationships / R. R. Sokal, C. D. Michener // University of Kansas Science Bulletin. – 1958. – Vol. 38. – P. 1409–1438.
25. Xu, R. Clustering / R. Xu, D. C. Wunsch. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 358 p.

26. Thellung, A. Pflanzenwanderungen unter dem Einfluss des Menschen / A. Thellung // Bot. Jahresber. Syst. Pflanzengesch. Und Pflanzengeogr. – 1915. – Vol. 53 – P. 37–66.

27. Kornaš, J. Analiza flor synantropijnych / J. Kornaš // Wiad. Bot. – 1977. – Vol. 27, № Zesz. 2. – P. 85–91

28. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники ; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д. В. Дубовика. – Мн. : Беларус. навука, 2009–2023. – Т. 4. – 2003. – 743 с.

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

30. Мялик, А. Н. Особенности натурализации некоторых культивируемых видов растений в условиях Юго-Западной части Беларуси / А. Н. Мялик // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2016. – № 2. – С. 24–28.

31. Третьяков, Д. И. Роль синантропного компонента в формировании флоры Белорусии: дис. … канд. биол. наук: 03.00.05 / Третьяков Дмитрий Иванович ; Ин-т эксперим. ботаники. – Мн., 1990. – 365 л.

32. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородские области) / Н. Н. Цвелев. – СПб: Издательство СПХВА, 2000. – 781 с.

33. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions / D. M. Richardson, P. Pyšek, M. Rejmanek [et al.] // Diversity and Distributions. – 2000. – Vol. 6, № 2. – P. 93–107.

34. Vegetace České republiky 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. Vegetation of the Czech Republic 2. Ruderal, weed, rock and scree vegetation / M. Chytrý, D. Láníková, Z. Lososová, [et al.]. – Academia, Praha, 2009. – 521 p.

35. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bueltmann, K. Dierben [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19, № S1. – P. 3–264.

36. POWO (2025). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet : [website]. – URL: https://powo.science.kew.org/ (date of access: 10.10.2025).

37. Euro+Med 2006+ [continuously updated]: Euro+Med PlantBase / the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. – URL: https://europlusmed.org/ (date of access: 10.10.2025).

38. Disturbance indicator values for European plants / G. Midolo, T. Herben, I. Axmanova [et al.] // Global Ecology and biogeography. – 2022. – Vol. 32, № 1. – P. 24–34.

39. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР), 2-е изд. / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург: Мир и семья-95, 1992. – 992 с.

40. Годин, В. Н. Семенная продуктивность *Chaerophyllum aromaticum* (*Apiaceae*) в Московской области / В. Н. Годин, Т. В. Архипова // Растительный мир Азиатской России. – 2022. – № 1. – С. 59–67.

41. Composition, Anti-Inflammatory, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Essential Oil from Aerial Parts of Chaerophyllum aromaticum L. from Turkey / M. Kurkcuoglu, A. Sen, L. Bitiş [et al.] // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2018. – P. 1–7. – URL: https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1441748 (date of access: 10.10.2025).

42. Состав и эколого-фитоценотические особенности сообществ с участием инвазионного вида *Heracleum sosnowskyi* (*Apiaceae*) на Северо-Западе европейской России / Д. В. Гельтман, И. О. Бузунова, Г. Ю. Конечная // Растительные ресурсы. – 2009. – Т. 45. – Вып. 3. – С. 68–75.

43. Арепьева, Л. А. Сообщества с *Heracleum sosnowskyi* Manden. в Курской области / Л. А. Арепьева // Раст-ть России. – 2022. – №43. – С. 5–22.

44. Панасенко, Н. Н. Некоторые вопросы биологии и экологии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / Н. Н. Панасенко // Российский журнал биологических инвазий. – 2017. – № 2. – С. 95–106.

45. Рекомендации по ограничению распространения и искоренению мелколепестничка канадского в урбанизированной городской среде / В. Н. Прохоров, Е. Н. Карасева, А. В. Бабков [и др.]; Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Мн.: БЕЛНИИТ «Транстехника», 2025. – 44 с.

46. Adaptation strategies of *Heracleum sosnowskyi* in Ukrainian Polissia / I. V. Khomiak, I. P. Onyshchuk, M. M. Vakerych, Y. S. Hasynec // Biosystems Diversity. – 2024. – Vol. 32, № 1. – P. 99–106.

47. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский. – Мн. : Институт эксперементальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 2009. – 40 с.

48. Engelhardt, L. Edible wild vegetables *Urtica dioica* L. and *Aegopodium podagraria* L. – antioxidants affected by processing / L. Engelhardt, T. Pöhnl, S. Neugart // Plants. – 2022. – Vol. 11, № 20. – P. 1–17.

49. Серяков, И. С. Пчеловодство. Корма и кормовая база пчеловодства : учебно-методическое пособие / И. С. Серяков. – Горки : БГСХА, 2022. – 126 с.

50. Лабоха, К. В. Лесоведение : учебное пособие для вузов по спец. «Лесное хозяйство» / К. В. Лабоха. – Мн. : БГТУ, 2018. – 265 с.

51. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs / P. W. Lambdon, P. Pyšek, C. Basnou, M. Hejda // Preslia. – 2008. – Vol. 80. – P. 101–149

52. Виноградова, Ю. К. Биоморфологические особенности инвазионных видов *Lupinus arboreus* Sims и *Lupinus polyphyllus* Lindl. в Новой Зеландии / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Е. В. Ткачева // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2014. – Вып. 2, № 200. – С. 36–44.

53. Матвеева, Е. П. Луга Советской Прибалтики (Сравнительный анализ) / Е. П. Матвеева. – Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1967. – 335 с.

54. Mucina, L. Das *Anthriscetum sylvestris* in der Slowakei / L. Mucina, I. Jarolímek // Folia Geobotanica et Phytotaxonomica. – 1980. – Bd. 15. – S. 113–124.

55. Флора СССР : в 30 т. / под гл. ред. В. Л. Комарова. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 16 : Купырь – *Anthriscus* / ред. тома Б. К. Шишкин. – С. 125–139.

56. Гаммерман, А. Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР / А. Ф. Гаммерман, И. И. Гром. – Москва : «Медицина», 1976. – 288 с.

57. Kato-Noguchi, H. Allelopathy of knotweeds as invasive plants / H. Kato-Noguchi // Plants. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 1–13.

58. Child, L. E. The Japanese knotweed manual: the management and control of an invasive alien weed (Fallopia japonica) / L. E. Child, P. M. Wade. – Liverpool : Liverpool University Press, 2000. – 152 p.

59. Urgenson, L. S. Multiple competitive mechanisms underlie the effects of a strong invader on early-to late-seral tree seedlings / L. S. Urgenson, S. H. Reichard, C. B. Halpern // J. Ecol. – 2012. – Vol. 100, № 5. – P. 1204–1215.

60. Efficacy and host specificity compared between two populations of the psyllid Aphalara itadori, candidates for biological control of invasive knotweeds in North America / F. Grevstad, R. H. Shaw, R. Bourchier [et al.] // Biological Control. – 2013. – Vol. 65, № 1. – P. 53–62.

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Куликова Елена Ярославовна*** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Ермоленкова Галина Васильевна*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Романюк Алина Сергеевна*** – младший научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Добыш Контантин Викторович*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Васюк Снежана Игоревна*** – младший научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Вознячук Николай Леонидович*** – научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Пучило Анатлий Викентьевич*** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией геоботаники и картографии растительности Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Травяные сообщества класса *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 залежных земель Белорусской Поозерской провинции / Е. Я. Куликова, Г. В. Ермоленкова, А. С. Романюк [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 100–130.

УДК 581.553

Р. В. ЦВИРКО[1], Д. Г. ГРУММО[1], Е. М. ВОЛКОВА[2], М. Е. ЛЕГОТИН[3]

# *THELYPTERIDO PALUSTRIS–PINETUM SYLVESTRIS* – АССОЦИАЦИЯ МЕЗОЭВТРОФНЫХ ТРАВЯНО-СФАГНОВЫХ СОСНЯКОВ

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, tsvirko@botany.by*
[2]*Тульский государственный университет, Тула, Россия*
[3]*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация.** В статье приведено описание новой ассоциации ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***, объединяющей травяно-сфагновые сосновые леса на мезоэвтрофных болотах. Ассоциация установлена в составе союза ***BETULION PUBESCENTIS*** Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957 порядка ***SPHAGNO–BETULETALIA PUBESCENTIS*** Scamoni et Passarge 1959 класса ***ALNETEA GLUTINOSAE*** Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946. В составе ассоциации выделены две субассоциации: ***Th.p.–P.s. typicum*** и ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae***. Для предложенных синтаксонов приведены диагностические виды, характеристика и показаны эколого-флористические особенности.

**Ключевые слова:** классификация лесов, метод Браун-Бланке, болотные сосновые леса, метод NMDS-ординации, экология лесных сообществ, стратиграфия торфяной залежи.

R. V. TSVIRKO[1], D. G. GRUMMO[1], E. M. VOLKOVA[2], M. E. LEGOTIN[3]

# *THELYPTERIDO PALUSTRIS–PINETUM SYLVESTRIS* – ASSOCIATION OF MESOEUTROPHIC GRASS-SPHAGNUM PINE FORESTS

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: r.tsvirko@tut.by*
[2]*Tula State University, Tula, Russia*
[3]*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

**Annotation.** The article describes a new association ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***, uniting swampy mesoeutrophic grass-sphagnum pine forests. The association established as part of the alliance ***BETULION PUBESCENTIS*** Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957 of the order ***SPHAGNO–BETULETALIA PUBESCENTIS*** Scamoni et Passarge 1959 of the class ***ALNETEA GLUTINOSAE*** Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946. Two subassociations established within the association: ***Th.p.–P.s. typicum*** and ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae***. For the proposed syntaxa, diagnostic species and characteristics provided, as well as ecofloristic features.

**Keywords:** forest classification, Brown-Blanquet approach, swamp pine forests, NMDS ordination method, forest communities' ecology, peat deposit stratigraphy.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с инвентаризацией ценотического и биотопического разнообразия Беларуси [1–2], весьма актуальным является вопрос синтаксономического статуса флористически богатых сосновых травяно-сфагновых лесов, формирующихся на мезотрофных болотах. Долгое время оставалось неясным их положение в системе синтаксонов флористический классификации, в том числе и по отношению к высшим единицам, так как по эколого-флористическим критериям в полной мере они не соответствуют ни одному из известных союзов сосновых лесов.

Имея относительное широкое распространение и хорошо выраженные отличия от других лесов, данный тип сообществ занимал отдельное место в структуре растительного покрова страны. Чаще всего такие сосняки рассматривались нами как безранговый тип сообществ ***Pinus sylvestris–Carex appropinquata–Sphagnum centrale*** в составе класса ***VACCINIO-PICEETEA*** [3–4]. Собранный материал позволяет рассмотреть некоторые синтаксономические решения по данному типу растительных сообществ.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Для характеристики ассоциации использованы данные 29 геоботанических описаний (рис. 1) (размер пробной площади 100 м$^2$).

В табл. 1 оценка количественного участия видов дана по комбинированной шкале: «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 [5] и JUICE [6]. Оценка экологических режимов местообитаний синтаксонов проведена методом фитоиндикации с использованием оптимумных шкал Х. Элленберга [7] на основе средневзвешенных значений проективного покрытия видов. Дифференциация синтаксонов на осях экологических факторов продемонстрирована методом NMDS-ординации (непараметрическое многомерное шкалирование) в программной среде R [8].

Название ассоциации и диагностическая комбинация видов даны в соответствии с методом Ж. Браун-Бланке [9]. Названия типов леса указаны по ТКП 587-2016 «Правила выделения типов леса» [10]. Латинские названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [11], мохообразных – по М. С. Игнатову с соавторами [12].

При описании основной единицы классификации – ассоциации – в данной работе принята следующая схема: название, экология и распространение, строение и видовой состав, синсистематика, динамика, управление, охрана.

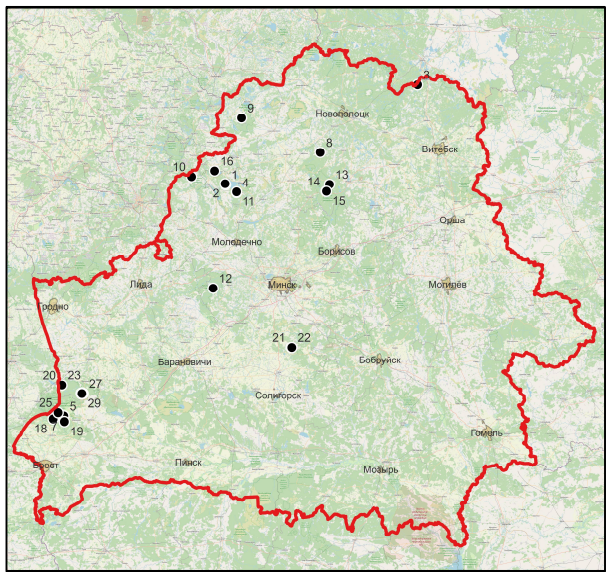



**Рис. 1.** Местоположение геоботанических описаний

**Fig. 1.** Location of the relevés

## Результаты исследования и их обсуждение

Ассоциация ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** ass. nov. hoc loco (рис. 2). Номенклатурный тип (*holotypus*) – см. табл. 1, описание 14. Диагностические виды: *Pinus sylvestris*; *Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Peucedanum palustre*, *Thelypteris palustris*; *Calliergonella cuspidata*, *Sphagnum centrale*, *S. fallax*, *S. squarrosum.* Ассоциация объединяет мезоэвтрофные травяно-сфагновые пушистоберезово-сосновые леса на торфяных почвах (см. рис. 2).

В ее составе выделена субассоциация ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris caricetosum elongatae*** subass. nov. hoc loco. Номенклатурный тип (*holotypus*) – см. табл. 1, описание 24. Диагностические виды: *Athyrium filix-femina*, *Carex elongata*, *Lycopus europaeus*, *Solanum dulcamara*, *Urtica dioica* s. l.; *Plagiomnium cuspidatum.*

Экология и распространение. Мезотрофные среднеобводненные лесные болота с низинными и переходными лесотопяными торфяными залежами глубиной 1,5–3,5 м.

Экологические параметры местообитаний варьируют в широком диапазоне. Уровень стояния вод в летний меженный период (июль-август) составляет в среднем -11±2 см (пределы – от -4 до -30 см). Реакция (pH) болотных вод (нефильтрованных) находится в пределах 4,50–6,11 (в среднем 5,60±0,1), электропроводность водных растворов – 87–227 μS/см (129,9±6,4 μS/см).

Фитоиндикационная оценка по шкалам Х. Элленберга (табл. 2) режима увлажнения местообитаний варьирует в пределах 7,08–7,89 (7,48 – гигрофитные условия), показатели режима кислотности составляют от 2,46 до 4,93 (3,86 – умеренно ацидофильные субстраты), богатства почвы азотом – от 2,83 до 4,93 (3,91 – олигомезотрофные условия), освещения – в диапазоне 5,81–7,12 (6,51 – относительная освещенность менее 30%).

Результат ординации в двух первых осях NMDS показали, что сообщества ассоциации размещаются в секторе наиболее увлажненных лесных местообитаний. При этом контуры, определяющие экореал, практически не перекрыва-

**Таблица 1.** Геоботанические описания сообществ асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

**Table 1.** Relevés of ass. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

| Номер описания | h | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | Постоянство и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Синтаксоны | | ***Th.p.–P.s. typicum*** | | | | | | | | | | | | | | | | | ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae*** | | | | | | | | | | | | |
| Диагностические виды ассоциации ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pinus sylvestris* | A | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | $V^4$ |
| *P. sylvestris* | B | 1 | 1 | . | + | . | . | . | + | . | + | . | + | 3 | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^2$ |
| *P. sylvestris* | C | . | . | r | + | . | . | . | . | + | . | + | + | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | + | r | $II^+$ |
| *Calamagrostis canescens* | D | 2 | 1 | + | 1 | + | . | . | 2 | 1 | . | 1 | 1 | . | + | + | + | 3 | 2 | . | 2 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | $III^2$ |
| *Carex appropinquata* | D | . | 1 | 1 | 1 | . | + | . | . | 1 | . | 1 | . | 2 | + | + | 2 | . | . | 1 | 3 | . | + | 2 | 1 | 2 | 2 | + | 2 | 2 | $IV^2$ |
| *Comarum palustre* | D | 1 | . | 2 | 1 | + | 1 | 1 | . | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | + | 2 | 1 | 1 | + | . | + | + | . | 1 | 1 | $V^1$ |
| *Equisetum fluviatile* | D | . | . | 1 | 2 | + | + | + | + | + | 1 | 2 | + | 1 | 2 | 2 | + | + | 1 | 2 | + | + | . | . | . | 1 | + | . | 1 | 1 | $IV^1$ |
| *Menyanthes trifoliata* | D | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | + | . | . | + | 1 | + | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | . | 1 | + | . | . | + | + | + | 2 | . | 2 | 2 | $IV^2$ |
| *Peucedanum palustre* | D | 1 | r | . | 1 | . | + | + | . | . | 1 | + | + | . | . | . | + | + | 1 | + | + | . | + | 1 | + | + | 1 | + | + | r | $IV^+$ |
| *Thelypteris palustris* | D | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | + | . | + | 1 | 1 | 2 | + | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | $V^2$ |
| *Calliergonella cuspidata* | E | 2 | 2 | 2 | 1 | . | . | 1 | 1 | 1 | . | 2 | . | 1 | . | 1 | 2 | . | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | $IV^2$ |
| *Sphagnum centrale* | E | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | $V^2$ |
| *S. fallax* | E | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | . | . | 3 | 2 | 1 | 1 | . | . | 2 | . | + | 1 | . | 1 | 1 | $IV^2$ |
| *S. squarrosum* | E | . | . | 1 | . | . | . | 1 | 1 | + | . | 1 | . | . | . | 1 | . | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | + | 1 | + | + | 2 | 1 | 1 | 1 | $IV^2$ |
| Диагностические виды ассоциации ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris caricetosum elongatae*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Athyrium filix-femina* | D | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | + | 2 | 1 | 1 | 2 | . | 1 | $II^1$ |
| *Carex elongata* | D | . | . | . | + | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | 2 | 1 | . | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | + | 1 | $III^2$ |
| *Lycopus europaeus* | D | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | 1 | 1 | + | 1 | + | + | + | + | . | $II^1$ |
| *Solanum dulcamara* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | r | . | . | + | 1 | . | + | + | $II^+$ |
| *Urtica dioica* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 2 | 1 | 2 | 1 | + | + | + | . | . | $II^1$ |
| *Plagiomnium cuspidatum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 1 | . | . | 2 | . | + | 1 | 2 | 2 | 1 | $II^2$ |
| Виды класса ***ALNETEA GLUTINOSAE*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Alnus glutinosa* | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | 2 | . | . | . | 1 | . | . | $I^1$ |
| *A. glutinosa* | B | . | 1 | . | . | . | . | . | + | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | 2 | 1 | + | + | 1 | . | . | . | . | + | . | . | $II^1$ |
| *A. glutinosa* | C | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | + | 1 | 2 | . | . | . | . | . | . | $II^1$ |
| *Betula humilis* | C | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Betula pubescens* | A | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | . | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | . | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | . | $V^2$ |
| *B. pubescens* | B | 2 | 2 | 1 | 1 | . | + | . | 2 | . | . | 2 | 1 | . | . | . | . | . | 2 | . | + | 2 | 1 | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | + | $IV^2$ |
| *B. pubescens* | C | 1 | . | 1 | 1 | . | . | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 1 | + | 2 | 2 | + | . | . | + | . | + | 2 | . | + | 1 | 2 | . | 1 | 2 | $IV^1$ |
| *Rhamnus cathartica* | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^2$ |
| *Salix rosmarinifolia* | C | . | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | $II^+$ |
| *Scutellaria galericulata* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | r | . | . | $I^+$ |
| *Agrostis canina* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . | . | + | . | . | $II^1$ |
| *Calla palustris* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Caltha palustris* | D | . | . | . | 1 | . | . | . | + | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | 1 | . | r | . | 2 | + | . | 1 | 1 | 1 | 1 | $III^1$ |
| *Cardamine amara* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | 2 | . | . | . | + | . | . | $I^1$ |
| *Carex acutiformis* | D | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | + | . | $II^1$ |
| *C. chordorrhiza* | D | . | . | + | 2 | . | + | . | . | + | + | 1 | 1 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | $II^1$ |
| *Cirsium palustre* | D | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | + | . | . | r | . | . | . | . | r | . | + | . | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Coccyganthe flos-cuculi* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | + | + | + | . | . | $II^+$ |
| *Epilobium palustre* | D | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Festuca gigantea* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | + | . | + | $I^+$ |
| *Filipendula ulmaria* | D | . | 1 | . | . | . | . | . | r | . | . | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | $II^+$ |
| *Galium palustre* | D | + | . | + | . | + | . | + | + | + | 1 | + | + | 1 | 1 | . | + | . | 1 | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | + | + | + | $V^+$ |
| *Lysimachia vulgaris* | D | 1 | 1 | . | + | 1 | 1 | 2 | + | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | 2 | . | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | + | 2 | 1 | 1 | + | 1 | $V^2$ |
| *Lythrum salicaria* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | + | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Naumburgia thyrsiflora* | D | . | . | 1 | 1 | + | . | + | . | . | . | 1 | + | . | + | 1 | . | 1 | . | + | 1 | + | . | 1 | . | . | . | + | + | . | $III^+$ |
| *Phragmites australis* | D | 2 | . | . | + | . | . | . | + | . | . | 2 | . | 2 | . | + | 1 | . | . | 2 | 2 | 2 | 2 | . | . | 2 | 1 | 1 | . | 2 | $III^2$ |
| *Potentilla erecta* | D | . | r | + | + | . | . | . | + | 1 | 1 | . | + | 1 | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $II^+$ |
| *Stellaria palustris* | D | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | r | + | . | . | . | . | . | + | . | r | r | r | $II^+$ |
| *Climacium dendroides* | E | . | + | . | . | . | . | + | + | . | . | 1 | . | 2 | . | 1 | . | . | . | 1 | 1 | 1 | + | 1 | . | 1 | 1 | 1 | 1 | + | $III^1$ |
| *Plagiomnium ellipticum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | $I^+$ |
| Виды класса ***VACCINIO-PICEETEA*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Picea abies* | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 2 | 1 | . | 1 | 1 | $II^1$ |
| *P. abies* | B | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | . | 1 | + | . | . | 2 | 2 | . | 2 | 2 | + | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | + | $V^1$ |
| *P. abies* | C | + | + | 1 | . | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | + | + | 1 | 1 | 1 | 2 | + | 2 | 1 | + | 1 | . | 2 | + | 1 | + | 2 | + | + | $V^1$ |
| *Juniperus communis* | C | 1 | + | + | . | + | . | . | + | . | + | r | + | + | + | . | 2 | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | $III^1$ |
| *Luzula pilosa* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | $I^+$ |
| *Lycopodium annotinum* | D | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^2$ |
| *Maianthemum bifolium* | D | . | 1 | . | + | . | . | + | + | + | 1 | + | . | + | + | + | 1 | . | 1 | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | $III^+$ |
| *Melampyrum pratense* | D | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | $I^+$ |
| *Moneses uniflora* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | r | . | r | . | $I^+$ |
| *Orthilia secunda* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | r | . | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | + | + | $II^+$ |
| *Pyrola rotundifolia* | D | . | 1 | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | $II^+$ |
| *Trientalis europaea* | D | 1 | 1 | r | + | + | . | . | 1 | + | 1 | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | $III^+$ |

| Номер описания | h | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | Постоянство и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Синтаксоны | | ***Th.p.–P.s. typicum*** | | | | | | | | | | | | | | | | | ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae*** | | | | | | | | | | | | |
| *Vaccinium myrtillus* | D | + | 1 | + | + | 2 | 2 | 2 | + | 2 | 2 | 1 | 1 | . | 1 | 1 | + | 1 | 1 | + | 1 | . | . | + | 1 | + | 1 | + | 1 | V[1] |
| *V. vitis-idaea* | D | + | + | + | + | 1 | . | . | + | 2 | 1 | + | + | + | 1 | . | + | . | . | . | r | . | + | . | . | . | . | + | 1 | . | III[1] |
| *Dicranum polysetum* | E | 1 | . | . | + | . | 1 | . | 1 | 1 | . | 1 | + | + | . | . | . | . | . | + | . | 1 | 1 | 1 | 1 | + | + | . | 1 | 1 | III[+] |
| *D. scoparium* | E | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | + | + | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Hylocomium splendens* | E | 1 | . | + | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | + | + | . | 1 | 1 | . | + | . | 1 | 1 | . | + | 2 | . | . | + | 2 | 1 | III[1] |
| *Pleurozium schreberi* | E | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | + | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | + | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | V[2] |
| *Ptilium crista-castrensis* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | + | I[+] |
| *Rhytidiadelphus triquetrus* | E | 1 | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | 2 | 1 | . | . | 2 | 1 | 2 | . | 1 | 1 | . | 1 | 1 | 2 | 1 | III[2] |
| *Sphagnum capillifolium* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | + | . | II[+] |
| *S. girgensohnii* | E | . | . | 2 | . | 1 | . | + | 2 | 1 | . | 2 | 1 | . | . | 1 | . | . | 2 | . | 1 | . | + | 1 | + | . | 2 | 1 | . | 1 | III[2] |
| *S. russowii* | E | . | 1 | 1 | . | . | . | . | + | . | + | 1 | . | 3 | 1 | 2 | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | II[2] |
| Виды класса ***Scheuchzerio palustris–Caricetea fuscae*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Carex canescens* | D | . | . | . | + | . | . | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | + | . | + | + | . | + | . | II[+] |
| *C. dioica* | D | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | I[+] |
| *C. echinata* | D | . | . | . | 1 | + | + | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | II[+] |
| *C. flava* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *C. lasiocarpa* | D | 1 | . | 2 | 2 | + | . | + | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | + | . | 2 | 2 | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | 1 | + | IV[2] |
| *C. nigra* | D | 1 | 1 | . | + | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | + | 2 | 1 | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | + | IV[1] |
| *C. panicea* | D | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *C. rostrata* | D | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[1] |
| *Dactylorhiza fuchsii* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 2 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | r | + | II[1] |
| *D. incarnata* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | I[+] |
| *D. maculata* | D | . | . | + | + | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Dryopteris cristata* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | + | + | + | II[+] |
| *Epipactis palustris* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Eriophorum polystachyon* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Viola palustris* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | I[+] |
| *Calliergon giganteum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | + | + | + | + | I[1] |
| *Sphagnum fimbriatum* | E | 1 | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 2 | . | . | 1 | . | . | 1 | . | + | 1 | II[1] |
| *S. quinquefarium* | E | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | I[+] |
| *S. teres* | E | . | . | 1 | 2 | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 2 | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[2] |
| *S. warnstorfii* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | + | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[2] |
| Виды класса ***Oxycocco-Sphagnetea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Andromeda polifolia* | D | . | . | + | + | . | 1 | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Drosera rotundifolia* | D | . | . | r | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Empetrum nigrum* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Eriophorum vaginatum* | D | . | . | . | 1 | . | . | . | . | + | 1 | . | 1 | 1 | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | II[+] |
| *Ledum palustre* | D | . | + | . | 2 | . | . | . | r | 1 | 1 | 1 | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | r | . | . | + | II[1] |
| *Oxycoccus palustris* | D | + | + | 1 | 2 | + | 1 | . | + | 2 | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | + | . | + | . | . | 1 | . | . | + | + | . | + | 1 | IV[1] |
| *Vaccinium uliginosum* | D | . | . | . | . | + | + | . | . | + | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Aulacomnium palustre* | E | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | + | + | + | . | . | . | . | + | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | II[+] |
| *Polytrichum strictum* | E | 1 | 1 | 1 | 2 | . | . | . | . | . | 1 | 1 | + | . | 1 | . | 1 | . | . | + | . | . | + | . | . | + | + | . | . | + | III[1] |
| *Sphagnum angustifolium* | E | . | . | + | + | 1 | 2 | . | . | + | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | III[1] |
| *S. divinum* | E | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | + | 1 | 2 | . | 2 | . | + | . | . | 1 | . | . | . | 1 | + | . | 2 | IV[2] |
| Виды класса ***Molinio-Arrhenatheretea*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Agrostis stolonifera* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | I[+] |
| *Angelica sylvestris* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | 1 | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | + | . | + | + | + | . | II[+] |
| *Bistorta major* | D | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | + | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | II[+] |
| *Carex cespitosa* | D | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Crepis paludosa* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | r | 1 | + | . | 1 | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | II[+] |
| *Deschampsia cespitosa* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Galium rivale* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Galium uliginosum* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Juncus effusus* | D | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Molinia caerulea* | D | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | + | . | . | + | 2 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | + | . | . | . | II[1] |
| *Myosotis palustris* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | 1 | . | . | . | I[+] |
| *Platanthera bifolia* | D | . | . | r | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Poa palustris* | D | . | . | + | . | . | . | . | + | . | + | . | . | 1 | 1 | + | . | . | . | . | 1 | . | . | 2 | . | . | 1 | + | r | . | II[1] |
| *P. trivialis* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Ranunculus repens* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | I[1] |
| *Rumex acetosa* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | I[+] |
| **Прочие виды** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Betula pendula* | B | . | . | . | . | 1 | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Frangula alnus* | C | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | r | + | 2 | 3 | + | 2 | 2 | 2 | 2 | V[2] |
| *Quercus robur* | C | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | r | . | . | + | . | r | r | r | II[+] |
| *Salix aurita* | C | 1 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | + | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | II[+] |
| *S. cinerea* | C | 3 | . | 2 | . | . | + | . | 1 | + | 2 | . | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | . | + | 1 | 1 | . | . | . | . | . | + | + | IV[2] |
| *S. myrsinifolia* | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I[+] |
| *Sorbus aucuparia* | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | I[+] |
| *Viburnum opulus* | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | I[+] |

| Номер описания | h | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | Постоянство и обилие |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Синтаксоны | | ***Th.p.–P.s. typicum*** | | | | | | | | | | | | | | | | | ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae*** | | | | | | | | | | | | |
| *Carex remota* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | . | . | I$^{+}$ |
| *Chrysosplenium alternifolium* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | 1 | . | . | I$^{+}$ |
| *Dryopteris carthusiana* | D | . | . | . | . | 1 | + | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | 1 | 1 | + | 2 | . | 2 | 1 | 1 | 1 | III$^{1}$ |
| *D. expansa* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | I$^{1}$ |
| *D. filix-mas* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Geranium robertianum* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | I$^{+}$ |
| *Hottonia palustris* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Impatiens noli-tangere* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | . | . | + | . | . | I$^{+}$ |
| *Milium effusum* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Moehringia trinervia* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | . | . | . | . | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Oxalis acetosella* | D | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Paris quadrifolia* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | r | + | . | . | I$^{+}$ |
| *Ranunculus lingua* | D | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | + | . | + | . | I$^{+}$ |
| *Rubus saxatilis* | D | . | 1 | . | . | . | . | . | 1 | 1 | + | + | . | + | 2 | 1 | + | . | . | . | . | r | . | + | + | . | . | 1 | + | + | III$^{1}$ |
| *Viola epipsila* | D | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Brachythecium mildeanum* | E | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | I$^{1}$ |
| *B. rivulare* | E | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | 2 | 1 | 1 | . | . | . | 2 | 1 | . | 1 | II$^{2}$ |
| *Calliergon cordifolium* | E | 1 | . | . | 2 | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | 2 | . | . | 2 | 1 | + | 1 | 2 | 2 | 2 | II$^{2}$ |
| *Drepanocladus aduncus* | E | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | I$^{2}$ |
| *Eurhynchium angustirete* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 2 | . | . | I$^{2}$ |
| *Plagiomnium ellipticum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | 1 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | + | + | + | + | 1 | . | II$^{+}$ |
| *Plagiothecium denticulatum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | I$^{+}$ |
| *Polytrichum commune* | E | . | . | . | . | 1 | + | 1 | + | . | + | . | 1 | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | + | + | . | . | II$^{+}$ |
| *Thuidium tamariscinum* | E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | 1 | . | . | . | . | 1 | 1 | . | . | + | . | . | II$^{+}$ |

Встречены в одном описании (№ геоботанического описания, обилие): *Atrichum undulatum* E (22, r), *Betula pendula* C (5, +), *Carex paupercula* D (11, r), *Carex pseudocyperus* D (23, +), *Carex vesicaria* D (18, 2), *Cicuta virosa* D (18, r), *Listera ovata* D (16, +), *Eupatorium cannabinum* D (25, 1), *Iris pseudacorus* D (18, +), *Fissidens adianthoides* E (29, 1), *Geum rivale* D (21, 1), *Leucobryum glaucum* E (18, r), *Parnassia palustris* D (3, r), *Plagiomnium undulatum* E (26, 1), *Polytrichum juniperinum* E (24, +), *Populus tremula* C (14, +), *Ribes spicatum* C (27, +), *Rhizomnium punctatum* E (11, +), *Rhodobryum roseum* E (15, +), *Rubus idaeus* C (22, 1), *Senecio paludosus* D (29, r), *Sphagnum subsecundum* E (4, 1), *Sphagnum wulfianum* E (11, +).



**Рис. 2.** Сообщество асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

**Fig. 2.** Community of the ass. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

**Таблица 2.** Показатели видового разнообразия и экологических характеристик асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

**Table 2.** Indicators of species diversity and ecological characteristics of the ass. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***

| Номер описания | Число видов | Индекс Шеннона | Фитометрические индексы (по шкалам Х. Элленберга), балл | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | освещенность | увлажнение | кислотность | богатство азотом |
| 1 | 34 | 3,02 | 6,70 | 7,54 | 3,73 | 3,88 |
| 2 | 33 | 2,96 | 6,53 | 7,33 | 3,56 | 3,68 |
| 3 | 44 | 3,31 | 6,94 | 7,70 | 3,38 | 3,27 |
| 4 | 52 | 3,59 | 7,12 | 7,89 | 3,23 | 3,22 |
| 5 | 32 | 2,72 | 6,52 | 7,31 | 2,46 | 3,21 |
| 6 | 31 | 2,77 | 6,84 | 7,52 | 2,86 | 2,97 |
| 7 | 30 | 2,73 | 6,41 | 7,33 | 2,59 | 2,83 |
| 8 | 48 | 3,20 | 6,41 | 7,26 | 3,35 | 3,56 |
| 9 | 46 | 3,20 | 6,51 | 7,25 | 3,29 | 3,04 |
| 10 | 44 | 3,38 | 6,58 | 7,64 | 3,18 | 3,38 |
| 11 | 60 | 3,76 | 6,70 | 7,51 | 3,77 | 4,01 |
| 12 | 46 | 3,21 | 6,88 | 7,39 | 2,92 | 3,02 |
| 13 | 51 | 3,37 | 6,71 | 7,37 | 4,38 | 3,62 |
| 14 | 56 | 3,40 | 6,49 | 7,37 | 3,59 | 3,71 |
| 15 | 49 | 3,40 | 6,51 | 7,41 | 3,73 | 4,07 |
| 16 | 52 | 3,32 | 6,78 | 7,50 | 4,43 | 3,82 |
| 17 | 31 | 2,79 | 6,89 | 7,70 | 3,24 | 3,50 |
| 18 | 42 | 3,47 | 6,21 | 7,83 | 4,11 | 4,37 |
| 19 | 41 | 3,12 | 6,40 | 7,39 | 4,57 | 4,57 |
| 20 | 42 | 3,29 | 6,44 | 7,81 | 4,73 | 4,52 |
| 21 | 39 | 3,10 | 6,36 | 7,44 | 4,43 | 4,90 |
| 22 | 45 | 3,10 | 6,42 | 7,49 | 4,13 | 4,33 |
| 23 | 48 | 3,51 | 6,20 | 7,59 | 4,93 | 4,92 |
| 24 | 45 | 3,24 | 5,90 | 7,08 | 4,55 | 4,68 |
| 25 | 37 | 3,08 | 6,32 | 7,73 | 4,52 | 4,66 |
| 26 | 70 | 3,70 | 6,22 | 7,44 | 4,39 | 4,35 |
| 27 | 59 | 3,50 | 5,81 | 7,18 | 4,86 | 4,93 |
| 28 | 59 | 3,44 | 6,41 | 7,23 | 4,54 | 4,13 |
| 29 | 60 | 3,50 | 6,66 | 7,62 | 4,39 | 4,15 |
| **Среднее** | **46** | **3,25** | **6,51** | **7,48** | **3,86** | **3,91** |
| **+/-** | **8** | **0,22** | **0,22** | **0,16** | **0,62** | **0,54** |

ются с другими ассоциациями (рис. 3). Это подтверждает в определенной степени обоснованность нашего синтаксономического решения. Сообщества выделенных субассоциаций (1 – субасс. ***Th.p.–P.s. typicum***, 2 – субасс. ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae***) разделяются на градиенте освещения, богатства почвы азотом и режима кислотности почв (рис. 4).

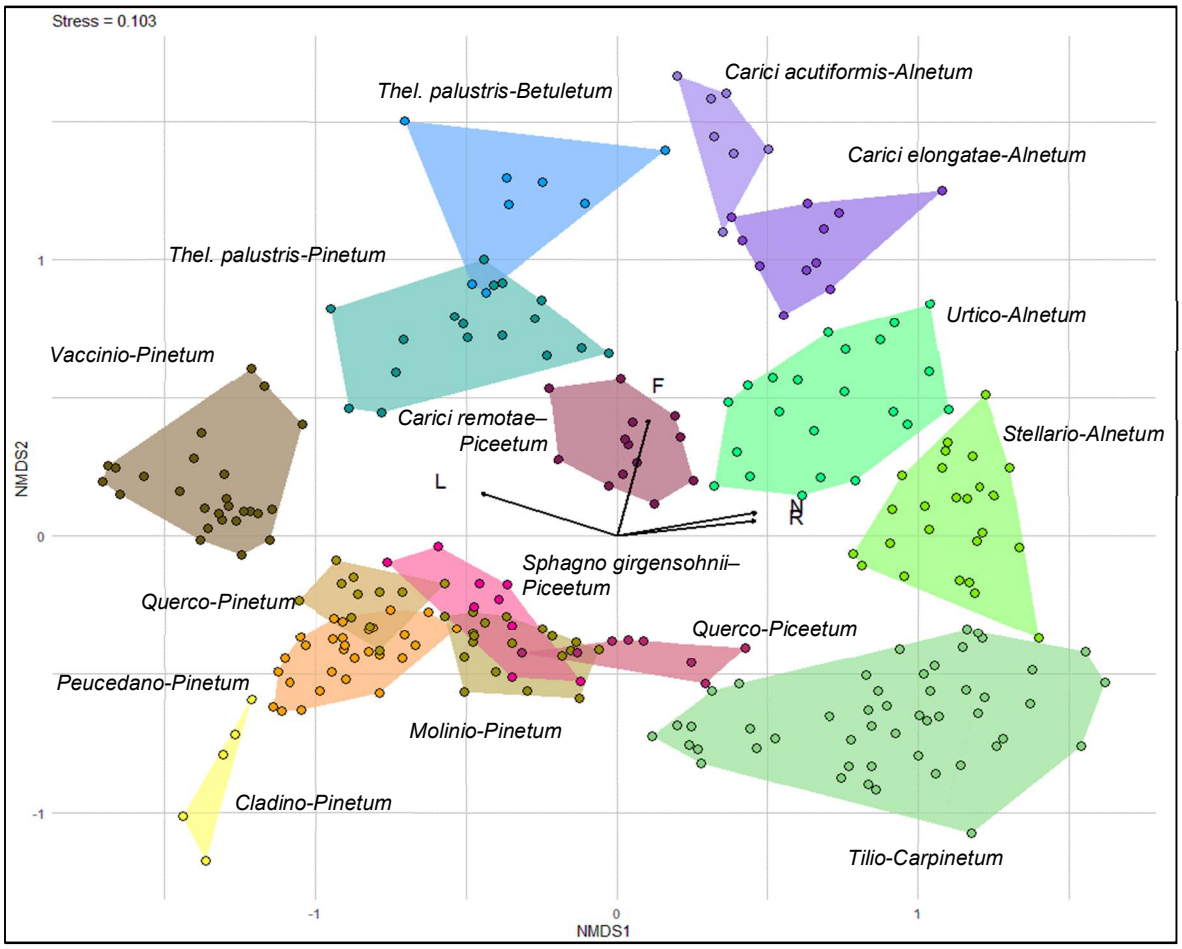
Сообщества ассоциации встречаются преимущественно в северной части Беларуси, нередко формируют крупные массивы, располагаясь на низинных и переходных болотах. Их общая площадь в лесном фонде страны около 50 тыс. га. Ассоциации соответствует тип леса сосняк осоковый (***Pinetum caricosum***), также при лесоустроительных работах могут определяться как сосняки долгомошные (***Pinetum polytrichosum***), приручейно-травяные (***Pinetum fontinale-herbosum***) и осоково-сфагновые (***Pinetum caricoso-sphagnosum***).

Тип условий местопроизрастания – $B_4$ (сырая суборь), $B_5$ (мокрая суборь).

Строение и видовой состав. Ценофлору сообществ ассоциации составляют 166 видов, среднее число видов в геоботанических описаниях – 46 (от 30 до 70 на 100 м$^2$); количество видов с III–V классами постоянства – 44, индекс разнообразия Шеннона (H′) – 3,25 (2,72–3,76) (см. табл. 2).

Сообщества данной ассоциации по видовому составу и структуре древостоя близки к мезотрофным пушистоберезовым болотным лесам (рис. 5). Иногда их различие происходит формально по соотношению в древесном ярусе *Pinus sylvestris* и *Betula pubescens*. Вместе с тем, основной отличительной чертой сообществ является преобладание в травяном ярусе мезо-эвтрофных гидро- и гигрофильных видов и хорошо выраженный моховый покров с доминированием сфагнов (см. табл. 1).

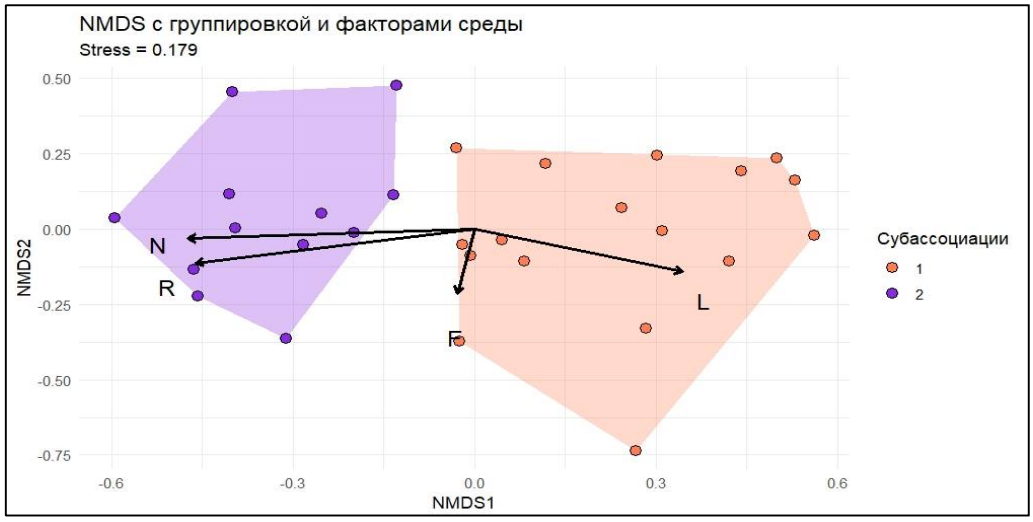
Древостой образован *Pinus sylvestris* с участием *Betula pubescens* и *Picea abies*, реже встречается *Alnus glutinosa*. Средняя высота древостоя в сообществах – 18–20 м, в возрасте 130–150 лет достигает 22–23 м, бонитет III–IV классов, запас




*Обозначения векторов экологических факторов*:
L – освещенность, F – влажность почвы,
R – кислотность почвы, N – богатство почвы минеральным азотом.

**Рис. 3.** Диаграмма NMDS-ординации синтаксонов лесов (на примере национального парка «Беловежская пуща»)

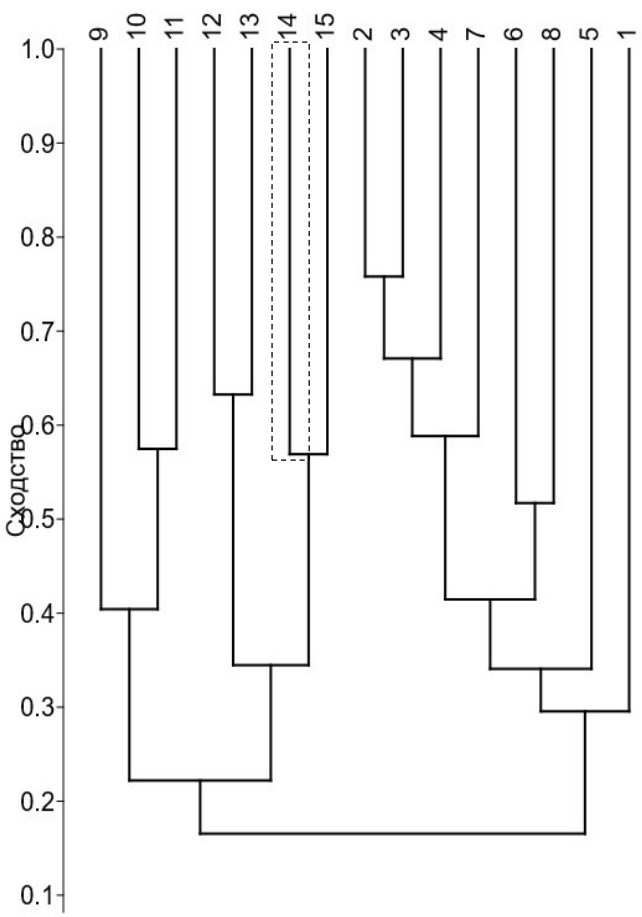
**Fig. 3.** NMDS ordination diagram of forest syntaxa (case study – Belovezhskaya Pushcha National Park)




*Обозначения синтаксонов*:
1 – субасс. ***Th.p.–P.s. typicum***, 2 – субасс. ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae***.

**Рис. 4.** Диаграмма NMDS-ординации внутриассоционных синтаксонов

**Fig. 4.** Intra-association syntaxa NMDS-ordination diagram




**Ассоциации:**
1. *Cladino–Pinetum sylvestris*
2. *Peucedano oreoselini–Pinetum sylvestris*
3. *Querco roboris–Pinetum sylvestris*
4. *Molinio caeruleae–Pinetum sylvestris*
5. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*
6. *Querco roboris–Piceetum abietis*
7. *Sphagno girgensohnii–Piceetum abietis*
8. *Carici remotae–Piceetum abietis*
9. *Tilio cordatae–Carpinetum betuli*
10. *Stellario nemorum–Alnetum glutinosae*
11. *Urtico dioicae–Alnetum glutinosae*
12. *Carici elongatae–Alnetum glutinosae*
13. *Carici acutiformis–Alnetum glutinosae*
14. *Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*
15. *Thelypterido palustris–Betuletum pubescentis*

*Пунктиром отмечена выделенная нами ассоциация

**Рис. 5.** Дендрограмма сходства / различия ассоциаций лесов (коэффициент Брэя–Кертиса, на примере лесов Национального парка «Беловежская пуща»)

**Fig. 5.** Dendrogram of forest association's similarities / differences (Bray-Curtis coefficient, case study – Belovezhskaya Pushcha National Park forests)

древесины – 230–270 м$^3$/га при среднем ежегодном приросте 1,8–2,2 м$^3$/га. Подрост обычно средней густоты (2,5–3 тыс. шт/га) образуют *Betula pubescens*, *Picea abies, Pinus sylvestris.* Подлесок, как правило, редкий (сомкнутость 0,1–0,2, $h_{ср}$ = 1–1,5 м, численность до 5 тыс. шт/га), высокое постоянство характерно для *Frangula alnus*, *Juniperus communis* и *Salix cinerea*, встречаются также *S. aurita*, *S. rosmarinifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus*.

В травяно-кустарничковом ярусе выраженных доминантов нет. Наибольшим обилием отличаются *Thelypteris palustris, Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata, C. elongata*, *Comarum palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Menyanthes trifoliata*, *Phragmites australis.* Высокое постоянство (III–V классы) характерно для таких видов, как *Caltha palustris*, *Carex lasiocarpa*, *C. nigra*, *Dryopteris carthusiana, Equisetum fluviatile*, *Galium palustre*, *Maianthemum bifolium, Naumburgia thyrsiflora, Oxycoccus palustris, Peucedanum palustre*, *Rubus saxatilis, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea*.

Экологические условия в сочетании с мозаичностью нанорельефа обуславливает высокое разнообразие видов мохового покрова, всего отмечено 43 вида, 13 из которых имеют III–V классы постоянства – *Dicranum polysetum, Calliergonella cuspidata, Climacium dendroides, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum, Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum angustifolium*, *S. centrale*, *S. divinum, S. fallax*, *S. girgensohnii, S. squarrosum.*

С и н с и с т е м а т и к а . Сообщества занимают промежуточное положение между лесами классов ***VACCINIO-PICEETEA*** и ***ALNETEA GLUTINOSAE***. В них также высоко постоянство и обилие видов классов ***SCHEUCHZERIO PALUSTRIS–CARICETEA FUSCAE, OXYCOCCO-SPHAGNETEA*** и ***MOLINIO-ARRHENATHERETEA***.

В работах польских авторов такие леса включали в асс. ***Thelypterido palustris–Betuletum pu-***

***bescentis*** Czerwiński 1972 [13–14] класса ***ALNETEA GLUTINOSAE***. Ранее [3], сосняки, близкие к черноольховым лесам, нами рассматривались в качестве фации асс. ***Thelypterido palustris–Alnetum glutinosae*** Klika 1940, а травяно-сфагновые сосновые леса относили к асс. ***Sphagno warnstorfii–Pinetum sylvestris*** Smagin 1999, не имеющей однозначного положения в составе высших единиц. Мезотрофные заболоченные и болотные сосняки описывали и в других регионах Европы [15–16], однако их синтаксономическое положение оставалось не ясным.

Данные сообщества также обнаруживают сходство с лесами асс. ***Carici appropinquatae–Pinetum sylvestris*** Lapshina 2010, которая является голотипом союза ***CARICI APPROPINQUATAE–LARICION CIBIRICAE*** Lapshina 2010, объединяющего лесные болота в условиях богатого грунтового питания юга лесной зоны Сибири [17]. Союз включен в состав порядка ***CALAMAGROSTIO PURPUREAE–PICEETALIA OBOVATAE*** Lapshina 2010, выделенного изначально в пределах класса ***ALNETEA GLUTINOSAE*** как викариант европейских черноольшаников в континентальных районах Восточной Европы и Сибири. Также в пределах данного класса был установлен союз ***CALAMAGROSTIO CANESCENTIS–PICEION ABIETIS*** Solomeshch in Solomeshch et Grigoriev 1992 (невалидно), объединяющий восточноевропейские гемибореальные эвтрофные и мезотрофные болотные леса с преобладанием *Picea abies*, *Alnus glutinosa* and *Betula pubescens* [18]. Нужно отметить, что в область распространения данного союза авторы включили и территорию Беларуси. В последствии, при валидизации (***C. C.–P. A.*** Solomeshch in Willner et al. 2015) он был включен в состав порядка ***CALAMAGROSTIO PURPUREAE–PICEETALIA OBOVATAE*** Lapshina 2010, который, в свою очередь, в качестве бореальных заболоченных еловых лесов Восточной Европы и Сибири был помещен в класс ***VACCINIO-PICEETEA*** [19].

Обозначенные синтаксономические решения указывают на сложность вопроса выделения данной ассоциации и размещения в иерархической классификационной системе. Исходя из особенностей флористического состава (см. рис. 5), набора диагностических и константных видов (см. табл. 1) мы склонны описанную нами ассоциацию рассматривать в рамках класса ***ALNETEA GLUTINOSAE.*** Близость таких сосняков к пушистоберезовым лесам (см. рис. 5) определяет наше решение отнесения к союзу ***BETULION PUBESCENTIS*** Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957 порядку ***SPHAGNO–BETULETALIA PUBESCENTIS*** Scamoni et Passarge 1959, объединяющего евразийские ацидофильные преимущественно березовые леса на мезотрофных болотах.

Динамика, управление, охрана. Эдафически обусловленные относительно устойчивые леса (рис. 6, 7). Поскольку они, видимо, не являются заключительными (климаксовыми) для данного региона, существует тенденция их изменения в связи с происходящим формированием и переформированием торфяной залежи. Однако темп таких изменений не велик.

Анализ стратиграфии торфяной залежи (см. рис. 6, 7) и особенностей радиального прироста (рис. 8), показывает, что для этих сообществ характерны естественные процессы формирования: сообщества формируются на низинных торфах, а возраст насаждений (128 лет в описании) существенно выше, чем временной интервал от начала масштабного осушения территории Беларуси (1960–1965 гг.). В рассматриваемом примере торфяная залежь под сообществом ассоциации имеет мощность 3 м и образована разными низинными видами торфов (см. рис. 6–7). В генезисе лесного болота степень увлажнения варьировала, но всегда была высокой или умеренной, что обеспечило доминирование *Phragmites australis*, а также сопровождалось увеличением / уменьшением обилия древесных пород и гипновых мхов. Современная растительность является, по-видимому, естественной стадией развития болота. Однако формирование более мощного древесного яруса, отмеченное в последнее десятилетие, возможно, является следствием осушения прилегающей территории (см. рис. 8).

Основной причиной, вызывающей сокращение площади сообществ ассоциации, является осушение заболоченных земель и болот. При минерализации торфяной залежи может происходить смена на еловые кустарничково-травяно-сфагновые леса или травяно-сфагново-зеленомошные черноольхово-еловые леса**.** Также прослеживается связь с чернично-долгомошными сосняками, в направлении которых может происходить смена в наиболее бедных минеральными веществами местообитаниях. Такой тип сообществ граничит с мезоолиготрофными кустарничково-сфагновыми сосняками, но отличается от них присутствием в древесном ярусе *Picea abies*, а в напочвенном покрове – мезотрофных видов (*Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*).

В Беларуси сообщества асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** являются довольно редкими. Описаны на территории Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Беловежская пуща», «Нарочанский», «Браславские озера».

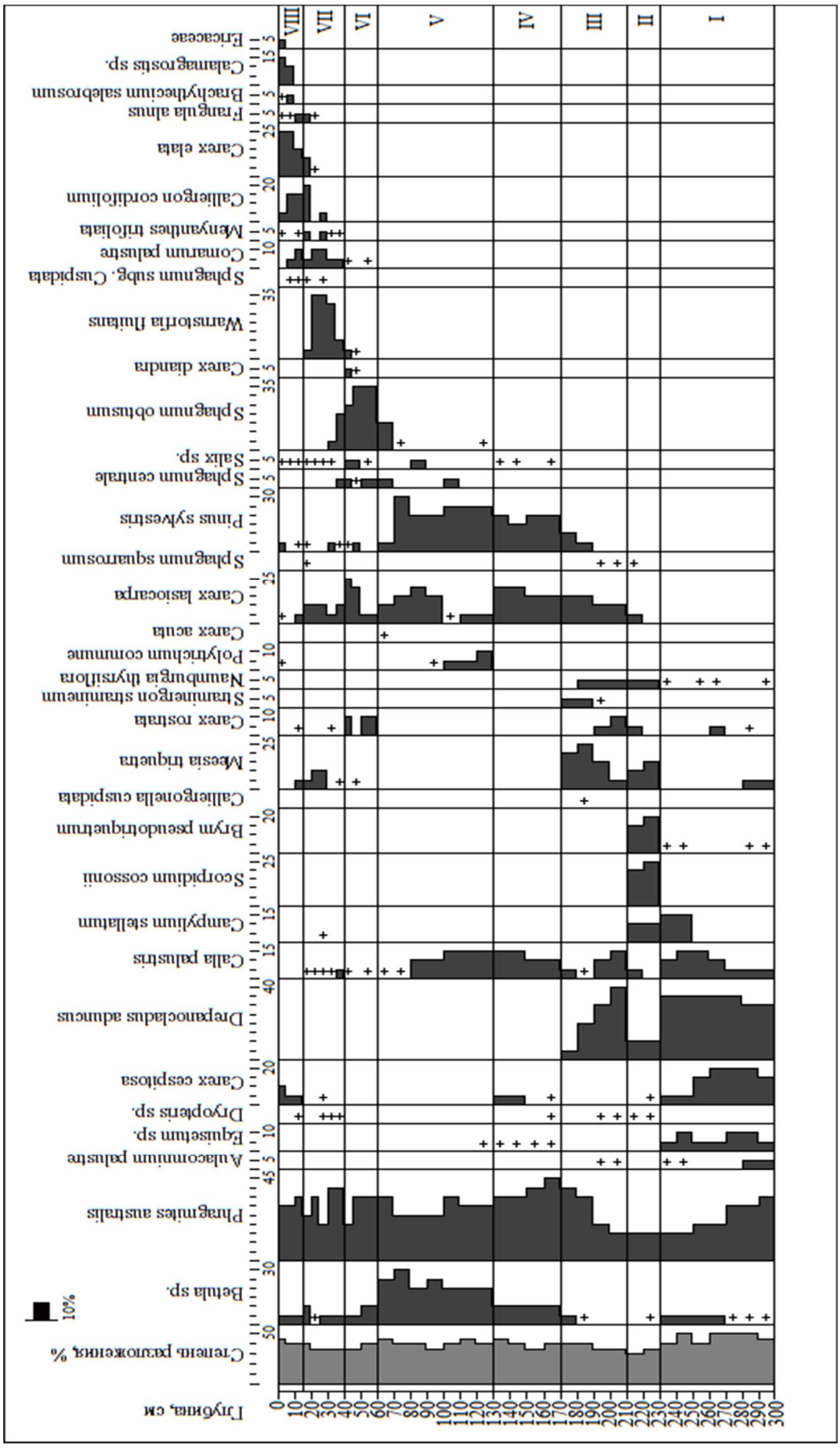



**Рис. 6.** Диаграмма ботанического состава и степени разложения (%) торфа реконструированных палеосообществ местообитания асс. ***Thelypteridо palustris–Pinetum sylvestris*** (геоботаническое описание № 55-2, лесоболотный комплекс Дикое, Национальный парк «Беловежская пуща», июль 2025 г.)

**Fig. 6.** Botanical composition and decomposition degree (%) peat diagram in reconstructed paleocommunities of the ass. ***Thelypteridо palustris–Pinetum sylvestris*** habitat (geobotanical description No. 55-2, forest&mire complex Dikoe, Belovezhskaya Pushcha National Park, July 2025)

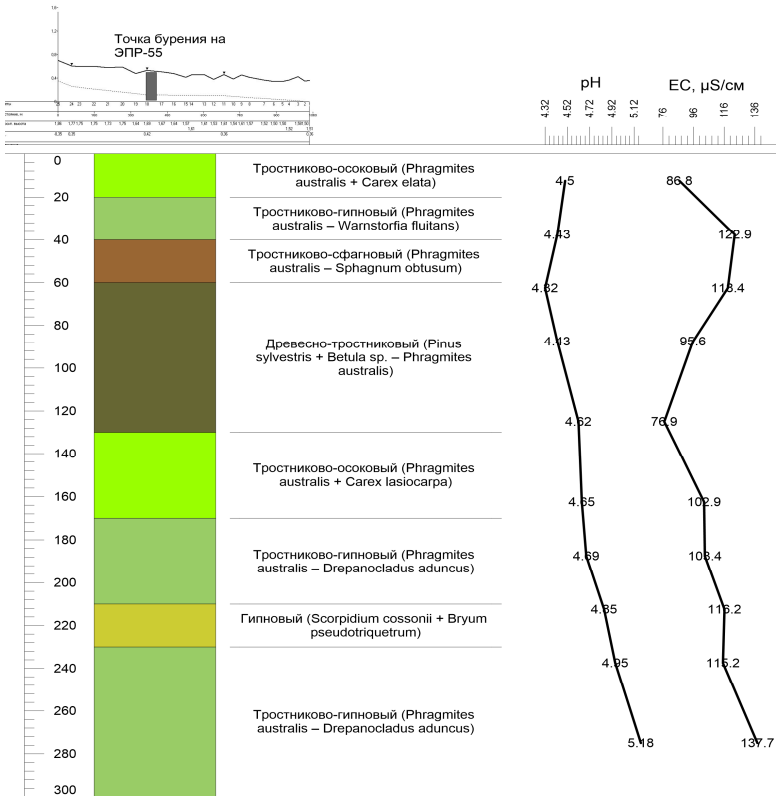



**Рис. 7.** Стратиграфия торфяной залежи под сообществом асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** (геоботаническое описание № 55-2, лесоболотный комплекс Дикое, Национальный парк «Беловежская пуща», июль 2025 г.)

**Fig. 7.** Peat deposit stratigraphy beneath the community ass. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** (geobotanical description No. 55-2, forest&mire complex Dikoe, Belovezhskaya Pushcha National Park, July 2025)

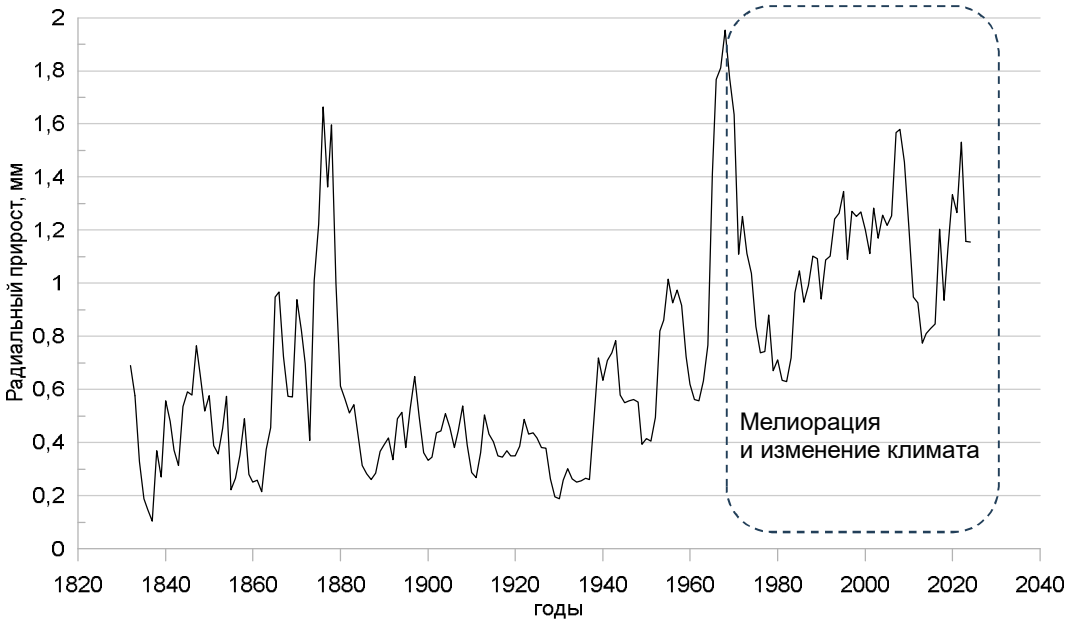



**Рис. 8.** Радиальный прирост *Pinus sylvestris* в составе древостоя сообществ асс. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** (геоботаническое описание № 55-2, лесоболотный комплекс Дикое, национальный парк «Беловежская пуща», июль 2025 г.)

**Fig. 8.** *Pinus sylvestris* radial growth in the forest stand composition of the community ass. ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** (geobotanical description No. 55-2, forest&mire complex Dikoe, Belovezhskaya Pushcha National Park, July 2025)

Местообитания, к которым приурочены сообщества ассоциации, внесены в перечень охраняемых типичных и редких биотопов Беларуси (Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, пушистоберезовые леса на верховых и переходных болотах). В составе фитоценозов встречаются также редкие или охраняемые виды, как *Betula humulis*, *Dactylorhiza fuchsii*, *D. incarnata*, *Epipactis palustris, Listera ovata, Moneses uniflora*.

## Заключение

Описанные флористически богатые травяно-сфагновые сосновые леса на мезотрофных и эвтрофных болотах относятся к ассоциации ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris***. Ассоциация установлена в составе союза ***Betulion pubescentis*** Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957 порядка ***Sphagno–Betuletalia pubescentis*** Scamoni et Passarge 1959 класса ***Alnetea glutinosae*** Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946.

В составе ассоциации выделены две субассоциации: ***Th.p.–P.s. typicum*** и ***Th.p.–P.s. caricetosum elongatae***. Для предложенных синтаксонов приведены диагностические виды, характеристика и показаны эколого-флористические особенности.

## Благодарности

*Авторы выражают признательность сотрудникам Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси А. С. Романюк и к.б.н. А. Ю. Комару за оказанную практическую помощь в оформлении результатов работы.*

## Литература

1. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич [и др.] // Геоботаническое картографирование. – СПб., 2019. – С. 18–38. DOI: 10.31111 /geobotmap/2019.18.

2. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000) / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Е. Я. Куликова [и др.]; под науч. ред. А.В. Пугачевского. – Мн.: Колоград, 2017. – 82 с.

3. Цвирко, Р. В. Синтаксономия сосновых лесов Беларуси / Р. В. Цвирко // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2017. – № 2 (10). – С. 45–62.

4. 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.

5. 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.

6. Tichý, L. JUICE, software for vegetation classification / L Tichý // Journal of Vegetation Science. – 2002. – N. 13. – P. 451–453. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x.

7. Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas. / H. Ellenberg, H. E. Weber, R. Düll [et al.]. – Gottingen : Goltze, 1992. – 282 s.

8. The R Project for Statistical Computing // Free software environment for statistical computing and graphics. – URL: https://www.r-project.org/index.html (date of access: 02.02.2022).

9. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien; N.-Y., 1964. – 865 s.

10. Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Правила выделения типов леса = Устойлівае лесакіраванне і лесакарыстанне. Правілы выдзялення тыпаў лесу: ТКП 587-2016 (33090). – Введ. 01.01.17. – Мн.: Мин-во лесного хоз-ва, 2016. – 44 с.

11. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 990 с.

12. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov, O. M. Afonina, E. A. Ignatova [et al.] // Arctoa. – 2006. – Vol. 15. – P. 1–131.

13. Czerwiński, A. Zbiorowiska leśne północno-wschodniej Polski / A. Czerwiński // Zeszyty naukowe. – N. 27. – 1978. – 205 s.

14. Sokolowski, A. W. Lasy Puszcy Białowieskiej / A. W. Sokolowski. – Warszava, 2004. – 537 p.

15. Смагин, В. А. Растительность лесных евтрофных болот таежной зоны Европейской части России / В. А. Смагин // Ботанический журнал. – 2010. – Т. 95, № 3. – С. 380–404.

16. Кучеров, И. Б. Травяно-сфагновые сосняки средней и северной тайги Европейской России / И. Б. Кучеров, С. А. Кутенков // Ботанический журнал. – 2011. – Т. 96, № 6. – С. 738–768.

17. Лапшина, Е. Д. Растительность болот юго-востока Западной Сибири / Е. Д. Лапшина. – Нск: РИЦ НГУ, 2010. – 186 с.

18. Description and validation of some European forest syntaxa – a supplement to the EuroVegChecklist / W. Willner, A. Solomeshch, A. Čarni [et al.] // Hacquetia. – 2016. – N. 15/1. – P. 15–25.

19. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bueltmann, K. Dierßen [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – N. 19 (Suppl. 1). – P. 3–264.

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Цвирко Руслан Владимирович*** – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Груммо Дмитрий Геннадьевич*** – доктор биологических наук, доцент, директор Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Волкова Елена Михайловна*** – доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет»

***Леготин Максим Евгеньевич*** – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

*Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris* – ассоциация мезоэвтрофных травяно-сфагновых сосняков / Р. В. Цвирко, Д. Г. Груммо, Е. М. Волкова, М. Е. Леготин // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 131–143.

# ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ
# ECOLOGY OF NATURAL PLANT COMPLEXES

УДК 595.7 : 632.7 : 502.4 (476)

Ф. В. САУТКИН, Ф. Г. ЯКОВЧИК, С. В. БУГА

## ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ ДЕКОРАТИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ЛИСТОВЫМИ МИНЕРАМИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ИХ ВРЕДОНОСНОСТИ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСАХ И ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: fedar77@outlook.com*

**Аннотация.** Вредоносность для декоративных древесных растений оценена для 33 видов минирующих фитофагов в условиях зеленых насаждений населенных пунктов и рекреационных лесов национального парка «Нарочанский». Среди них 2 вида жесткокрылых (*Coleoptera*), 1 вид перепончатокрылых (*Hymenoptera*), 3 вида двукрылых (*Diptera*) и 25 видов чешуекрылых (*Lepidoptera*) насекомых. Минирование листовых пластинок у 14 видов минеров сопровождается или опосредуется деформацией, для остальных 17 видов это не характерно. У 3 видов в течение сезона может развиться 3 поколения, у 8 видов – два, остальные дают одну генерацию за сезон. Группа минеров с высоким (более 100 баллов) уровнем вредоносности включает в зеленых насаждениях 10, в рекреационных лесах – 13 видов минеров, группа с умеренным (от 50 до 100 баллов) – 8 и 4 видов, низким (менее 50 баллов) уровнем – 11 и 14 видов, соответственно. Наибольшим видовым богатством характеризуется комплекс минирующих фитофагов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), уровни вредоносности фитофагов лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.) выше в рекреационных лесах, а конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) – в зеленых насаждениях населенных пунктов.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, декоративные древесные растения, минирующие насекомые-филлобионты, Нарочанское Поозерье, особо охраняемые природные территории.

F. V. SAUTKIN, F. G. YAKOUCHYK, S. V. BUGA

## PROBLEM OF THE RESISTANCE OF ORNAMENTAL WOODY PLANTS TO LEAF MINERS: RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THEIR PESTFULNESS IN RECREATIONAL FORESTS AND GREEN SPACES IN THE NAROCHANSKY NATIONAL PARK

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

**Annotation.** The pestfulness to ornamental woody plants was assessed for 33 species of leaf-mining phytophages in green areas of settlements and in recreational forests of the Narochansky National Park. Among them are 2 species of *Coleoptera*, 1 species of *Hymenoptera*, 3 species of *Diptera*, and 25 species of *Lepidoptera* insects. Leaf mining by 14 species of miners is accompanied or mediated by deformation, while this is not characteristic of the rest 17 species. Three species have three generations during the season, eight species – two generations, and the others have one generation per season. The group of leaf miners with a high (over 100 points) level of pestfulness in green spaces includes 10 species, in recreational forests – 13 species, the group with an intermediate (from 50 to 100 points) level includes 8 and 4 species, respectively, and the group with a minimum (less than 50 points) level includes 11 and 14 species, respectively. Leaf miners of the *Sorbus aucuparia* L. are characterized by maximum species richness, while the levels

of pestfulness of mining insects of *Corylus avellana* L. are higher in recreational forests, and those of *Aesculus hippocastanum* L. are higher in green spaces of settlements.

**Keywords:** biodiversity, leaf mines, ornamental woody plants, leaf-mining insects, Naroch Lakeland, natural reserves.

## Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) организуют в целях сохранения в малонарушенном состоянии природных комплексов, характерных для того или иного региона. Национальный парк «Нарочанский» учрежден в 1999 г. для сохранения природных комплексов юго-запада Нарочанского-Ушачского Поозерья [1]. Однако ООПТ разного статуса могут решать и иные задачи. В частности, для национальных парков характерны рекреационные функции. В Республике Беларусь, территория которой простирается в лесной зоне Европы, значительные площади в границах национальных парков занимают участки лесных массивов, используемые для отдыха и экологического просвещения посетителей, то есть рекреационные леса. Это особенно характерно для национального парка «Нарочанский», на территории которого функционируют санатории, дома отдыха и иные лечебно-оздоровительные учреждения. Здесь в ряде населенных пунктов участки древесных насаждений располагаются в их границах и активно посещаются отдыхающими. Поэтому актуальными оказываются и эстетические качества произрастающих здесь деревьев и кустарников. Декоративные древесные растения составляют основу разного типа зеленых насаждений населенных пунктов на территории национального парка: уличных, парковых, приусадебных и иных.

Одним из факторов снижения декоративности деревьев и кустарников в зеленых насаждениях является деятельность повреждающих их фитофагов. Ухудшение энтомо-фитопатологической ситуации в насаждениях ведет к снижению декоративности растений, а, следовательно, и их рекреационной ценности. Это делает актуальным как выяснение состава комплексов вредителей декоративных растений в условиях рекреационных лесов, в том числе на территории определенных ООПТ, так и оценку уровней вредоносности отдельных их представителей. Представляет интерес также сопоставление результатов количественных оценок вредоносности фитофагов в условиях рекреационных лесов и зеленых насаждений населенных пунктов. Результаты соответствующих исследований для национального парка «Нарочанский» приведены в настоящей публикации.

## Материалы (объекты) и методы исследований

В основу работы положены результаты целенаправленных обследований декоративных древесных растений (их круг ограничен официальным ассортиментом древесных растений для зеленого строительства Беларуси [2]), произрастающих в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов на территории национального парка «Нарочанский» в течение полевых сезонов 2021–2025 гг. Параллельно с регистрацией показателей, отражающих специфику повреждений растений, а также уровней заселенности и поврежденности отдельных экземпляров минирующими филлобионтами, проводили фенологические наблюдения. Кроме того, оценивали уровень распространенности и ценности в качестве декоративных отдельных повреждаемых растений в зеленых насаждениях обследуемых населенных пунктов и в структуре лесных массивов национального парка. Количественные оценки вредоспособности и вредоносности минирующих насекомых осуществляли на основе предложенной ранее методики оценки уровня вредоносности минеров-филлобионтов – вредителей декоративных кустарниковых растений в зеленых насаждениях [3, 4], которая представляет собой модифицированную с учетом особенностей биологии и экологии минирующих фитофагов методику оценки общей вредоносности, предложенную Е.Г. Куликовой [5] (с сохранением специальной терминологии, поскольку она используется в фитопатологии и защите растений).

В качестве параметров, учитываемых при расчете показателя физиологической вредоспособности минирующих фитофагов, выступали: характер повреждений (тип питания – сопровождается повреждение листовых пластинок их деформацией или нет, баллы) и период активности (продолжительность периода присутствия повреждений, баллы). Для расчета значений показателя вредоносности в аспекте потери декоративности (экологической вредоносности) использовали следующие показатели: тип наносимых фитофагом повреждений (баллы), характер локализации повреждений на растении (баллы), распространенность и ценность повреждаемых растений с учетом спектра повреждаемых пород

(баллы), распространенность (встречаемость) фитофага в насаждениях (баллы). На основе указанных показателей, а также таких параметров как вольтинность (количество генераций фитофага за сезон, абсолютная величина), наличие и регулярность вспышек массового размножения (баллы) осуществлялся расчет значений интегрального показателя – общей вредоносности в условиях рекреационных лесов и зеленых насаждений населенных пунктов в границах национального парка «Нарочанский».

Идентификацию фитофагов по повреждениям осуществляли с использованием современных и классических работ [6–8], а также ключей специализированного интернет-портала [9]. Статистический анализ выполняли средствами программного пакета PAST 4.16 [10]. Исходя из характера данных, для установления статистической значимости наблюдаемых различий оценочных значений показателей вредоносности использованы непараметрические критерии: критерий знаков и критерий Манна-Уитни.

## Результаты исследований и их обсуждение

Расчеты значений показателей физиологической вредоспособности, вредоносности в аспекте потери декоративности (экологической вредоносности), а также общей вредоносности минирующих фитофагов-филлобионтов для декоративных древесных растений выполнены для рекреационных лесов (1) и зеленых насаждений населенных пунктов (2), расположенных в границах национального парка «Нарочанский» (табл. 1–3). Видовой список листовых минеров, для которых осуществлена оценка параметров и показателей вредоносности, см. в табл. 1.

Среди них 2 вида жесткокрылых (*Coleoptera*), 1 вид перепончатокрылых (*Hymenoptera*), 3 вида двукрылых (*Diptera*) и 25 видов чешуекрылых (*Lepidoptera*) насекомых. Для 14 видов в качестве последствий повреждения личинками характерны какие-либо деформации листовых пластинок, тогда как для остальных 17 видов минеров они не характерны. Оценочный период нанесения вреда (период вредоносности) минимален у моновольтинных видов, личинки которых развиваются в летне-осенний период (несколько нетипичным примером может служить моль-чехлоноска *Coleophora anatipenella* (Hübn.), гусеницы которой завершают свое развитие уже весной). Период вредоносности личинок минирующей мухи *Amauromyza obscura* (Rohd.-Holm.) ограничен ранним листопадом ее растения-хозяина, караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.). Напротив, раньше других, в апреле, появляются мины минирующей мухи *Aulagromyza cornigera* (Griffiths) на листовых пластинках жимолости обыкновенной (*Lonicera xylosteum* L.), однако ранняя дефолиация делает период нанесения вреда продолжительным, но не наибольшим среди всех вовлеченных в исследование минеров. Сиреневая моль-пестрянка (*Gracillaria syringella* (F.)) начинает повреждать листву кормовых растений позже, однако и листопад у повсеместно произрастающей сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) происходит позднее, чем у жимолости. В целом значения показателя физиологической вредоспособности варьировали от 2 до 8 баллов (например, у *C. anatipenella* и *G. syringella*, соответственно).

Расчеты значений показателя вредоносности в аспекте потери декоративности (экологической, или хозяйственной вредоносности) выполнены на основе оценок параметров специфики и локализации повреждений, а также распространенности (встречаемости) самих фитофагов и повреждаемых ими декоративных древесных растений в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов, расположенных в границах национального парка «Нарочанский» (см. табл. 2).

Для рекреационных лесов значения показателя вредоносности в аспекте потери декоративности варьировали от 0,75 баллов для моли-пестрянки *Phyllocnistis unipunctella* (Steph.), личинки которой минируют листовые пластинки единичных здесь тополей секции *Aigeiros*, до 18 баллов для моли-пестрянки *Parornix devoniella* (Stainton), массовой на фоновой лещине обыкновенной (*Corylus avellana* L.). Для зеленых насаждений населенных пунктов значения показателя находились в диапазоне от 0 баллов (например, для развивающейся на нехарактерной для посадок в населенных пунктах лещине моли-пестрянки *Phyllonorycter nicellii* (Stainton) до 36 баллов для липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii* (Kumata)). Наблюдаемые существенные различия наборов значений показателя для рекреационных лесов и собственно декоративных зеленых насаждений, тем не менее, не были статистически значимыми ($p = 0,46$ и $p = 0,69$ для расчетных значений критерия знаков и критерия Манна-Уитни, соответственно).

Расчеты значений показателя общей вредоносности осуществлены для рекреационных лесов и зеленых насаждений населенных пунктов, расположенных в границах национального парка, на основе полученных оценок рассмотренных выше показателей с учетом таких параметров, как наличие и регулярность вспышек массового

размножения (эксплозивность популяционной динамики) (см. табл. 3).

Ограниченная продолжительность вегетационного периода древесных растений лимитирует число генераций фитофагов, способных успеть завершить развитие за сезон. Тем не менее среди рассматриваемых видов минирующих филлобионтов присутствуют тривольтинные виды – в их числе каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic), которая в последние годы даже на юго-западе Белорусского Поозерья дает 3 генерации.

Группу минеров с максимальным уровнем общей вредоносности (более 100 баллов) формируют массовые виды, либо формы, обуславливающие у растений стойкое, долговременное снижение декоративности. В группу форм с низким (менее 50 баллов) уровнем общей вредоносности входят относительно редкие в условиях рекреационных лесов и зеленых насаждений виды минеров, развивающиеся на малораспространенных либо малоценных в аспекте декоративности древесных растениях.

**Таблица 1.** Видовой состав и физиологическая вредоносность минеров в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов национального парка «Нарочанский»

**Table 1.** Species composition and physiological pestfulness of leaf miners in recreational forests and green spaces of settlements in the Narochansky National Park

| Вид | Растения-хозяева | Тип питания | Период вредоносности (сутки) | | Физиологическая вредоспособность (балл) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. *Trachys minutus* (Linnaeus, 1758) | *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds. | 1 | 140 | 7 | 7 |
| 2. *Zeugophora* sp. | *Populus* spp. | 0,5 | 120 | 6 | 3 |
| 3. *Coleophora anatipenella* (Hübner, 1796) | *Corylus avellana* L. *Sorbus aucuparia* L. | 0,5 | 80 | 4 | 2 |
| 4. *Caloptilia hemidactylella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | *Acer platanoides* L. | 1 | 100 | 5 | 5 |
| 5. *Caloptilia rufipennella* (Hübner, 1796) | *Acer platanoides* L. | 1 | 160 | 8 | 8 |
| 6. *Gracillaria syringella* (Fabricius, 1794) | *Syringa vulgaris* L., *Fraxinus excelsior* L. | 1 | 160 | 8 | 8 |
| 7. *Parornix devoniella* (Stainton, 1850) | *Corylus avellana* L. | 1 | 100 | 5 | 5 |
| 8. *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834) | *Populus* spp. | 0,5 | 120 | 6 | 3 |
| 9. *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 | *Aesculus hippocastanum* L. | 0,5 | 140 | 7 | 3,5 |
| 10. *Phyllonorycter blancardella* (Fabricius, 1761) | *Amelanchier* sp. | 1 | 140 | 7 | 7 |
| 11. *Phyllonorycter coryli* (Nicelli, 1851) | *Corylus avellana* L. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 12. *Phyllonorycter quercifoliella* (Zeller, 1839) | *Quercus robur* L. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 13. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) | *Tilia cordata* Mill. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 14. *Phyllonorycter joannisi* (le Marchand, 1936) | *Acer platanoides* L. | 1 | 140 | 7 | 7 |
| 15. *Phyllonorycter nicellii* (Stainton, 1851) | *Corylus avellana* L. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 16. *Phyllonorycter oxyacanthae* (Frey, 1856) | *Crataegus monogyna* Jacq. | 1 | 140 | 7 | 7 |
| 17. *Phyllonorycter sorbi* (Frey, 1855) | *Sorbus aucuparia* L. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 18. *Antispila metallella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | *Cornus alba* L. | 0,5 | 100 | 5 | 2,5 |
| 19. *Leucoptera malifoliella* (Costa, 1836) | *Sorbus aucuparia* L. | 0,5 | 120 | 6 | 3 |
| 20. *Lyonetia clerkella* (Linnaeus, 1758) | *Prunus cerasifera* Ehrh. | 0,5 | 140 | 7 | 3,5 |
| 21. *Stigmella aceris* (Frey, 1857) | *Acer platanoides* L. | 0,5 | 120 | 6 | 3 |
| 22. *Stigmella magdalenae* (Klimesch, 1950) | *Sorbus aucuparia* L. | 0,5 | 80 | 4 | 2 |
| 23. *Stigmella nylandriella* (Tengström, 1848) | *Sorbus aucuparia* L. | 0,5 | 100 | 5 | 2,5 |
| 24. *Stigmella roborella* (Johansson, 1971) | *Quercus robur* L. | 0,5 | 140 | 7 | 3,5 |
| 25. *Stigmella sorbi* (Stainton, 1861) | *Cotoneaster lucidus* Schltdl., *Sorbus aucuparia* L. | 0,5 | 100 | 5 | 2,5 |
| 26. *Stigmella tiliae* (Frey, 1856) | *Tilia cordata* Mill. | 0,5 | 80 | 4 | 2 |
| 27. *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) | *Quercus robur* L. | 0,5 | 100 | 5 | 2,5 |
| 28. *Profenusa pygmaea* (Klug, 1816) | *Quercus robur* L. | 1 | 120 | 6 | 6 |
| 29. *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanova, 1959) | *Caragana arborescens* Lam. | 0,5 | 80 | 4 | 2 |
| 30. *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) | *Lonicera xylosteum* L. | 0,5 | 160 | 8 | 4 |
| 31. *Phytomyza agromyzina* Meigen, 1830 | *Cornus alba* L. | 0,5 | 100 | 5 | 2,5 |

**Таблица 2.** Экологическая вредоносность минеров в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов национального парка «Нарочанский»

**Table 2.** Ecological pestfulness of leaf miners in recreational forests and green spaces of settlements in the Narochansky National Park

| Вид | Характер повреждений (балл) | Локализация (балл) | Ценность древесных растений (балл) | | Распространенность фитофагов (балл) | | Экологическая вредоносность (балл) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | зеленые насаждения | рекреационные леса | зеленые насаждения | рекреационные леса | зеленые насаждения | рекреационные леса |
| 1. *Trachys minutus* (Linnaeus, 1758) | 1,5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13,5 | 9 |
| 2. *Zeugophora* sp. | 1,5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 12 | 3 |
| 3. *Coleophora anatipenella* (Hübner, 1796) | 2,0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 8 | 18 |
| 4. *Caloptilia hemidactylella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 12 | 8 |
| 5. *Caloptilia rufipennella* (Hübner, 1796) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 12 | 8 |
| 6. *Gracillaria syringella* (Fabricius, 1794) | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 36 | 8 |
| 7. *Parornix devoniella* (Stainton, 1850) | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 18 |
| 8. *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834) | 0,75 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0,75 |
| 9. *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic, 1986) | 1,5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 27 | 6 |
| 10. *Phyllonorycter blancardella* (Fabricius, 1761) | 2 | 1 | 0,5 | 0,5 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 11. *Phyllonorycter coryli* (Nicelli, 1851) | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 8 | 12 |
| 12. *Phyllonorycter quercifoliella* (Zeller, 1839) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 12 | 12 |
| 13. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 36 | 8 |
| 14. *Phyllonorycter joannisi* (le Marchand, 1936) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 12 | 8 |
| 15. *Phyllonorycter nicellii* (Stainton, 1851) | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 12 |
| 16. *Phyllonorycter oxyacanthae* (Frey, 1856) | 1,5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 6 |
| 17. *Phyllonorycter sorbi* (Frey, 1855) | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 8 | 18 |
| 18. *Antispila metallella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | 1,5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 18 | 6 |
| 19. *Leucoptera malifoliella* (Costa, 1836) | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6 | 13,5 |
| 20. *Lyonetia clerkella* (Linnaeus, 1758) | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 9 | 3 |
| 21. *Stigmella aceris* (Frey, 1857) | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 13,5 | 6 |
| 22. *Stigmella magdalenae* (Klimesch, 1950) | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6 | 13,5 |
| 23. *Stigmella nylandriella* (Tengström, 1848) | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 9 |
| 24. *Stigmella roborella* (Johansson, 1971) | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 9 | 9 |
| 25. *Stigmella sorbi* (Stainton, 1861) | 1,5 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 6 | 9 |
| 26. *Stigmella tiliae* (Frey, 1856) | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 6 | 6 |
| 27. *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) | 1,5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13,5 | 9 |
| 28. *Profenusa pygmaea* (Klug, 1816) | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 18 | 12 |
| 29. *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanova, 1959) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 30. *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) | 1,5 | 1 | 0,5 | 2 | 1 | 3 | 0,75 | 9 |
| 31. *Phytomyza agromyzina* (Meigen, 1830) | 1,5 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4,5 | 3 |

**Таблица 3.** Общая вредоносность минеров в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов национального парка «Нарочанский»

**Table 3.** General pestfulness of leaf miners in recreational forests and green spaces of settlements in the Narochansky National Park

| Вид | Физиологическая вредоспособность (балл) | Экологическая вредоносность (балл) | | Регулярность вспышек массового размножения (балл) | | Вольтинность (количество генераций) | Общая вредоносность (балл) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | зеленые насаждения | рекреационные леса | зеленые насаждения | рекреационные леса | | зеленые насаждения | рекреационные леса |
| 1. *Trachys minutus* (Linnaeus, 1758) | 7 | 13,5 | 9 | 1 | 1 | 2 | 189 | 126 |
| 2. *Zeugophora* sp. | 3 | 12 | 3 | 2 | 2 | 1 | 72 | 18 |
| 3. *Coleophora anatipenella* (Hübner, 1796) | 2 | 8 | 18 | 1 | 1 | 1 | 16 | 36 |
| 4. *Caloptilia hemidactylella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | 5 | 12 | 8 | 2 | 2 | 1 | 120 | 80 |
| 5. *Caloptilia rufipennella* (Hübner, 1796) | 8 | 12 | 8 | 2 | 2 | 1 | 192 | 128 |
| 6. *Gracillaria syringella* (Fabricius, 1794) | 8 | 36 | 8 | 3 | 2 | 2 | 1728 | 256 |
| 7. *Parornix devoniella* (Stainton, 1850) | 5 | 0 | 18 | 1 | 1 | 2 | 0 | 180 |
| 8. *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834) | 3 | 3 | 0,75 | 1 | 1 | 2 | 18 | 4,5 |
| 9. *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 | 3,5 | 27 | 6 | 3 | 3 | 3 | 850,5 | 189 |
| 10. *Phyllonorycter blancardella* (Fabricius, 1761) | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 28 | 14 |
| 11. *Phyllonorycter coryli* (Nicelli, 1851) | 6 | 8 | 12 | 1 | 1 | 2 | 96 | 144 |
| 12. *Phyllonorycter quercifoliella* (Zeller, 1839) | 6 | 12 | 12 | 1 | 1 | 2 | 144 | 144 |
| 13. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) | 6 | 36 | 8 | 3 | 2 | 2 | 1296 | 192 |
| 14. *Phyllonorycter joannisi* (le Marchand, 1936) | 7 | 12 | 8 | 1 | 1 | 2 | 168 | 112 |
| 15. *Phyllonorycter nicellii* (Stainton, 1851) | 6 | 0 | 12 | 1 | 1 | 2 | 0 | 144 |
| 16. *Phyllonorycter oxyacanthae* (Frey, 1856) | 7 | 6 | 6 | 1 | 1 | 2 | 84 | 84 |
| 17. *Phyllonorycter sorbi* (Frey, 1855) | 6 | 8 | 18 | 1 | 1 | 2 | 96 | 216 |
| 18. *Antispila metallella* (Denis & Schiffermüller, 1775) | 2,5 | 18 | 6 | 1 | 1 | 1 | 45 | 15 |
| 19. *Leucoptera malifoliella* (Costa, 1836) | 3 | 6 | 13,5 | 2 | 2 | 3 | 108 | 243 |
| 20. *Lyonetia clerkella* (Linnaeus, 1758) | 3,5 | 9 | 3 | 1 | 1 | 3 | 94,5 | 31,5 |
| 21. *Stigmella aceris* (Frey, 1857) | 3 | 13,5 | 6 | 1 | 1 | 2 | 81 | 36 |
| 22. *Stigmella magdalenae* (Klimesch, 1950) | 2 | 6 | 13,5 | 1 | 1 | 1 | 12 | 27 |
| 23. *Stigmella nylandriella* (Tengström, 1848) | 2,5 | 3 | 9 | 2 | 2 | 1 | 15 | 45 |
| 24. *Stigmella roborella* (Johansson, 1971) | 3,5 | 9 | 9 | 1 | 1 | 2 | 63 | 63 |
| 25. *Stigmella sorbi* (Stainton, 1861) | 2,5 | 6 | 9 | 2 | 2 | 1 | 30 | 45 |
| 26. *Stigmella tiliae* (Frey, 1856) | 2 | 6 | 6 | 1 | 1 | 2 | 24 | 24 |
| 27. *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) | 2,5 | 13,5 | 9 | 1 | 1 | 2 | 67,5 | 45 |
| 28. *Profenusa pygmaea* (Klug, 1816) | 6 | 18 | 12 | 2 | 2 | 1 | 216 | 144 |
| 29. *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanova, 1959) | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 16 | 8 |
| 30. *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) | 4 | 0,75 | 9 | 2 | 2 | 1 | 6 | 72 |
| 31. *Phytomyza agromyzina* (Meigen, 1830) | 2,5 | 4,5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 22,5 | 15 |

Наблюдаемые существенные различия наборов значений показателя общей вредоносности для рекреационных лесов и собственно декоративных зеленых насаждений, тем не менее, не были статистически значимыми ($p = 0,45$ и $p = 0,75$ для расчетных значений критерия знаков и критерия Манна-Уитни, соответственно).

Данные о видовом богатстве (числе видов) минеров тех или иных групп по уровню экологической и общей вредоносности для отдельных декоративных древесных растений представлены в табл. 4.

Данные табл. 4 позволяют оценить не только видовое богатство минеров-филлофагов отдельных декоративных деревьев и кустарников в условиях рекреационных лесов и зеленых насаждений населенных пунктов, но также и их распределение по группам с разными уровнями вредо-

носности в аспекте потери декоративности (экологической вредоносности) и общей вредоносности. Так, среди прочих более высоким видовым богатством минирующих фитофагов выделяются клен остролистный, рябина обыкновенная и дуб черешчатый. Лещина обыкновенная в условиях рекреационных лесов повреждается бóльшим числом минеров, а уровень их вредоносности там выше, чем в зеленых насаждениях населенных пунктов. И напротив, уровень вредоносности минирующих фитофагов конских каштанов выше в зеленых насаждениях населенных пунктов.

**Таблица 4.** Количество видов минирующих фитофагов отдельных декоративных древесных растений в группах с низким, умеренным и высоким уровнем экологической и общей вредоносности в рекреационных лесах и зеленых насаждениях населенных пунктов национального парка «Нарочанский»

**Table 4.** Species richness of leaf miners of some ornamental woody plants in groups with low, moderate, and high levels of ecological and general pestfulness in recreational forests and green spaces of settlements in the Narochansky National Park

| Декоративные растения | Насаждения | Экологическая вредоносность | | | Общая вредоносность | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | низкая <5 баллов | умеренная 5–20 баллов | высокая >20 баллов | низкая <50 баллов | умеренная 5–20 баллов | высокая >20 баллов |
| *Acer platanoides* L. | зеленые насаждения | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| | рекреационные леса | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| *Aesculus hippocastanum* L. | зеленые насаждения | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Amelanchier* sp. | зеленые насаждения | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | рекреационные леса | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| *Caragana arborescens* Lam. | зеленые насаждения | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | рекреационные леса | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| *Cornus alba* L. | зеленые насаждения | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | рекреационные леса | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| *Corylus avellana* L. | зеленые насаждения | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | рекреационные леса | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| *Cotoneaster lucidus* Schltdl. | зеленые насаждения | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| *Crataegus monogyna* Jacq. | зеленые насаждения | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| *Fraxinus excelsior* L. | зеленые насаждения | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Lonicera xylosteum* L. | зеленые насаждения | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| *Populus* spp. | зеленые насаждения | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | рекреационные леса | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| *Prunus cerasifera* Ehrh. | зеленые насаждения | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | рекреационные леса | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| *Quercus robur* L. | зеленые насаждения | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | рекреационные леса | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| *Sorbus aucuparia* L. | зеленые насаждения | 1 | 5 | 0 | 4 | 0 | 2 |
| | рекреационные леса | 0 | 6 | 0 | 4 | 1 | 1 |
| *Syringa vulgaris* L. | зеленые насаждения | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Tilia cordata* Mill. | зеленые насаждения | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| | рекреационные леса | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| *Ulmus glabra* Huds. | зеленые насаждения | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | рекреационные леса | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

## Заключение

По результатам исследований биологии, экологии, распространения и вредоносности листовых минеров декоративных древесных растений в условиях национального парка «Нарочанский» даны количественные оценки физиологической вредоспособности, вредоносности в аспекте снижения декоративности (экологической, или хозяйственной вредоносности) и общей вредоносности в рекреационных лесах и зеленных насаждениях населенных пунктов для 31 вида филлобионтов, в числе которых 2 вида жесткокрылых (*Coleoptera*), 1 вид перепончатокрылых (*Hymenoptera*), 3 вида двукрылых (*Diptera*) и 25 видов чешуекрылых (*Lepidoptera*) насекомых. Среди последних 1 вид чехликовых молей (*Coleophoridae*), 15 видов молей-пестрянок (*Gracillariidae*), 1 вид молей-блестянок (*Heliozelidae*), 2 вида крохоток-молей (*Lyonetiidae*), 6 видов молей-малюток (*Nepticulidae*), 1 вид одноцветных молей-минёров (*Tischeriidae*).

Минирование листовых пластинок у 14 видов минеров сопровождаются или опосредуется деформацией, для остальных 17 видов это не характерно. Верхнесторонние малозаметные эпидермальные, неконтрастирующие с естественной окраской листовой пластинки мины характерны для 1 вида минеров, хорошо заметные двусторонние, контрастирующие окраской верхнесторонние, либо проявляющиеся на верхней стороне листовой пластинки нижнесторонние мины – 7 видов, с опосредующей некротизацией тканей участка или всей поверхности листовых пластинок – 9 видов. Для 14 видов минирование сопровождается скелетированием либо механической деформацией листовых пластинок. Тривольтинность констатирована для 3 видов минеров, 8 видов бивольтинны, остальные – моновольтинны.

В группу минеров с высоким в условиях зеленых насаждений уровнем общей вредоносности (более 100 баллов) входят 10 видов – это массовые либо обуславливающие у растений стойкое долговременное снижение декоративности формы. К группе видов с низким (менее 50 баллов) уровнем общей вредоносности отнесено 11 (виды с нулевым значением рассматриваемого показателя не учитывались) относительно редких видов минеров, развивающихся на малораспространенных либо малоценных в аспекте декоративности древесных растениях. К группе филлобионтов с высоким уровнем вредоносности в условиях рекреационных лесов национального парка отнесено 13 видов, к группе с низким уровнем вредоносности – 14 видов. Наблюдаемые существенные различия наборов значений показателя общей вредоносности для рекреационных лесов и собственно декоративных зеленых насаждений, тем не менее, не являются статистически значимыми ($p > 0,05$).

Рассмотрение комплексов минирующих фитофагов отдельных декоративных древесных растений не выявило каких-либо кардинальных различий, позволяющих констатировать исключительную повреждаемость минерами тех или иных деревьев и кустарников, либо в условиях рекреационных лесов и зеленых насаждений населенных пунктов национального парка «Нарочанский». Высокая повреждаемость рябины обыкновенной вполне корреспондируется в продемонстрированной высокой вредоносностью ее фитофагов. Вполне ожидаема высокая повреждаемость минирующими фитофагами конского каштана обыкновенного, но в условиях рекреационных лесов она даже выше. Полученные результаты являются предпосылкой для дальнейших исследований как факторов устойчивости декоративных древесных растений к повреждению фитофагами-вредителями, так параметров повреждаемости отдельных деревьев и кустарников, в том числе в условиях особо охраняемых природных территорий, выполняющих как природоохранные, так и рекреационные функции.

## Благодарности

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

## Литература

1. Национальный парк «Нарочанский». – URL: https://narochpark.by (дата доступа: 25.09.2025).

2. Сидорович, Е. А. Ассортимент декоративных деревьев и кустарников для зеленого строительства Беларуси и рекомендации по оптимизации условий выращивания сеянцев / Е. А. Сидорович, И. М. Гаранович, А. И. Чаховский. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 62 с.

3. Сауткин, Ф. В. Опыт оценки уровня вредоносности минеров-филлобионтов – вредителей декоративных кустарников в зеленых насаждениях Беларуси / Ф. В. Сауткин, С. И. Евдошенко, С. В. Буга // Защита растений: сборник научных трудов. – 2012. – Вып. 36. – С. 198–210.

4. Сауткин, Ф. В. Оценка уровня вредоносности *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859) – вредителя робинии обыкновенной (*Robinia pseudoacacia* L., 1753) в условиях зеленых насаждений разных районов интродукции растений в Беларуси / Ф. В. Сауткин, О. В. Синчук // Труды БГУ. – 2014. – Т. 9, ч. 2. – С. 110–115.

5. Куликова, Е. Г. Оценка вредоносности кокцид / Е. Г. Куликова // Защита растений. – 1987. – № 10. – С. 27–28.

6. Salicaceae-feeding leaf-mining insects in Siberia: distribution, trophic specialization, and pest status / N. I. Kirichenko, M. V. Skvortsova, V. Petko [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. – 2018. – Vol. 11, № 6. – P. 576–593.

7. Гусев, В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников / В. И. Гусев, М. Н. Римский-Корсаков. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1951. – 580 с.

8. Гусев, В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников, применяемых в зеленом строительстве: справочник / В. И. Гусев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 208 с.

9. Plant Parasites of Europe – leafminers, galls and fungi. – URL: https://bladmineerders.nl/ (date of access: 24.09.2025).

10. PAST 4.16. PAST 4 manual. – URL: https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/downloads/past4manual.pdf (date of access: 25.09.2024).

*Поступила в редакцию 31.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Сауткин Федор Викторович*** – кандидат биологических наук, доцент, докторант, доцент кафедры зоологии Белорусского государственного университета

***Яковчик Федор Геннадьевич*** – аспирант кафедры зоологии Белорусского государственного университета

***Буга Сергей Владимирович*** – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ботаники Белорусского государственного университета

Сауткин, Ф. В. Проблема устойчивости декоративных древесных растений к повреждению листовыми минерами: результаты оценки их вредоносности в рекреационных лесах и зеленых насаждениях национального парка «Нарочанский» / Ф. В. Сауткин, Ф. Г. Яковчик, С. В. Буга // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 144–152.

УДК 625.1;630.181.351;502.171

А. В. СУДНИК, Р. М. ГОЛУШКО, А. Ю. КОМАР, И. П. ВОЗНЯЧУК

# СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ И ЗАЩИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

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

**Аннотация.** Лесные и защитные древесные насаждения вдоль железных дорог Беларуси оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 89,2%), при этом в Минской и Могилевской областях они оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 86,5–89,0%), в Брестской, Витебской, Гродненской и Гомельской областях – «здоровые» (индекс жизненного состояния 90,2–93,8%). Для всей совокупности обследованных вдоль железных дорог лесных и защитных древесных насаждений в опушечной полосе чаще встречаются деревья «без признаков ослабления» – 71,6%; доля «ослабленных» деревьев составляет 22,4%; «сильно ослабленных» – 4,8%; «усыхающие» и «сухостойные» деревья занимают 0,3% и 0,9%, соответственно. В отличии от других транспортных коммуникаций (автомобильные дороги, ЛЭП и продуктопроводы) тенденция на улучшение состояния древостоев и уменьшение степени дефолиации крон деревьев с удалением от опушки вдоль железных дорог не наблюдается. Воздействие железнодорожных коммуникаций на лесные биогеоценозы не вызывает четко выраженную перестройку фитоценотической организации структуры и пространственного распределения лесных сообществ. Видимое воздействие на нижние ярусы придорожных лесных насаждений распространяется до 35–50 м при удалении от опушки леса, то есть проявляется в рамках эффектов опушечных зон. Степень трансформированности зависит от видовой и возрастной структуры сообществ, различий условий их произрастания и локальных факторов окружающей среды, а также от интенсивности других форм антропогенного и природного воздействия.

**Ключевые слова:** железная дорога, лесные фитоценозы, защитные древесные насаждения, опушка, оценка состояние, экотонный эффект.

A. V. SUDNIK, R. M. GOLUSHKO, A. Yu. KOMAR, I. P. VOZNYACHUK

# STATE OF FOREST AND PROTECTIVE TREE STANDS ALONG THE BELARUS RAILWAYS

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

**Annotation.** The forest and protective tree stands along railways of Belarus is estimated as "healthy with signs of weakening" (vitality index 89.2%), while in the Minsk and Mogilev regions they are estimated as "healthy with signs of weakening" (vitality index 86.5–89.0%), in the Brest, Vitebsk, Grodno and Gomel regions – "healthy" (vitality index 90.2–93.8%). For the entire set of forest and protective tree plantations surveyed along the railways, trees in the edge strip most often are estimated as “no signs of weakening” – 71.6%; the share of “weakened” trees – 22.4%; “strongly weakened” – 4.8%; “drying” and “dead” trees occupy 0.3% and 0.9%, respectively. Unlike other transport communications (highways, power lines and product pipelines), there is no tendency to improve the state of forest stands and reduce the degree of defoliation of tree crowns with distance from the edge along railways. The impact of railway communications on forest biogeocenoses does not cause a clearly expressed restructuring of the phytocenotic organization of the structure and spatial distribution of forest communities. The visible impact on low layers of roadside forest stands extends up to 35–50 m away from the forest edge, i.e. is noted within the framework of the effects of edge zones. The degree of transformation depends on the species and age structure of communities, differences in their growing conditions and local environmental factors, as well as on the intensity of other forms of anthropogenic and natural impact.

**Key words:** railways, forest phytocenosis, protective tree plantations, edge, state, assessment of state, ecotone effect.

## Введение

Антропогенно обусловленное преобразование природной среды – наиболее острая проблема современности. Особо в этом отношении выделяются территории, подверженные интенсивному техногенному воздействию. Выгодное географическое положение Республики Беларусь в

Европе, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров, развитие экспорта транспортных услуг является одной из основных составляющих стабильного развития экономики республики. Транспорт является основой формирования внутренних и международных рынков и обеспечивает полномасштабное развитие любой национальной экономики. В ряде стран мира транспорт на правительственном уровне рассматривается как один из ключевых видов экономической деятельности [1]. Эффективные транспортные коммуникации сегодня являются важнейшим ресурсом государств и залогом их инновационного социально-экономического развития, имеют огромное значение в их внешней политике [2, 3].

В системе транспортных коммуникаций Беларуси наравне с автомобильным и трубопроводным важное значение имеет железнодорожный транспорт. Эксплуатационная длина Белорусской железной дороги составляет 5511 км, в том числе электрифицированных – 989 км. Современными видами тяги – электрической и тепловозной – обеспечивается 21,2% и 78,8% грузооборота дороги. Железнодорожный транспорт осуществляет около 75% всех выполняемых в стране грузовых и более 50% пассажирских перевозок [4].

Воздействие железной дороги на экосистему проявляется, прежде всего, в загрязнении земель при их строительстве и эксплуатации [5, 6]. Часто железные дороги, шпалы и рельсы имеют насыпи или наоборот расположены ниже общего уровня земли. Это создает искусственный барьер для экосистемы, разделяющий её на части. В целом, факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам: механическое воздействие (твердые отходы, воздействие дорожной техники на почву); физическое (тепловое излучение, электромагнитные поля, ультра- и инфразвук, вибрация, радиация); химическое (кислоты, щелочи, соли металлов, углеводороды, краски и растворители, пестициды); биологическое (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы); нарушение ландшафтов, осушение, заболачивание [7, 8].

Развитие транспортной инфраструктуры нередко сопровождается уничтожением естественной растительности вдоль транспортных коммуникаций. Изменяются экологические режимы в полосе отвода и на примыкающих площадях. Это, прежде всего, изменение непосредственно природной среды, связанное с их строительством и эксплуатацией. В первую очередь, проявляется воздействие экотонного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режим температуры, увлажнения и ветровой, который быстро снижается от опушки в глубину массива. Формирование экотонных (опушечных) эффектов приводит к увеличению экологической емкости сообщества, формируя более благоприятные условия для распространения видов вдоль опушек. Тем не менее, в ряде случаев из-за большой ширины коммуникаций или их физической непреодолимости формируется и ряд отрицательных эффектов, связанных с фрагментацией ареалов малоподвижных видов.

Существенный вред экосистемам наносят земляные работы, после которых остаются участки обнаженной почвы, служащие плацдармом проникновения в сообщество новых видов, а также нарушение естественного гидрологического режима, нередко приводящее к распаду или сильному ослаблению древостоев. Нельзя не учитывать захламление обочин бытовым мусором, занос вдоль трассы сорных видов, сосредоточение вдоль опушек синантропных и инвазивных видов растений. Ежегодно из пассажирских вагонов на каждый километр пути выливается до 200 м³ сточных вод, содержащих патогенные микроорганизмы, и выбрасывается до 12 т сухого мусора. Это приводит к загрязнению железнодорожного полотна и окружающей природной среды [9, 10].

Таким образом, воздействие железнодорожных коммуникаций на окружающую среду, обусловлено строительством железных дорог и транспортной инфраструктуры, производственно-хозяйственной деятельностью транспортных предприятий, эксплуатацией железных дорог и подвижного состава, сжиганием большого количества топлива, применением пестицидов на полосах отчуждения и др. Содержание и эксплуатация железных дорог связаны с загрязнением природных комплексов, выбросами в атмосферу, стоками и отходами. Железные дороги прокладываются на сложившихся путях миграции животных, нарушают их развитие и даже приводят к гибели целых сообществ и видов.

В условиях возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду, роста транспортных коммуникаций остро встала проблема устойчивости природных экосистем, проблема поддержания их структуры, функций, продукционного процесса и сохранения их биологического разнообразия. Негативные изменения экологической обстановки требуют разработки методов прогнозирования последствий неблагоприятных воздействий на природные экосистемы и комплекса адекватных управленческих решений, направленных на преодоление или минимизацию таких воздействий.

## ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наибольшую нагрузку от воздействия железнодорожного транспорта и деятельности по обслуживанию железных дорог испытывают насаждения, непосредственно примыкающие к дорожному полотну – опушечная придорожная зона, выступающая своего рода буфером по отношению к остальному лесному массиву. Именно на опушках отмечается повреждение и гибель деревьев. На состояние древостоев опушечной зоны влияет ряд факторов: изменение условий среды при строительстве и вырубке опушечных деревьев; интенсивность движения и линейные характеристики дороги; транспортная нагрузка; количество и качество перевозимых грузов; уровень положения дороги относительно прилегающих насаждений (в насыпи, в выемке или вровень); техническое обслуживание и ремонтные работы, наличие уходов. С целью определения существующего жизненного состояния древостоев, прилегающих непосредственно к железной дороге, проведена сплошная оценка деревьев на опушках (на глубину 1–2 деревьев) на отдельных участках железных дорог во всех областях по обе стороны от железной дороги на большом протяжении. Протяженность исследуемых отрезков лесонасаждений вдоль железных дорог составляла в среднем около 2 км с каждой стороны дороги. Всего обследовано 83 километра лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог по обе стороны.

Исследования проводили выборочно в насаждениях различного происхождения, формационно-типологической и возрастной структуры, примыкающих к железнодорожным коммуникациям во всех областях Республики Беларусь (табл. 1):

– Брестской области (Брестский, Лунинецкий и Пинский районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Брестский лесхоз», ГЛХУ «Лунинецкий лесхоз», ГЛХУ «Пинский лесхоз» Брестского ГПЛХО.

– Витебской области (Дубровенский, Витебский, Лиозненский, Оршанский, Сенненский, Толочинский, Шумилинский административные районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Витебский лесхоз», ГЛХУ «Лиозненский лесхоз», ГЛХУ «Оршанский лесхоз», ГЛХУ «Толочинский лесхоз», ГЛХУ «Шумилинский лесхоз» Витебского ГПЛХО.

– Гомельской области (Житковичский и Петриковский районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Житковичский лесхоз» и ГЛХУ «Петриковский лесхоз» Гомельского ГПЛХО.

– Гродненской области (Лидский, Островецкий, Ошмянский и Сморгонский районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Лидский лесхоз», ГОЛХУ «Островецкий опытный лесхоз», ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз» Гродненского ГПЛХО.

– Минской области (Молодечненский и Пуховичский районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Пуховичский лесхоз», ГЛХУ «Молодечненский лесхоз» Минского ГПЛХО.

– Могилевской области (Климавичский, Костюковичский, Кричевский, Чаусский, Шкловский административные районы). Обследованные насаждения относились к лесному фонду ГЛХУ «Климовичский лесхоз», ГЛХУ «Костюковичский лесхоз», ГЛХУ «Чериковский лесхоз» Могилевского ГПЛХО.

В систему объектов лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог входили выборочные участки дорог различных категорий, отличающиеся положением в рельефе.

**Таблица 1.** Местоположение обследованных лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог

**Table 1.** Location of surveyed forest and protective tree plantations along railways

| № маршрута | Положение | | Кол-во деревьев, шт | Обследованные породы |
|---|---|---|---|---|
| | район, станция / насел. пункт | широта долгота | | |
| ***Железная дорога Барановичи Полесские (Беларусь) – Львов (Украина)*** | | | | |
| ММ1 | Лунинецкий р-н, от г. Лунинца до р. Припять | 52°12'17,9" 26°47'59,0" | 726 | *Alnus glutinosa* (ольха ч.), *Quercus robur* (далее – дуб), *Betula pendula*, *Betula pubescens* (далее – береза), *Populus tremula* (далее – осина) |
| ММ6 | Лунинецкий р-н, от ст. Мальковичи до ст. Люци | 52°29'27,5" 26°38'54,8" | 721 | *Pinus sylvestris* (далее – сосна), *Ulmus glabra* (далее – вяз), *Fraxinus excelsior* (далее – ясень), *Salix caprea* и *Salix alba* (далее – ива), ольха ч., береза, осина, дуб |

| № марш-рута | Положение: район, станция / насел. пункт | Положение: широта долгота | Кол-во деревьев, шт | Обследованные породы |
|---|---|---|---|---|
| ***Железная дорога Брест-Гомель (Беларусь)*** | | | | |
| ММ2 | Лунинецкий р-н, д. Ситница | 52°12'16,1" 27°18'48,9" | 379 | сосна, береза, осина, дуб, ольха ч. |
| ММ3 | Пинский р-н, д. Староселье | 52°14'04,2" 26°23'10,5" | 609 | *Tilia cordata* (далее – липа), *Acer platanoides* (далее – клен), сосна, береза, ольха ч., дуб, осина, ива, вяз, ясень |
| ММ4 | Петриковский р-н, д. Старушки | 52°15'18,9" 28°09'58,4" | 726 | сосна, береза, осина, дуб, ольха ч., *Populus* sp. (далее – тополь) |
| ММ5 | Житковичский р-н, д. Полянка | 52°14'29,3" 27°57'12,5" | 404 | ольха ч., осина, береза, дуб, сосна, ива, липа, вяз |
| ММ7 | Житковичский р-н, д. Люденевичи | 52°13'34,8" 27°43'41,9" | 608 | сосна, береза, осина |
| ***Железная дорога Минск-Молодечно-Гудагай (Беларусь) – Вильнюс (Литва)*** *(построена в 1873 г., в 2017 г. полностью стала 2-х полостной и электрифицированной)* | | | | |
| ММ9 | Молодечненский р-н, ст. Пруды | 54º21'43,0" 26º40'15,9" | 144 | осина, береза, дуб, ольха ч. |
| ММ10 | Островецкий р-н, ст. Островец | 54º33'59,7" 26º00'30,5" | 238 | сосна |
| ММ11 | Островецкий р-н, ст. Островец | 54º33'42,9" 25º59'31,1" | 71 | береза, дуб, осина, ольха ч., клен |
| ММ12 | Островецкий р-н, ст. Островец, линия одноколейная на Островецкую АЭС | 54º35'50,3" 26º00'30,2" | 130 | *Picea abies* (далее – ель), сосна, береза, осина |
| ММ13 | Ошмянский р-н, ст. Ошмяны | 54º32'11,2" 26º02'36,8" | 107 | ива, береза |
| ММ14 | Ошмянский р-н, ст. Ошмяны | 54º32'14,6" 26º02'41,1" | 120 | береза, дуб, клен, осина, ясень |
| ММ15 | Ошмянский р-н, ст. Ошмяны | 54º32'17,8" 26º02'23,9" | 41 | сосна |
| ММ16 | Сморгонский р-н, ст. Солы | 54º29'12,8" 26º18'43,9" | 483 | береза, сосна, осина, дуб, ель |
| ММ17 | Сморгонский р-н | 54º26'28,5" 26º30'08,3" | 78 | береза, сосна, ольха ч. |
| ММ18 | Сморгонский р-н | 54º26'36,7" 26º29'53,9" | 87 | береза, сосна, липа |
| ММ19 | Сморгонский р-н, ст. Залесье | 54º26'37,8" 26º29'39,3" | 200 | береза, сосна |
| ММ20 | Сморгонский р-н, ст. Залесье | 54º24'42,5" 26º33'29,3" | 117 | осина, береза, ель, дуб, сосна |
| ММ21 | Сморгонский р-н, ст. Залесье | 54º24'38,3" 26º33'34,2" | 116 | осина, береза, ель, дуб, сосна |
| ***Железная дорога Молодечно-Лида-Мосты (Беларусь)*** *(построена в 1907 г., 2-х полостная, электрифицирована)* | | | | |
| ММ22 | Воронянский р-н, ст. Жирмуды | 54º00'57,4" 25º16'40,0" | 143 | осина, береза, сосна |
| ММ23 | Воронянский р-н, ст. Жирмуды | 54º07'05,8" 25º16'48,6" | 237 | осина, береза, сосна, дуб |
| ММ24 | Лидский р-н, ст. Супровщина | 54º43'08,9" 25º24'00,5" | 153 | береза, сосна, дуб, липа |
| ММ25 | Лидский р-н, ст. Супровщина | 53º43'27,1" 25º23'55,5" | 153 | береза, сосна, дуб, клен, осина |
| ММ26 | Лидский р-н, ст. Супровщина | 53º43'22,5" 25º23'53,9" | 151 | береза, сосна, дуб, клен, липа, осина |
| ММ27 | Лидский р-н | 53º46'19,4" 25º22'16,8" | 97 | береза, сосна |
| ММ28 | Лидский р-н | 53º46'25,2" 25º22'15,4" | 144 | береза, сосна, дуб, клен |

| № марш-рута | Положение: район, станция / насел. пункт | Положение: широта долгота | Кол-во деревьев, шт | Обследованные породы |
|---|---|---|---|---|
| ***Железная дорога Минск-Орша (Беларусь) – Смоленск-Москва (Российская Федерация)*** *(построена в 1871 г., в 1971–1979 г. обследованный участок электрифицирован)* | | | | |
| ММ29 | Дубровенский р-н, ст. Шуховцы | 51º41′05″ 30º52′27″ | 342 | осина, береза, ива, ольха ч. |
| ММ30 | Дубровенский р-н, ст. Шуховцы | 54º40′55″ 30º50′45″ | 207 | береза, тополь, ива, дуб и клен |
| ММ31 | Оршанский р-н, д. Ломачино, дачный пос. Солнечный | 54º30′03″ 30º13′07″ | 437 | береза, тополь, вяз, осина, дуб, ива, ель, липа, клен и ясень |
| ММ32 | Толочинский р-н, ст. Рудня | 54º28′29″ 30º03′50″ | 494 | береза, тополь, ель, осина, ольха ч., вяз, дуб и ива |
| ММ33 | Оршанский р-н, ст. Ходорово, кольцевая развязка | 54º30′47″ 30º20′08″ | 118 | дуб, тополь, клен, ясень, вяз |
| ***Железная дорога Полоцк-Витебск (Беларусь) – Рудня (Российская Федерация)*** *(построена в 1866–1868 гг., обследованный участок неэлектрифицирован)* | | | | |
| ММ34 | Сенненский р-н, ст. Богушевск | 54º46′17″ 30º16′15″ | 398 | сосна, береза, ель, осина, ольха ч. |
| ММ35 | Лиозненский р-н, ст. Малые Выдрицы | 55º01′17″ 30º32′30″ | 734 | осина, береза, ель, дуб, ольха ч., клен, липа, ясень, вяз |
| ММ36 | Шумилинский р-н, ст. Завязбе и ст. Язвино | 55º16′45″ 29º43′22″ | 728 | береза, осина, ольха ч., дуб, ясень, ель, клен, липа |
| ММ37 | Витебский р-н, ст. Большие Летцы | 55º11′14″ 29º59′24″ | 675 | береза, ель, дуб, ольха ч., тополь, осина, ива, сосна, ясень, клен и липа |
| ***Железная дорога Орша-Могилев (Беларусь)*** *(построена в 1902 г., неэлектрифицирована)* | | | | |
| ММ38 | Шкловский р-н | 51º20′27″ 30º16′38″ | 298 | тополь, береза, сосна, ива, *Acer negundo* (далее – клен ясен.), ель, дуб, липа, вяз, *Malus domestica* (яблоня) |
| ***Железная дорога Могилев-Кричев (Беларусь) – Рославль (Российская Федерация)*** *(построена в 1932 г., неэлектрифицирована)* | | | | |
| ММ39 | Чаусский р-н, ст. Дренуха | 53º46′08″ 31º04′11″ | 660 | береза, сосна, осина, ель, дуб |
| ММ40 | Кричевский р-н, ст. Кричев, д. Прохоровка | 53º43′34″ 31º50′23″ | 976 | береза, осина, дуб, сосна, ольха ч., ель, *Alnus incana* (далее – ольха с.), липа, *Quercus rubra* (далее – дуб кр.), ива, вяз, клен, *Robinia pseudoacacia* (далее – акация б.), ясень |
| ММ41 | Кричевский р-н, ст. Дарливое | 53º45′38″ 31º36′33″ | 571 | дуб, береза, ель, осина, ясень, сосна |
| ***Железная дорога Орша-Кричев-Коммунары (Беларусь) – Унеча (Российская Федерация)*** *(построена в 1923 г., неэлектрифицирована)* | | | | |
| ММ42 | Кричевский р-н, ст. Михнеевичи | 53º41′44″ 31º48′05″ | 198 | дуб, береза, осина, сосна, ель, ясень |
| ММ43 | Кричевский р-н, ст. Бель, д. Павловичи | 53º47′56″ 31º39′56″ | 985 | ель, осина, дуб, береза, сосна, клен, ольха ч., ясень и клен ясен. |
| ММ44 | Климавичский р-н, ст. Балешин | 53º34′32″ 31º56′54″ | 1282 | сосна, береза, ольха ч., ива, ель |
| ММ45 | Костюковичский р-н, д. Антоновка | 53º34′32″ 31º56′54″ | 891 | береза, ольха ч., дуб, сосна, клен, осина, ясень |
| ММ46 | Костюковичский р-н, ст. Журбин | 53º10′04″ 32º15′37″ | 768 | береза, ольха ч., ива, вяз, осина, дуб |
| ММ47 | Костюковичский р-н, ст. Бони | 53º11′31″ 32º13′08″ | 616 | ольха ч., береза, ива, осина, сосна |
| ММ48 | Костюковичский р-н, ст. Белыничи | 53º15′26″ 32º08′08″ | 650 | сосна, дуб, ольха ч., осина, береза, ель |

Всего исследования состояния лесных и защитных древесных насаждений на различных участках железных дорог проводили на 47 мониторинговых маршрутах (см. табл. 1). В совокупности на всех автодорогах обследовано 19201 дерево 17 основных лесообразующих пород, в том числе 9766 деревьев экспонировано солнцу и 9435 деревьев не экспонировано солнцу; 8457 деревьев при положении дороги в насыпи; 7131 дерева – в нуле и 3613 дерева – в выемке. Среди обследованных деревьев встречались: березы повислая и пушистая – 5578 деревьев (29,1%); сосна обыкновенная – 4009 (20,9%); ольха черная – 2537 (13,2%); осина – 2524 (13,1%); дуб черешчатый – 1586 (8,3%); ель европейская – 1282 (6,7%); ива козья – 440 (2,3%); тополь – 421 (2,2%); клен остролистный – 238 (1,2%); липа мелколистная 118 (0,6%); ясень обыкновенный – 115 (0,6%); ольха серая – 45 (0,2%); дуб красный и клен ясенелистный – по 23 (0,1%); акация белая – 11 (0,1%); яблоня домашняя – 6 (<0,1%) (рис. 1).

Для оценки состояния лесных насаждений на удалении до 200 метров от опушки вдоль железнодорожных коммуникаций выбрано 5 участков в свежих (ТУМ – $A_2B_2$), средневозрастных или приспевающих, чистых или с примесью березы повислой сосновых лесах мшистого и орлякового типов леса в: квартале 72 Островецкого лесничества ГОЛХУ «Островецкий опытный лесхоз», квартале 80 Сольского лесничества ГОЛХУ «Сморгонский опытный лесхоз», квартале 55 Фальковичского лесничества ГЛХУ «Лидский лесхоз», квартале 151 Летчанского лесничества ГЛХУ «Витебский лесхоз» и квартале 42 Люденевичского лесничества ГЛХУ «Житковичский лесхоз», на которых заложены ленточные пробные площади шириной 10–20 метров и длиной до 200 метров (далее – ЛПП) от опушки вглубь лесного массива и оценено в совокупности 1395 деревьев.

В основу положены адаптированные для целей исследований методики мониторинга защитных древесных насаждений [11]. Оценка состояния деревьев и древостоев проводилась на основе общеевропейской методики экологического лесного мониторинга, изложенной в Руководство по методам ICP Forests [12]. Оценка жизненного состояния деревьев проводилась на основе «Санитарных правил в лесах Республики Беларусь» [13]. Шкала категорий состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – свежий сухостой; 6 – старый сухостой. Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляется на основе модифицированной шкалы В.А. Алексеева [14], 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».

Известно, что возникновение и изменение мозаичности в лесных фитоценозах быстрее происходит на уровне нижних ярусов. Изменение условий произрастания, интенсивное антропогенное воздействие приводит к коренной перестройке в первую очередь структуры напочвенного покрова лесов. Поэтому детальный анализ современного состояния и реакции нижних ярусов растительности на изменение антропогенной нагрузки со стороны железнодорожных коммуникаций оценивалось на уровне реорганизации живого напочвенного покрова. На уровне напочвенного покрова в зависимости от степени участия видов коренной или сукцессионной групп на 5 ЛПП описывались микрогруппировки [15].

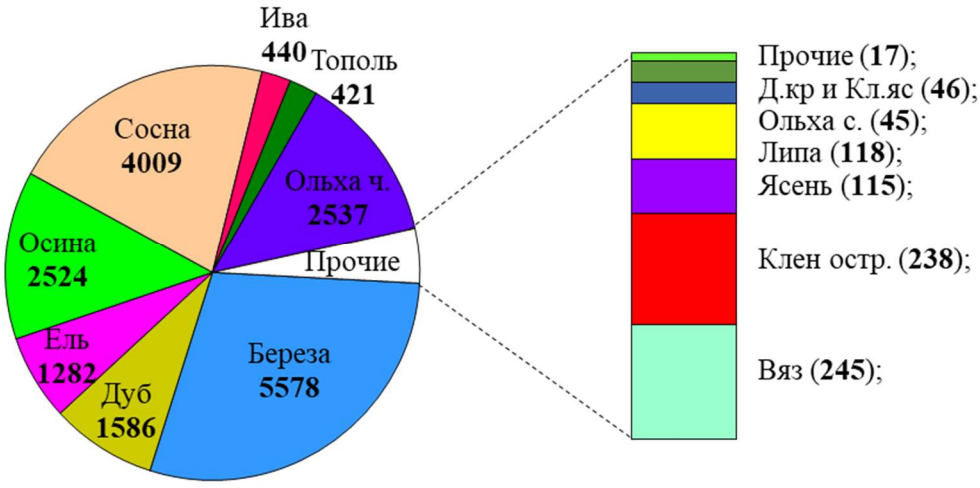



**Рис. 1.** Количество обследованных деревьев различных пород вдоль железных дорог

**Fig. 1.** Number of trees of different species surveyed along railways

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Состояния древостоев на опушках лесных и защитных древесных насаждений

Все обследованные насаждения на опушках лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 89,2%), при этом в Минской и Могилевской областях оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 86,5–89,0%), в Брестской, Витебской, Гродненской и Гомельской областях – «здоровые» (индекс жизненного состояния 90,2–93,8%) (табл. 2). Распределение обследованные насаждения на опушках вдоль железных дорог в разрезе обследованных районов см. в табл. 2 – несколько хуже состояние насаждений в Костюковичском районе (средний индекс состояние 82,8%); лучше состояние насаждений в Житковичском районе Гомельской области (средний индекс состояние 94,3%).

**Таблица 2.** Распределение обследованных деревьев на опушках лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог по категориям жизненного состояния в разрезе древесных пород, положения дороги, районов и областей

**Table 2.** Distribution of surveyed trees at the edges of forests and protective tree plantations along railways by categories of vital condition taking into account of tree species, road location, regions and districts

| Наименование | Категория состояния деревьев, шт | | | | | | Индекс состояния, % | Категория состояния насаждений |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | без признаков ослабления | ослабленные | сильно ослабленные | усыхающие | сухостойные | ВСЕГО | | |
| ***по породам*** | | | | | | | | |
| Акация белая | 10<br>90,9 | 1<br>9,1 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 11<br>100,0 | 97,3 | здоровые |
| Береза повислая | 3700<br>66,3 | 1450<br>26,0 | 353<br>6,3 | 15<br>0,3 | 60<br>1,1 | 5578<br>100,0 | 87,1 | здоровые с призн. ослабления |
| Вяз шершавый | 184<br>75,1 | 54<br>22,0 | 7<br>2,9 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 245<br>100,0 | 91,7 | здоровые |
| Дуб черешчатый | 1189<br>75,0 | 318<br>20,0 | 63<br>4,0 | 6<br>0,4 | 10<br>0,6 | 1586<br>100,0 | 90,6 | здоровые |
| Дуб красный | 21<br>91,3 | 2<br>8,7 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 23<br>100,0 | 97,4 | здоровые |
| Ель европейская | 829<br>64,7 | 345<br>26,9 | 88<br>6,8 | 5<br>0,4 | 15<br>1,2 | 1282<br>100,0 | 86,3 | здоровые с призн. ослабления |
| Ивы козья и белая | 294<br>66,8 | 112<br>25,4 | 28<br>6,4 | 0<br>0,0 | 6<br>1,4 | 440<br>100,0 | 87,2 | здоровые с призн. ослабления |
| Клен остролистный | 227<br>95,4 | 11<br>4,6 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 238<br>100,0 | 98,6 | здоровые |
| Клен ясенелистный | 17<br>73,9 | 6<br>26,1 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 23<br>100,0 | 92,2 | здоровые |
| Липа мелколистная | 103<br>87,3 | 15<br>12,7 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 118<br>100,0 | 96,2 | здоровые |
| Ольха серая | 31<br>68,9 | 14<br>31,1 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 45<br>100,0 | 90,7 | здоровые |
| Ольха черная | 1853<br>73,0 | 523<br>20,6 | 117<br>4,6 | 15<br>0,6 | 29<br>1,2 | 2537<br>100,0 | 89,3 | здоровые с призн. ослабления |
| Осина | 1937<br>76,7 | 485<br>19,2 | 92<br>3,7 | 3<br>0,1 | 7<br>0,3 | 2524<br>100,0 | 91,7 | здоровые |
| Сосна обыкновенная | 2959<br>73,8 | 844<br>21,1 | 148<br>3,7 | 16<br>0,4 | 42<br>1,0 | 4009<br>100,0 | 90,0 | здоровые |
| Тополь канадский | 316<br>75,0 | 95<br>22,6 | 10<br>2,4 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 421<br>100,0 | 91,8 | здоровые |
| Яблоня домашняя | 3<br>49,9 | 1<br>16,7 | 1<br>16,7 | 1<br>16,7 | 0<br>0,0 | 6<br>100,0 | 69,2 | поврежденные |
| Ясень обыкновенный | 73<br>63,5 | 34<br>29,6 | 8<br>6,9 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 115<br>100,0 | 87,0 | здоровые с призн. ослабления |

| Наименование | Категория состояния деревьев, шт | | | | | | Индекс состояния, % | Категория состояния насаждений |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | без признаков ослабления | ослаб-ленные | сильно ослабленные | усыха-ющие | сухо-стойные | ВСЕГО | | |
| ***по положению в рельефе*** | | | | | | | | |
| в насыпи | 5932<br>70,2 | 1970<br>23,3 | 456<br>5,4 | 20<br>0,2 | 79<br>0,9 | 8457<br>100,0 | 88,6 | здоровые с призн. ослабления |
| вровень | 5085<br>71,3 | 1652<br>23,2 | 312<br>4,4 | 32<br>0,4 | 50<br>0,7 | 7131<br>100,0 | 89,3 | здоровые с призн. ослабления |
| в выемке | 2728<br>75,5 | 688<br>19,0 | 147<br>4,1 | 10<br>0,3 | 40<br>1,1 | 3613<br>100,0 | 90,5 | здоровые |
| ***по положению по отношению к солнцу*** | | | | | | | | |
| экспонирован-ные солнцу | 6816<br>69,8 | 2290<br>23,4 | 524<br>5,4 | 36<br>0,4 | 100<br>1,0 | 9766<br>100,0 | 88,4 | здоровые с призн. ослабления |
| неэкспониро-ванные солнцу | 6929<br>73,4 | 1998<br>21,2 | 410<br>4,4 | 29<br>0,3 | 69<br>0,7 | 9435<br>100,0 | 90,0 | здоровые |
| ***по обследованным районам*** | | | | | | | | |
| Витебский | 482<br>71,4 | 160<br>23,7 | 25<br>3,7 | 1<br>0,2 | 7<br>1,0 | 675<br>100,0 | 89,5 | здоровые с призн. ослабления |
| Воронянский | 310<br>81,6 | 59<br>15,5 | 9<br>2,3 | 1<br>0,3 | 1<br>0,3 | 380<br>100,0 | 93,4 | здоровые |
| Дубровенский | 425<br>77,4 | 105<br>19,1 | 17<br>3,1 | 0<br>0,0 | 2<br>0,4 | 549<br>100,0 | 92,0 | здоровые |
| Житковичский | 848<br>83,8 | 147<br>14,5 | 9<br>0,9 | 3<br>0,3 | 5<br>0,5 | 1012<br>100,0 | 94,3 | здоровые |
| Климовичский | 793<br>61,9 | 367<br>28,6 | 90<br>7,0 | 6<br>0,5 | 26<br>2,0 | 1282<br>100,0 | 84,7 | здоровые с призн. ослабления |
| Костюко-вичский | 1706<br>58,3 | 860<br>29,4 | 295<br>10,1 | 9<br>0,3 | 55<br>1,9 | 2925<br>100,0 | 83,0 | здоровые с призн. ослабления |
| Кричевский | 1998<br>73,2 | 584<br>21,4 | 127<br>4,6 | 3<br>0,1 | 18<br>0,7 | 2730<br>100,0 | 90,0 | здоровые |
| Лидский | 560<br>80,2 | 125<br>17,9 | 7<br>1,0 | 2<br>0,3 | 4<br>0,6 | 698<br>100,0 | 93,2 | здоровые |
| Лиозненский | 587<br>80,0 | 127<br>17,3 | 18<br>2,4 | 0<br>0,0 | 2<br>0,3 | 734<br>100,0 | 93,1 | здоровые |
| Лунинецкий | 1341<br>73,5 | 378<br>20,7 | 70<br>3,8 | 17<br>0,9 | 20<br>1,1 | 1826<br>100,0 | 89,5 | здоровые с призн. ослабления |
| Молодеч-ненский | 100<br>69,4 | 38<br>26,4 | 4<br>2,8 | 0<br>0,0 | 2<br>1,4 | 144<br>100,0 | 89,0 | здоровые с призн. ослабления |
| Оршанский | 450<br>81,1 | 98<br>17,6 | 6<br>1,1 | 0<br>0,0 | 1<br>0,2 | 555<br>100,0 | 93,9 | здоровые |
| Островецкий | 292<br>68,1 | 100<br>23,3 | 24<br>5,6 | 7<br>1,6 | 6<br>1,4 | 429<br>100,0 | 86,7 | здоровые с призн. ослабления |
| Ошмянский | 214<br>79,8 | 45<br>16,8 | 9<br>3,4 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 268<br>100,0 | 92,9 | здоровые |
| Петриковский | 571<br>78,6 | 145<br>20,0 | 6<br>0,8 | 0<br>0,0 | 4<br>0,6 | 726<br>100,0 | 93,0 | здоровые |
| Пинский | 504<br>82,8 | 94<br>15,4 | 11<br>1,8 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 609<br>100,0 | 94,3 | здоровые |
| Сенненский | 319<br>80,1 | 70<br>17,6 | 6<br>1,5 | 0<br>0,0 | 3<br>0,8 | 398<br>100,0 | 93,1 | здоровые |
| Сморгонский | 715<br>66,1 | 308<br>28,5 | 49<br>4,5 | 7<br>0,7 | 2<br>0,2 | 1081<br>100,0 | 87,9 | здоровые с призн. ослабления |
| Толочинский | 370<br>74,9 | 107<br>21,7 | 15<br>3,0 | 0<br>0,0 | 2<br>0,4 | 494<br>100,0 | 91,3 | здоровые |
| Чаусский | 443<br>67,1 | 177<br>26,8 | 34<br>5,1 | 1<br>0,2 | 5<br>0,8 | 660<br>100,0 | 88,0 | здоровые с призн. ослабления |
| Шкловский | 239<br>80,2 | 45<br>15,1 | 12<br>4,0 | 2<br>0,7 | 0<br>0,0 | 298<br>100,0 | 92,4 | здоровые |

| Наименование | Категория состояния деревьев, шт | | | | | | Индекс состояния, % | Категория состояния насаждений |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | без признаков ослабления | ослаб-ленные | сильно ослабленные | усыха-ющие | сухо-стойные | ВСЕГО | | |
| Шумилинский | 478<br>65,7 | 171<br>23,5 | 72<br>9,9 | 3<br>0,4 | 4<br>0,5 | 728<br>100,0 | 86,1 | здоровые с призн. ослабления |
| ***по областям*** | | | | | | | | |
| Брестская | 1845<br>75,8 | 472<br>19,4 | 81<br>3,3 | 17<br>0,7 | 20<br>0,8 | 2435<br>100,0 | 90,7 | здоровые |
| Витебская | 3111<br>75,3 | 838<br>20,3 | 159<br>3,8 | 4<br>0,1 | 21<br>0,5 | 4133<br>100,0 | 91,0 | здоровые |
| Гомельская | 1419<br>81,6 | 292<br>16,8 | 15<br>0,9 | 3<br>0,2 | 9<br>0,5 | 1738<br>100,0 | 93,8 | здоровые |
| Гродненская | 2091<br>73,2 | 637<br>22,3 | 98<br>3,4 | 17<br>0,6 | 13<br>0,5 | 2856<br>100,0 | 90,2 | здоровые |
| Минская | 100<br>69,4 | 38<br>26,4 | 4<br>2,8 | 0<br>0,0 | 2<br>1,4 | 144<br>100,0 | 89,0 | здоровые с призн. ослабления |
| Могилевская | 5179<br>65,6 | 2033<br>25,7 | 558<br>7,1 | 21<br>0,3 | 104<br>1,3 | 7895<br>100,0 | 86,5 | здоровые с призн. ослабления |
| **ВСЕГО** | **13745<br>71,6** | **4310<br>22,4** | **915<br>4,8** | **62<br>0,3** | **169<br>0,9** | **19201<br>100,0** | **89,2** | **здоровые с призн. ослабления** |

Для всей совокупности обследованных вдоль железных дорог лесных и защитных древесных насаждений в опушечной полосе чаще встречаются деревья «без признаков ослабления» – 71,6% (варьируя по областям от 65,6% до 81,6%). Доля ослабленных деревьев составляет 22,4% (по областям – от 16,8% до 26,4%); сильно ослабленных – 4,8% (по областям – от 0,9 до 7,1%). Усыхающие и сухостойные деревья занимают 0,3% и 0,9%, соответственно (в совокупности варьируя по областям от 0,6 до 1,6%) (рис. 2 и 3).

Распределение обследованных на мониторинговых маршрутах деревьев различных пород по категориям жизненного состояния приведено на рис. 4. Их можно расположить в следующем порядке по мере улучшения их состояния:

– *поврежденные деревья:* яблоня домашняя (индекс жизненного состояния 69,2%);

– *здоровые с признаками ослабления деревья:* ель европейская (86,3%) < ясень обыкновенный (87,0%) < березы пушистая и повислая (87,1%) < ивы козья и белая (87,2%) < ольха черная (89,3%);

– *здоровые:* сосна обыкновенная (90,0%) < дуб черешчатый (90,6%) < ольха серая (90,7%) < осина (91,7%) < вяз шершавый (91,7%) < тополь канадский (91,8%) < клен ясенелистный (92,2%) < липа мелколистная (97,2%) < акация белая (97,3%) < дуб красный (97,4%) < клен остролистный (98,6%).

Степень повреждения древесных насаждений почти не зависит от их положения относительно полотна дороги: при прохождении дорог «в выемке» индекс состояния составляет 90,5%; когда уровень почвы насаждений, прилегающих к дороге, находится на уровне ее полотна (дорога «в нуле») индекс состояния составляет 89,3%; когда уровень почвы насаждений, прилегающих к дороге, находится выше поверхности почвы прилегающих насаждений (при положении дороги «в насыпи») индекс состояния составляет 88,6% (см. табл. 1). Состояние древостоев по совокупности обследованных деревьев несколько лучше со стороны дороги, где деревья не экспонированы солнцу (индекс состояния 90,0%), чем с другой стороны – экспонированной солнцу (88,4%) (см. табл. 2).

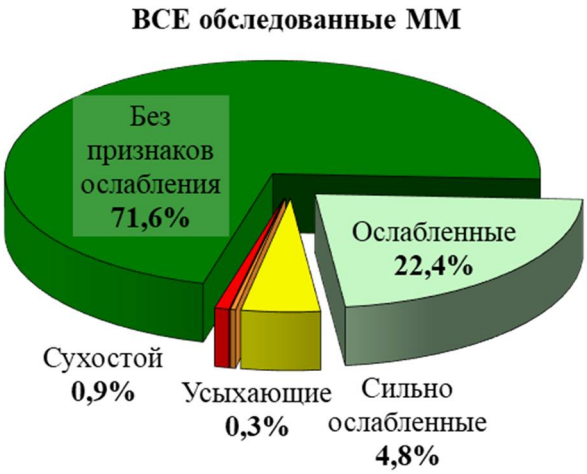



**Рис. 2.** Распределение деревьев, обследованных в лесных и защитных древесных насаждениях вдоль железных дорог по категориям жизненного состояния

**Fig. 2.** Distribution of trees surveyed in forest and protective tree plantations along railways by life status categories

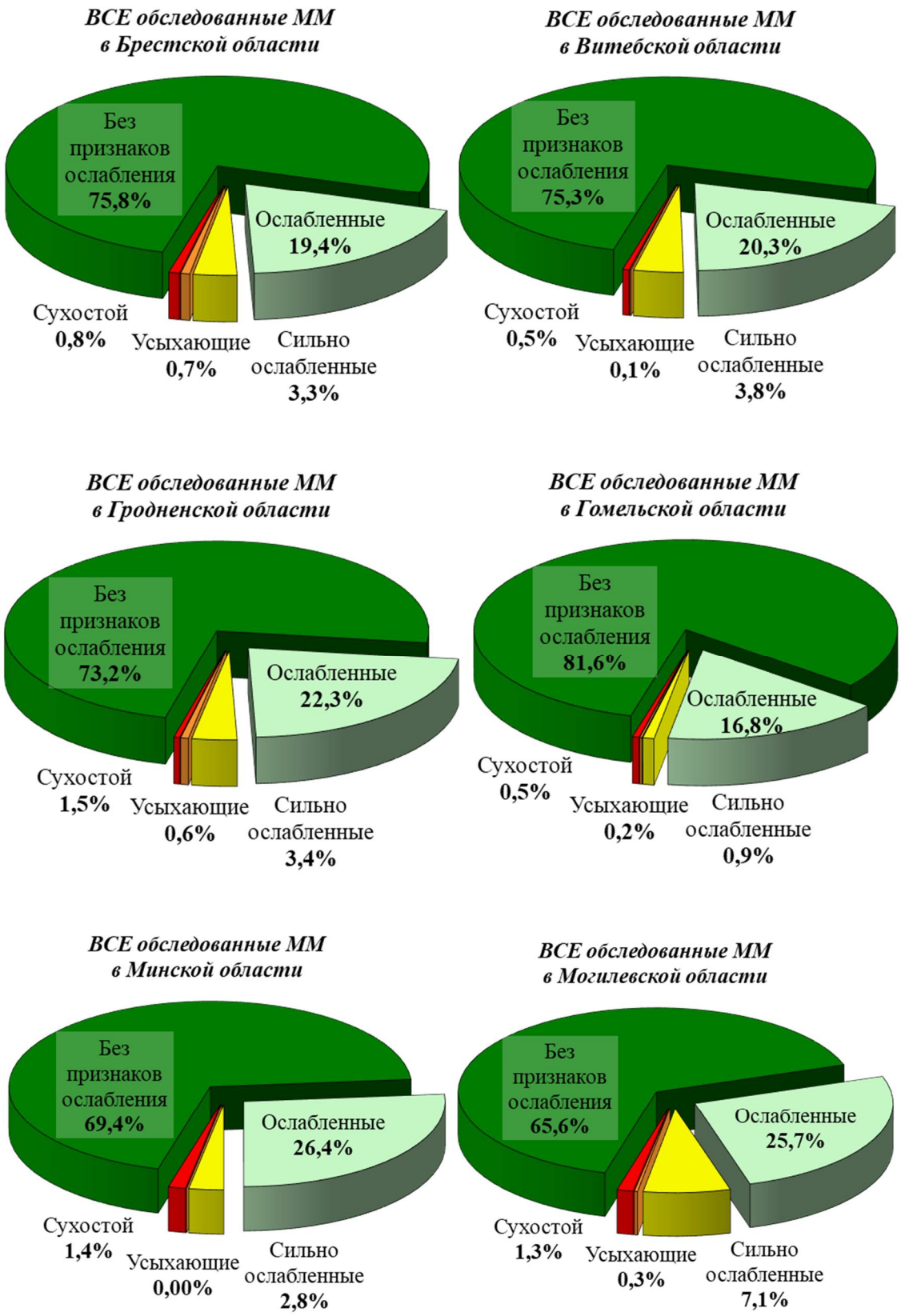



**Рис. 3.** Распределение деревьев, обследованных в лесных и защитных древесных насаждениях вдоль железных дорог, по категориям жизненного состояния в разрезе областей

**Fig. 3.** Distribution of trees surveyed in forest and protective tree plantations along railways by life status categories in different districts

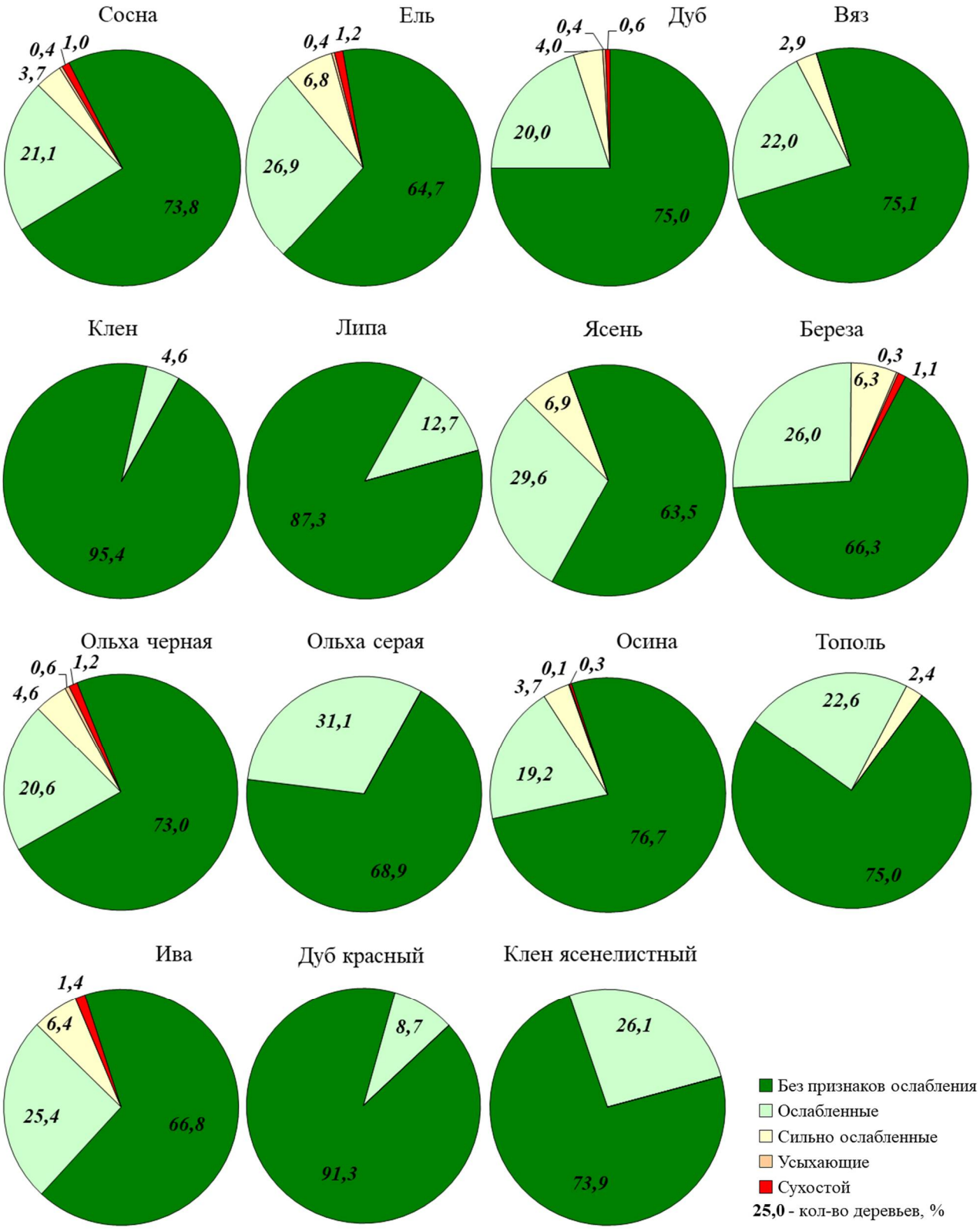



**Рис. 4.** Распределение обследованных вдоль железных дорог деревьев различных пород по категориям жизненного состояния

**Fig. 4.** Distribution of trees of different species surveyed along railways by life status categories

**Состояние древостоев на ЛПП (на расстоянии до 200 метров опушки)**

На всех ЛПП вдоль железнодорожных коммуникаций не выявлено существенных отличий в состоянии деревьев в опушечной зоне (на глубину 1–2 деревьев) и полосе (0–20 м) с состоянием деревьев в глубине лесного массива (рис. 5 и 6, табл. 3).

На опушках вдоль железнодорожных коммуникаций количество деревьев без признаков ослабления варьирует от 63,0 до 85,0%; в глубине лесного массива – от 70,4 до 82,1%. В среднем по всем обследованным объектам – 67,9%. На опушках, также, как и на расстоянии 200 метров, единично встречаются усыхающие и сухостойные деревья. В среднем по всем ЛПП индекс жизненного состояния на опушках варьирует от 81,6 до 90,3% (древостои «здоровые с признаками ослабления» и «здоровые»), а на расстоянии более 200 метров – от 83,2% до 92,3% (древостои «здоровые с признаками ослабления» или «здоровые»). В среднем по всем обследованным пробным площадям индекс жизненного состояния на опушках составляет 88,7%; в глубине лесного массива – 88,9% (древостои «здоровые с признаками ослабления»).

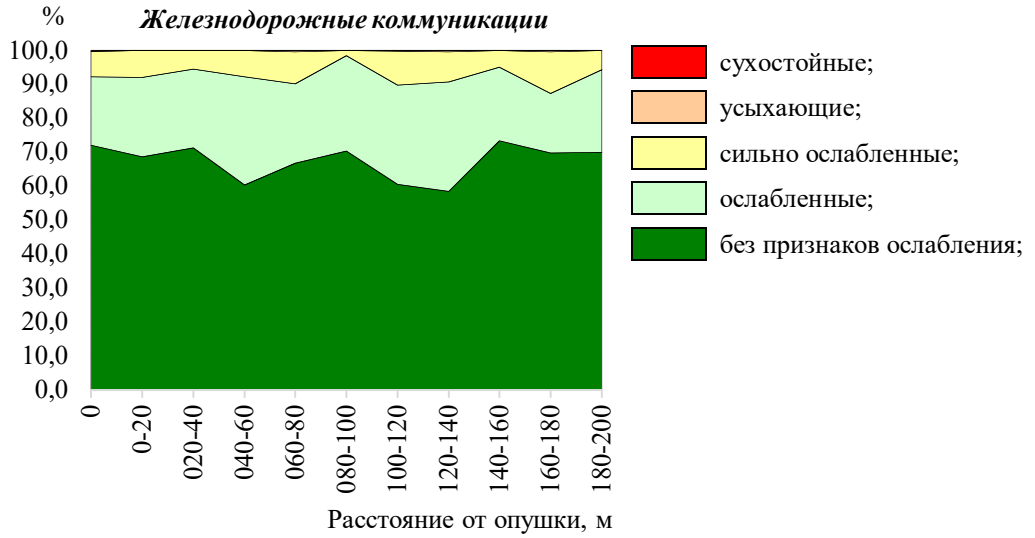



**Рис. 5.** Распределение деревьев на ленточных пробных площадях по категориям жизненного состояния на разном расстоянии от опушки вдоль железных дорог

**Fig. 5.** Distribution of trees on the strip test areas by category of vital state on different distances from the edge along railways

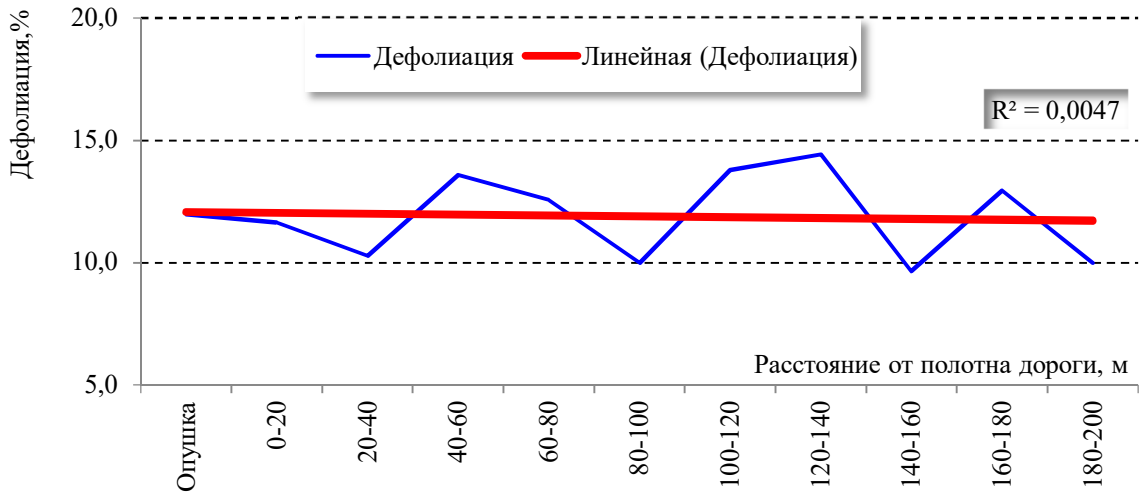



**Рис. 6.** Средняя степень дефолиации деревьев на ленточных пробных площадях на разном расстоянии от опушки вдоль железных дорог

**Fig. 6.** Average degree of defoliation of trees on the strip test areas on different distances from the edge along railways

**Таблица 3.** Распределение обследованных деревьев на ленточных площадях вдоль железнодорожных коммуникаций по категориям жизненного состояния на различном расстоянии от опушки, шт/%

**Table 3.** Distribution of surveyed trees on strip test areas along railway communications by categories of vital state on different distances from the edge, units/%

| Расстояние от опушки, м | Категория состояния | | | | | Индекс состояния,% | Средняя дефолиация,% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | без признаков ослабления | ослабленные | сильно ослабленные | усыхающие | сухостойные | | |
| *Вдоль железнодорожных коммуникаций* | | | | | | | |
| 1–2 дерева от опушки | 90<br>72,0 | 25<br>20,0 | 9<br>7,2 | 0<br>0,0 | 1<br>0,8 | 88,9 | 12,0 |
| 0–20 | 95<br>69,3 | 32<br>23,4 | 10<br>7,3 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 88,6 | 11,7 |
| 20–40 | 92<br>71,3 | 30<br>23,3 | 7<br>5,4 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 89,8 | 10,3 |
| 40–60 | 85<br>60,7 | 44<br>31,4 | 11<br>7,9 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 85,9 | 13,6 |
| 60–80 | 97<br>67,8 | 33<br>23,1 | 13<br>9,1 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 87,6 | 12,6 |
| 80–100 | 100<br>70,9 | 39<br>27,7 | 2<br>1,4 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 90,9 | 10,0 |
| 100–120 | 82<br>62,1 | 37<br>28,0 | 12<br>9,1 | 1<br>0,8 | 0<br>0,0 | 85,4 | 13,8 |
| 120–140 | 75<br>59,1 | 41<br>32,3 | 10<br>7,9 | 1<br>0,8 | 0<br>0,0 | 84,8 | 14,4 |
| 140–160 | 74<br>73,3 | 22<br>21,8 | 5<br>5,0 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 90,5 | 9,7 |
| 160–180 | 79<br>69,9 | 20<br>17,7 | 13<br>11,5 | 1<br>0,9 | 0<br>0,0 | 87,0 | 12,9 |
| 180–200 | 75<br>70,1 | 26<br>24,3 | 6<br>5,6 | 0<br>0,0 | 0<br>0,0 | 89,4 | 10,0 |

Следует отметить, что различные типы лесных экосистем в 200-метровой зоне вдоль железнодорожных коммуникаций по-разному реагируют на такое воздействие, что определяется их экологической чувствительностью и способностью к самовосстановлению. В первую очередь, проявляется воздействие экотонного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнения и ветра, которые быстро снижаются от опушки в глубину массива. В отдельных случаях состояние насаждений внутри лесных массивов оказывалось даже хуже, чем в опушечной зоне, что связано с естественными процессами, наблюдающимися в лесах в результате повреждения пожарами, болезнями, вредителями.

Общее состояние древостоев на выбранных участках вдоль железнодорожных коммуникаций можно считать хорошим. Следует отметить, что в отличии от других транспортных коммуникаций (автомобильные дороги, ЛЭП и продуктопроводы) тенденция на улучшение состояния древостоев и уменьшение степени дефолиации крон деревьев с удалением от опушки не наблюдается [16–20]. Отсутствие разницы на опушках и в глубине лесного массива характерно для всех ЛПП вне зависимости от положения трассы железной дороги относительно прилегающих насаждений.

**Сравнение состояния древостоев на опушках и в глубине лесного массива с использованием данных ДЗЗ**

Значимое изменение состояния лесной растительности на прилегающих к железным дорогам территориях с удалением от опушки вглубь лесного массива не подтверждено и с помощью анализа данных дистанционного зондирования.

При использовании материалов многозональной аэрокосмической съемки оценка состояния осуществляется с использованием спектрального вегетационного индекса NDVI, показывающего количество фотосинтетически активной биомассы растительного покрова. Расчет осуществляется в соответствии с формулой:

$$NDVI = \frac{B_{NIR}-B_{RED}}{B_{NIR}+B_{RED}}$$

где $B_{NIR}$, $B_{RED}$ – цифровые значения пикселей инфракрасного и красного каналов космического снимка (для Sentinel–2 это каналы № 8 и № 4 соответственно).

Таким образом, расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа, т.е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и к большему – в инфракрасной. Чем выше значение индекса, тем более здоровое и продуцирующая растительность отображена на материалах съемки. Определение индекса осуществляется по данным ДЗЗ, полученных в вегетационный период, а значения будут несколько варьировать в зависимости от конкретного времени съемки: более высокие значения NDVI характерны в первой половине вегетационного периода, а более низкие – во второй.

Значения интегрального показателя – вегетационного индекса NDVI, которые меняются в зависимости от сомкнутости растительного полога и насыщенности растений хлорофиллом, снижаются для лесной растительности с увеличением расстояния в перпендикулярном направлении от линий железной дороги. Между показателями NDVI на одних и тех же участках лесной растительности, но на опушках и в глубине лесного массива коррелируют с коэффициентом 0,92 (табл. 4).

**Таблица 4.** Показатели NDVI на одних и тех же участках лесной растительности, но на опушках и в глубине лесного массива

**Table 4.** NDVI values in the same forest vegetation plots, but at the edges and in the depths of the forest

| № | Лесхоз лесничество, квартал/выдел | Ближайший населенный пункт | Состав | Возраст, лет | Тип леса | Бонитет | Полнота | Протяженность, м | NDVI в 100 метровой зоне | NDVI для всего выдела |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Глубокский Тумиловичское 111/12 | д. Малажане | 8С2Б+Е | 20 | С.дм | 2 | 0,8 | 465 | 0,686693 | 0,634285 |
| 2 | Глубокский Тумиловичское 111/5 | д. Малажане | 8С1Е1Б | 20 | С.чер | 2 | 0,7 | 304 | 0,703892 | 0,694208 |
| 3 | Глубокский Тумиловичское 48/3 | д. Кляпицы | 6С4Б | 45 | С.пр-тр | 2 | 0,7 | 705 | 0,705863 | 0,681022 |
| 4 | Поставский Лынтупское 47/25 | д. Лынтупы | 10С+Е+Б | 75 | С.ор | 1 | 0,7 | 465 | 0,605705 | 0,587345 |
| 5 | Поставский Лынтупское 47/19 | д. Лынтупы | 10С | 75 | С.чер | 1 | 0,8 | 502 | 0,630021 | 0,588641 |
| 6 | Бегомльский Парафьяновское 44/15 | д. Вашуново | 4Е2С3Б1ОС+ОЛЧ | 60 | С.чер | 1 | 0,7 | 200 | 0,653107 | 0,650243 |
| 7 | Бегомльский Парафьяновское 149/6 | д. Забеги | 10С+Б | 50 | С.ос | 5 | 0,7 | 490 | 0,59403 | 0,563651 |
| 8 | Глубокский Тумиловичское 45/3 | д. Кляпицы | 6С4Б | 19 | С.дм | 3 | 0,6 | 485 | 0,747036 | 0,715459 |
| 9 | Лиозненский Лиозненское 12/9 | д. Завольша | 9С1Б+Е+Ос | 68 | С.ор | 1 | 0,8 | 520 | 0,669527 | 0,660014 |
| 10 | Оршанский Оршанское 241/2 | д. Понизовье | 9С1Б | 96 | С.кис | 1а | 0,7 | 190 | 0,630438 | 0,634018 |
| 11 | Осиповичский Брицаловичское 45/71 | д. Малая Горожа | 10С | 80 | С.ор | 1 | 0,7 | 312 | 0,607328 | 0,615048 |
| 12 | Осиповичский Брицаловичское 38/10 | д. Малая Горожа | 8С2Б | 95 | С.мш | 1 | 0,7 | 610 | 0,599934 | 0,593063 |
| 13 | Осиповичский Гродзянское 144/3 | д. Градянец | 10С | 100 | С.баг | 4 | 0,7 | 385 | 0,590311 | 0,594113 |
| 14 | Осиповичское Каранское 10/23 | д. Прудок | 9С1Б+Ос | 100 | С.чер | 1 | 0,6 | 340 | 0,616888 | 0,600352 |
| 15 | Осиповичский Каранское 10/28 | д. Прудок | 8С2Б+ОС+Е | 90 | С.чер | 1 | 0,6 | 335 | 0,597775 | 0,599948 |
| 16 | Осиповичский Каранское 3/60 | д. Прудок | 7С1Е1Б1ОЛЧ | 90 | С.чер | 1 | 0,9 | 710 | 0,612202 | 0,612602 |

| № | Лесхоз<br>лесничество, квартал/выдел | Ближайший населенный пункт | Состав | Возраст, лет | Тип леса | Бонитет | Полнота | Протяженность, м | NDVI в 100 метровой зоне | NDVI для всего выдела |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Осиповичсий<br>Каранское 6/3 | ж/д ст. Осиповичи-3 | 8С2Б+ОС | 90 | С.мш | 1 | 0,7 | 240 | 0,632415 | 0,642761 |
| 18 | Осиповичский<br>Цельское 90/23 | д. Дражня | 8С2Б+Е | 75 | С.ор | 1а | 0,8 | 395 | 0,639321 | 0,631011 |
| 19 | Чаусский<br>Чаусское 99/72 | д. Ляхи | 9С1Б | 55 | С.ор | 1а | 0,7 | 830 | 0,630757 | 0,618405 |
| 20 | Чаусский<br>Чаусское 99/44 | д. Ляхи | 10С+Б+ОС | 65 | С.ор | 1а | 0,7 | 205 | 0,677609 | 0,643447 |
| **ИТОГО** | | | | | | | | | **0,641543** | **0,627982** |

***Структурно-динамические особенности нижних ярусов лесных насаждений на опушках вдоль железнодорожных коммуникаций***

Каждая стадия развития лесной экосистемы характеризуется соответствующей пространственной организацией, тесно связанной со структурой взаимоотношений между особями, историей предыдущего развития фитоценоза. С другой стороны, и условия среды оказывают лимитирующее воздействие на формирование сообществ, включая их структурные и продукционные показатели. Кроме того, в каждый момент времени сообщество обладает определенным запасом прочности (устойчивости) по отношению к неблагоприятным факторам среды. Степень устойчивости в значительной степени зависит от структуры сообщества. Пространственное строение фитоценозов отражает характер и степень адаптации формирующих сообщество видов к конкретной экологической ситуации. В условиях неблагоприятного внешнего воздействия наиболее чувствительные, слабо приспособленные виды лесной растительности снижают свою устойчивость, утрачивают ценотическую значимость и нередко выпадают из сообществ. Другие при этом могут получить преимущества вследствие ослабления конкуренции и/или благодаря своей более высокой приспособленности. При этом, изменение мозаичности в лесных фитоценозах быстрее происходит на уровне нижних ярусов.

Исследования структуры нижних ярусов лесных фитоценозов вдоль железнодорожных коммуникаций проводилось на 5 ленточных пробных площадях. Изучение мозаичности нижних ярусов растительности под пологом леса показало значительную его неоднородность, выражающуюся в расчленении покрова на небольшие участки с различным характером распределения видового состава. Для определения причин и закономерностей формирования неоднородности горизонтальной структуры живого напочвенного покрова возникла необходимость расчленить его на элементы, далее именуемые «микрогруппировки», а для определения характера трансформации при удалении от источника использовать метод картирования.

Оценка фитоценотической структуры лесов вдоль железнодорожных коммуникаций показала, что растительный покров представляет собой мозаику растительных сообществ различного динамического статуса и генезиса. Среди представленных микрогруппировок выделяются категории коренных, мертвопокровных, производных демутирующих, производных дигрессивных, синантропных и субстратов минеральных, вызванных зоогенным уничтожением напочвенного покрова (снятием верхнего слоя в результате рыхления почвы кабанами). Соотношение различных категорий в сложении фитоценозов и их пространственное распределение от источника антропогенной нагрузки может отличаться на участках с различными условиями произрастания, исходной структурой сообществ, характером и интенсивностью воздействия. Поэтому детальный анализ современного состояния и реакции нижних ярусов растительности на изменение антропогенной нагрузки со стороны различных транспортных коммуникаций провели на уровне реорганизации живого напочвенного покрова с позиции расстояния, различий условий произрастания и положения насаждений относительно прилегающих трасс с различным характером воздействия.

Индикатором интенсивности воздействия является увеличение доли растений, относящихся к сорной и луговой группе (сукцессионные категории) и при участие коренных микрогруппировок в сложении фитоценозов менее 50% можно говорить о том, что эти лесные участки испытывают неблагоприятное внешнее воздействие такой интенсивности, которое может привести к распаду естественных фитоценотических связей и замене одних растительных сообществ другими.

Микрогруппировки, по видовому составу доминантов соответствующих экологическим характеристикам мшистого и орлякового типов леса, составляют 71,3% в среднем на ЛПП в окрестностях железных дорог, что указывает на практически ненарушенную структуру нижних ярусов лесных фитоценозов.

Результаты анализа соотношения микрогруппировок в лесном массиве при удалении от опушки показал, что здесь на всем протяжении преобладают коренные и производные демутирующие микрогруппировки. Заметно, что наиболее трансформирована структура нижних ярусов ЛПП непосредственно на опушках лесных фитоценозов (до 35–50 м): соотношение основных типов микрогруппировок следующее: доля коренных составляет 43%, производных демутирующих – 45%, дигрессивных – 8%, синантропных – 4%; в глубине лесного массива – доля коренных составляет 59%, производных демутирующих – 36%, дигрессивных – 4%, синантропных – менее 1%. Дигрессивные процессы протекают повсеместно и связаны преимущественно с лесными опушками и лесными дорогами/тропами. Синантропная растительность приурочена в первую очередь к опушкам и неблагоустроенным пикниковым полянам, расположенным в глубине лесных массивов. Таким образом, можно констатировать, что имеет место как прямое, так и опосредованное воздействие железных дорог на лесные насаждения, выражающееся в трансформации нижних ярусов лесной растительности только в границах опушечных зон. Воздействие опушечного эффекта на лесные биогеоценозы в окрестности железных дорог ведет к перестройке фитоценотической организации структуры и пространственного распределения растительных сообществ.

## Заключение

Дана оценка состояния лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог в отдельных районах во всех областях Республики Беларусь. На опушках обследованные насаждения оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 89,2%), при этом в Минской и Могилевской областях они оцениваются как «здоровые с признаками ослабления» (индекс жизненного состояния 86,5–89,0%), в Брестской, Витебской, Гродненской и Гомельской областях – «здоровые» (индекс жизненного состояния 90,2–93,8%). Для всей совокупности обследованных вдоль железных дорог лесных и защитных древесных насаждений в опушечной полосе чаще встречаются деревья «без признаков ослабления» – 71,6%; доля ослабленных деревьев составляет 22,4%; сильно ослабленных – 4,8%; усыхающие и сухостойные деревья занимают 0,3% и 0,9%, соответственно.

Общее состояние древостоев на выбранных участках вдоль железнодорожных коммуникаций можно считать хорошим – на всем протяжении 200 метровой зоны от опушки вглубь лесного массива обследованные древостои оценивались как «здоровые» или «здоровые с признаками ослабления». Вместе с тем, следует констатировать тот факт, что в отличии от других транспортных коммуникаций (автомобильные дороги, ЛЭП и продуктопроводы) тенденция на улучшение состояния древостоев и уменьшение степени дефолиации крон деревьев с удалением от опушки вдоль железных дорог не наблюдается. Отсутствие разницы на опушках и в глубине лесного массива характерно для всех ЛПП вне зависимости от положения трассы железной дороги относительно прилегающих насаждений.

Следует отметить, что различные типы лесных экосистем в 200-метровой зоне вдоль железнодорожных коммуникаций по-разному реагируют на такое воздействие, что определяется их экологической чувствительностью и способностью к самовосстановлению. В первую очередь, проявляется воздействие экотонного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнения и ветра, которые быстро снижаются от опушки в глубину массива. В отдельных случаях состояние насаждений внутри лесных массивов оказывалось даже хуже, чем в опушечной зоне, что связано с естественными процессами, наблюдающимися в лесах в результате повреждения пожарами, болезнями, вредителями.

Воздействие на лесные биогеоценозы в окрестностях железнодорожных коммуникаций не вызывает четко выраженную перестройку фитоценотической организации структуры и пространственного распределения лесных сообществ. Видимое воздействие на нижние ярусы придорожных лесных насаждений распространяется до 35–50 м при удалении от опушки леса, т.е. отмечается в рамках эффектов опушечных зон. Степень трансформированности зависит от видовой и возрастной структуры сообществ, различий условий их произрастания и локальных факторов окружающей среды, а также от интенсивности других форм антропогенного и природного воздействия.

С учетом основных причин снижения уровня биологического и ландшафтного разнообразия в

результате строительства и эксплуатации железнодорожных коммуникаций разработан предварительный комплекс рекомендуемых мер и мероприятий: организационных, организационно-технических и прочих для сохранения биоразнообразия на территории строительства и эксплуатации этих транспортных коммуникаций. Полученные результаты могут быть использованы в качестве научного обоснования необходимости проведения дополнительных мероприятий по повышению биологической устойчивости насаждений и ограничению распространению инвазионных видов растений в природных экосистемах, граничащих с железными дорогами.

Вдоль железных дорог следует создавать защитные древесные насаждения, которые характеризуются хорошим состоянием и являются надежным и эффективным средством защиты почвы, растительности и животного мира от загрязнений и шума, производимых объектами железнодорожного транспорта. Они защищают от шума и тепловых излучений, поглощают основную долю вредных веществ от выбросов двигателей внутреннего сгорания тепловозов, рассеиваемых сыпучих грузов. Важное значение приобретает подбор устойчивых древесных пород в защитных посадках, особенно в условиях меняющегося климата.

## Литература

1. Пономарева, Н. П. Организация внешнеэкономической деятельности : учеб. пособие / Н. П. Пономарева. – Мн. : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2016. – 239 с.

2. Горбунов, А. А. Транспортные коммуникации и внешняя политика государства / А. А. Горбунов, О. М. Троненкова // Власть. – 2010. – № 11. – С. 32–35.

3. Государственная программа «Транспортный комплекс на 2021–2025 годы», утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.03.2021 № 165. – URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100165 (дата обращения: 28.06.2025).

4. Пономарёва, Н. П. Тенденции развития транспортной отрасли Республики Беларусь / Н. П. Пономарёва // Бизнес. Инновации. Экономика : Минск, Беларусь: сб. научн. ст. Ч. 2 / Институт бизнеса БГУ. – Мн. : 2018. – С. 164–170.

5. Саляхова, А. И. Влияние железнодорожного транспорта на экосистему / А. И. Саляхова // Международный научный журнал «Символ науки». – 2023. – № 6–2. – С. 96–98. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zheleznodorozhnogo-transporta-na-ekosistemu (дата обращения: 28.06.2025).

6. Казанцев, И. В. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения почвы тяжелыми металлами / И. В. Казанцев // Самарский научный вестник. – 2015. – № 2 (11). – С. 94–96.

7. Осипова, Н. Г. Воздействие линейных сооружений железнодорожного транспорта на природно-территориальные комплексы / Н. Г. Осипова // Молодой ученый. – 2020. – № 22 (312). – С. 596–599. – URL: https://moluch.ru/archive/312/70751/ (дата обращения: 28.06.2025).

8. Павлова, Е. И. Экология транспорта: учебник и практикум для вузов / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : изд-во Юрайт, 2023. - 416 с.

9. Епанчинцева, Е. А. Экологические проблемы на железнодорожной дороге / Е. А. Епанчинцева // Студенческий научный форум. Матер. XI Междунар. студ. науч. конф. – URL: https://scienceforum.ru/2019/article/2018010394 (дата обращения: 28.06.2025).

10. Кравченко, Е. В. Эколого-экономические проблемы железнодорожного транспорта / Е. В. Кравченко, В. Г. Назаров // Сборник научных трудов ДонИЖТ. – 2007. – № 10. – С. 110–119.

11. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси ; под ред. А. В. Пугачевского. – Мн. : Право и экономика, 2011. – 165 с.

12. ICP Forests Manual // ICP Forests. – URL: http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual (дата обращения: 13.04.2020).

13. Об утверждении Санитарных правил в лесах Республики Беларусь: постановление Министерства лесного хоз-ва Респ. Беларусь от 19 дек. 2016 г. № 79 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система. – URL: https://etalonline.by/document/?regnum=w21631603 (дата обращения 20.03.2025).

14. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В. А. Алексеев, О. Г. Чертов, С. А. Сергейчик [и др.] ; под ред. В. А. Алексеева. – Ленинград : Наука (Ленингр. отд.), 1990. – 197 с.

15. Вознячук, И. П. Диагностика состояния лесных сообществ в условиях антропогенного воздействия по структуре нижних ярусов растительности и ее динамике / И. П. Вознячук, А. В. Пугачевский // Ботаника (исследования). / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Мн., 2006. – Вып. 33. – С. 60–69.

16. Состояние лесных фитоценозов под воздействием строительства и содержания транспортных коммуникаций (ЛЭП и продуктопроводов) / А. В. Судник, И. П. Вознячук, О. Е. Ефимова, Р. М. Голушко // Лесные ресурсы – Белорусское Полесье: Материалы Международной конференции молодых учёных, посвященной 90-летию Национальной академии наук Беларуси и Году малой родины (Гомель, 24–29 сентября 2018 г.) / НАН Беларуси, ГНПО НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2018. – С.121–124.

17. Состояние и трансформация лесной растительности в зоне воздействия ЛЭП и продуктопроводов / А. В. Судник, И. П. Вознячук, О. Е. Ефимова, Р. М. Голушко // Ботаника (исследования) : Сб. научных трудов. – Вып. 49 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Мн.: «Колорград», 2020. – С.134–144.

18. Судник, А. В. О воздействии строительства и содержания автомобильных дорог на придорожную растительность / А. В. Судник, И. П. Вознячук // Наука и инновации. – 2021. – №12 (226). – С. 34–41.

19. Судник, А. В. Лесные и защитные древесные насаждения вдоль Минской кольцевой автодороги: динамика состояния за период 2004–2022 гг., причины повреждения, пути повышения устойчивости / А. В. Судник, И. П. Вознячук, Е. С. Шавалда // Автомобильные дороги и мосты. – 2022. – №2 (30). – С. 19–28.

20. Судник, А. В. Основные подходы к созданию и особенности содержания придорожных насаждений в Беларуси / А. В. Судник, А. П. Яковлев // Автомобильные дороги и мосты. – 2022. – №2 (30). – С. 29–36.

*Поступила в редакцию 01.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Судник Александр Владимирович*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией оптимизации и мониторинга экосистем Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Голушко Роман Михайлович*** – научный сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Комар Артур Юрьевич*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Вознячук Ирина Петровна*** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Состояние лесных и защитных древесных насаждений вдоль железных дорог Беларуси / А. В. Судник, Р. М. Голушко, А. Ю. Комар, И. П. Вознячук // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 153–170.

# МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ
# MYCOLOGY AND PHYTOPATOLOGY

УДК 582.282.112(476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА[1], Е. О. КОРОЛЕНЯ-БАРАНСКАЯ[2],
М. Г. СИНЯВСКАЯ[3], Т. Г. ШАБАШОВА[1]

## ЦЕЛОМИЦЕТ *SIROCOCCUS CONIGENUS* (PERS.) P. F. CANNON & MINTER – ВОЗБУДИТЕЛЬ УСЫХАНИЯ ПОБЕГОВ ЕЛИ (*PICEA* SP.)

[1]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: tiniti@inbox.ru*
[2]*Агрохимическая лаборатория КПУП «Минскзеленстрой», Минск, Беларусь, e-mail: xxxkeoxxx@mail.ru*
[3]*Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: m.sin@inbox.ru*

**Аннотация.** В зеленых насаждениях городов Минска, Гомеля и Бреста установлено массовое эпифитотийное поражение ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) возбудителем усыхания побегов, целомицетом *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter. Ранее эта патология была характерна для стран Западной Европы. Данный вид часто встречается в Беларуси (отмечен с начала 2000-х гг.) на шишках ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H.Karst.), но активное развитие на однолетних побегах наблюдается только в последние 10–15 лет. Согласно наблюдением, эпифитотийное распространение данного микромицета часто связано с развитием галловых тлей на ели.

**Ключевые слова:** возбудитель инфекционного усыхания побегов, зеленые насаждения, анаморфа, целомицет, ель, болезнь шишек, микобиота.

D. B. BELOMESYATSEVA[1], Ye. O. KOROLENYA-BARANSKAYA[2],
M. G. SINYAVSKAYA[3], T. G. SHABASHOVA[1]

## COELOMYCETE *SIROCOCCUS CONIGENUS* (PERS.) P. F. CANNON & MINTER IS A PATHOGEN CAUSING SPRUCE (*PICEA* SP.) SHOOT DIEBACK

[1]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: tiniti@inbox.ru*
[2]*Agrochemical laboratory of PMUE "Minskzelenstroy", Minsk, Belarus, e-mail: xxxkeoxxx@mail.ru*
[3]*Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: m.sin@inbox.ru*

**Annotation.** A widespread infestation of *Picea pungens* Engelm. by the shoot rot pathogen, *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter, has been detected in green spaces in Minsk, Gomel and Brest. Previously, this disease was characteristic of Western European countries. This species is often found in Belarus on *Picea abies* (L.) H.Karst. cones (recorded since the early 2000s), but active development on annual shoots has only been observed in the last 10–15 years. According to observations, the epiphytotic spread of this micromycete is often associated with the development of gall aphids on spruce.

**Key words:** causative agent of infectious shoot dieback, green spaces, anamorpha, coelomycete, spruce, cone disease, mycobiota.

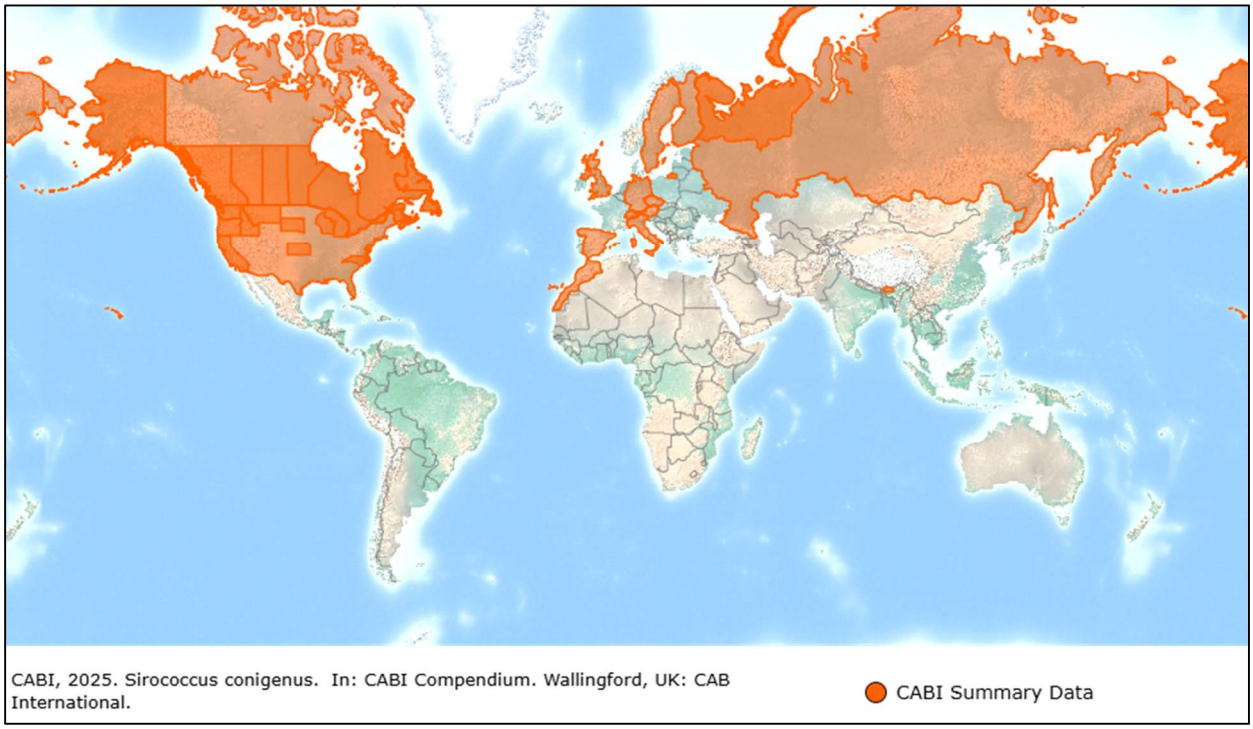
## Введение

В умеренном поясе основными грибными патогенами, повреждающими хвою, являются различные представители родов *Lophodermium* Chevall. и *Phoma* Sacc., а также виды *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet, *Diplodia sapinea* (Fr.) Fuckel, *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter, *Dothistroma septosporum* (Doroguine) Morelet, *Lecanosticta acicula* (Thümen) Syd. Эти патогены являются одними из наиболее известных возбудителей серьезных эпифитотий хвойных пород. *Sirococcus* Preuss – род анаморфных целомицетов, включающий патогены, вызывающие усыхание побегов и некроз верхушек хвойных деревьев. Наиболее хозяйственно значимым видом данного рода является *Sirococcus conigenus* – гриб, чаще всего развивающийся на шишках, но также вызывающий гниение верхушек побегов на сеянцах, саженцах и взрослых хвойных в умеренных и бореальных лесах северного полушария [1–3] (рис. 1).

В настоящее время заболевание зарегистрировано на широком спектре хвойных растений-хозяев из родов *Picea, Pinus, Larix, Tsuga, Pseudotsuga* в Европе и Северной Америке, а также на *Picea inulosa* (Griff.) Henry в Южной Азии. Сирококковое усыхание побегов отмечается в основном в умеренных и альпийских лесах, но также и в Средиземноморском бассейне и в Марокко, Северная Африка [4].

Значительный интерес представляет тот факт, что наиболее вредоносные внутривидовые разновидности появляются на различных территориях постепенно, как бы расширяя ареал высокой патогенности и круг растений-хозяев. Например, в Болгарии повреждения сеянцев ели обыкновенной, *Picea abies* (L.) H. Karst., зараженных *Sirococcus conigenus*, впервые зарегистрированы в 2016 г. в лесном питомнике Юндола (Юго-Западная Болгария), а в 2021 г. сообщается о *S. conigenus* уже как о новом патогене на сосне балканской (*Pinus peuce* Griseb.), вызывающем усыхание побегов [4].

На территории Беларуси данный вид является обычным на шишках ели обыкновенной (отмечен с начала 2000-х гг.), причем, как правило на отмерших тканях, как типичный сапротроф [5]. Однако последние 10–15 лет наблюдается активное развитие сироккокового усыхания, особенно ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) в условиях зеленых насаждений [6]. В связи с этим является актуальным представить современную характеристику этого микромицета.




Светло-оранжевым окрашены районы, в которых не отмечался лесохозяйственный ущерб от его развития, темно-оранжевым – районы, в которых данный вид входит в число наиболее вредоносных патогенов хвойных.

**Рис. 1.** Распространение *Sirococcus conigenus* в мире [1]

**Fig. 1.** Distribution of *Sirococcus conigenus* in the world [1]

## Объекты (материалы) и методы исследования

Объектами исследования являются микромицеты, развивающиеся на хвойных породах. Сбор гербарных образцов проводили в 2025 г. в зеленых насаждениях городов Минск (сотрудники УП «Минскзеленстрой»), Брест, Гомель. Также учитывали данные 2024 г., полученные в зеленых насаждениях Кобрина, Лоева и Пинска (сотрудники Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси). Материал гербаризировали по стандартным методикам [7].

Диагностика проведена по анатомо-морфологическим признакам [8, 9] методом световой микроскопии.

Для уточнения видовой принадлежности проводили молекулярно-генетический анализ в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси. Экстракцию, амплификацию и секвенирование ДНК проводили по следующим методикам.

Геномную ДНК экстрагировали из предоставленных образцов по протоколу Lian et al., 2008 [10] с модификациями. Тотальную ДНК проверяли на области ITS1-ITS4 и/или P3-ITS5 с использованием набора стандартных грибных праймеров [11, 12].

ПЦР-амплификацию проводили в общем объеме 15 мкл, содержащем 50–100 нг матричной ДНК, 7,5 мкл ArtMix («АртБиотех», Беларусь), по 0,5 мкМ каждого праймера, воду до необходимого объема.

Для ПЦР-амплификации установлены следующие условия: начальная температура денатурации 95°C в течение 2 мин, затем следовали 43 цикла: денатурация 95°C – 10 с, отжиг праймера 54°C – 20 с, удлинение праймера 67°– 20 с и последний этап при 12°C в течение ∞ мин.

Реакции секвенирования проводили с применением прямых праймеров (ITS1 или P3) с использованием набора для циклического секвенирования BrilliantDye™ Terminator (v3.1) (NimaGen). Полученные последовательности сопоставлены с последовательностями GenBank NCBI с помощью программы Finch TV, BLASTn.

Латинские названия грибов даны в соответствии с Международной глобальной базой данных Index Fungorum [13].

## Результаты исследований и их обсуждение

В 2025 г. сотрудниками УП «Минскзеленстрой» выявлено эпифитотийное развитие сироккокового усыхания побегов ели колючей в зеленых насаждениях г. Минска, в это же время сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси собран гербарный материал сироккокового усыхания в Брестской и Гомельской областях (рис. 2).

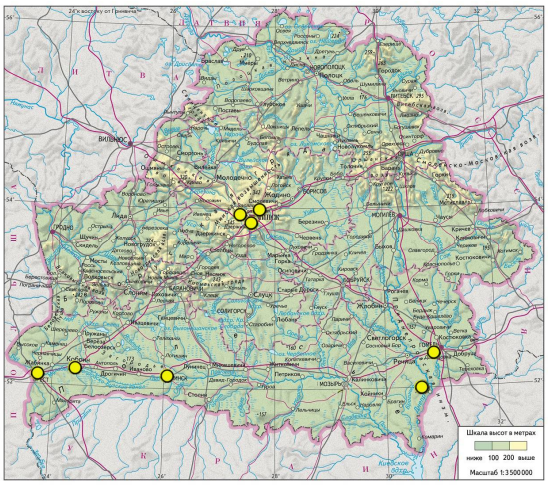


**Рис. 2.** Места сбора материала (обозначены желтыми точками)

**Fig. 2.** Material sampling locations (indicated by yellow dots)

По внешним признакам болезнь диагностирована как усыхание побегов ели, вызванное целомицетом *Sirococcus conigenus* (рис. 3, 4). При проведении микроскопии установлено, что в части образцов спороношение не сформировано, в связи с чем принято решение о проведении молекулярно-генетического анализа для идентификации возбудителя (рис. 5).

Анатомо-морфологическая и таксономическая характеристики гриба *Sirococcus conigenus*.

***Sirococcus conigenus* (Pers.) P.F. Cannon & Minter, Taxon 32(4): 577 (1983).**

Синонимы: *Ascochyta parasitica* Fautrey [as 'parasita'], Revue mycol., Toulouse 13(no. 50): 79 (1891); *A. piniperda* Lindau, in Engler & Prantl, Nat. Pflanzenfam., Teil. I (Leipzig) 1(1**): 367 (1900); *A. strobilina* (Corda) Wollenw., Fusaria autographica delineata 1: no. 505 (1916); *Dichaena strobilina* (Holle & J.C. Schmidt ex Fr.) Fr., Summa veg. Scand., Sectio Post. (Stockholm): 403 (1849); *Diplodina parasitica* (R. Hartig) Prill., Maladies des Plantes Agricoles (Paris) 2: fig. 365 (1897); *Discella conigena* (Pers.) Höhn., Mitt. bot. Inst. tech. Hochsch. Wien 6(1): 120 (1929); *D. strobilina* (Desm.) Died., Krypt.-Fl. Brandenburg (Leipzig) 9(4): 752 (1914); *Fusarium strobilinum* Corda, Icon. fung. (Prague) 1: 4 (1837); *Hypoderma conigenum* (Pers.) DC., in Lamarck & de Candolle, Fl. franç.,

Edn 3 (Paris) 2: 305 (1805); *Hypodermopsis conigena* (Pers.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3(3): 487 (1898); *H. conigenum* (Pers.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3: 487 (1898); *Hysterium conigenum* Pers., Observ. mycol. (Lipsiae) 1: 30 (1796); *Phoma conigena* P. Karst., Revue mycol., Toulouse 7 (no. 25): 106 (1885); *Phoma conigena var. abieticola* Sacc., Annls mycol. 3(3): 233 (1905); *Plenodomus strobilinus* (Desm.) Höhn., Sber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. 1 119: 647 (1910); *Septoria parasitica* R. Hartig, Z. Forst- u. Jagdw. 22: [1] (1890); *Sphaeria conigena* (Pers.) Rabenh., Deutschl. Krypt.-Fl. (Leipzig) 1: 185 (1844); *Sphaeria strobilina* Holle & J.C. Schmidt ex Fr., Systema Mycologicum (Lundae) 2(2): 495 (1823); *Sporonema strobilinum* Desm. [as 'strobilina'], Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 18: 368 (1852); *Sirococcus strobilinus* (Desm.) Petr., Sydowia 1 (1–3): 155 (1947); *Sirococcus strobilinus* Preuss, Linnaea 26: 716 (1855) [1853].

Род *Sirococcus* Preuss, Linnaea 26: 716 (1855).

Таксономическое положение вида: *Incertae sedis, Diaporthales, Diaporthomycetidae, Sordariomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota, Fungi* [13].

EPPO Code: SIROCO [14].

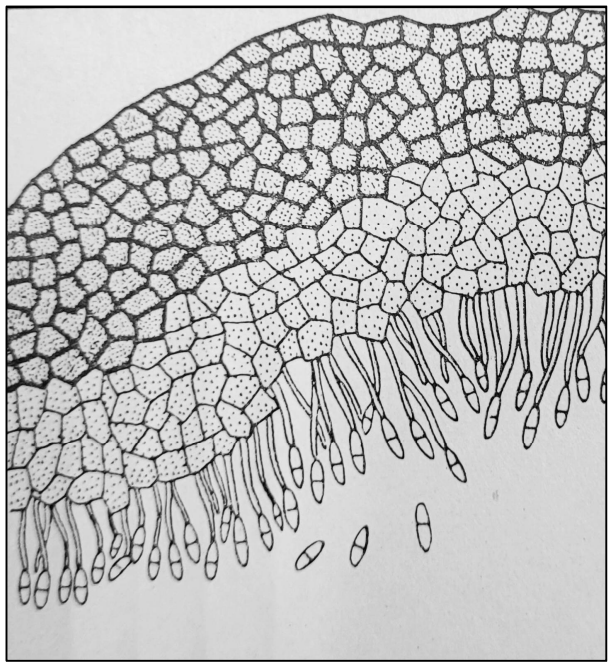
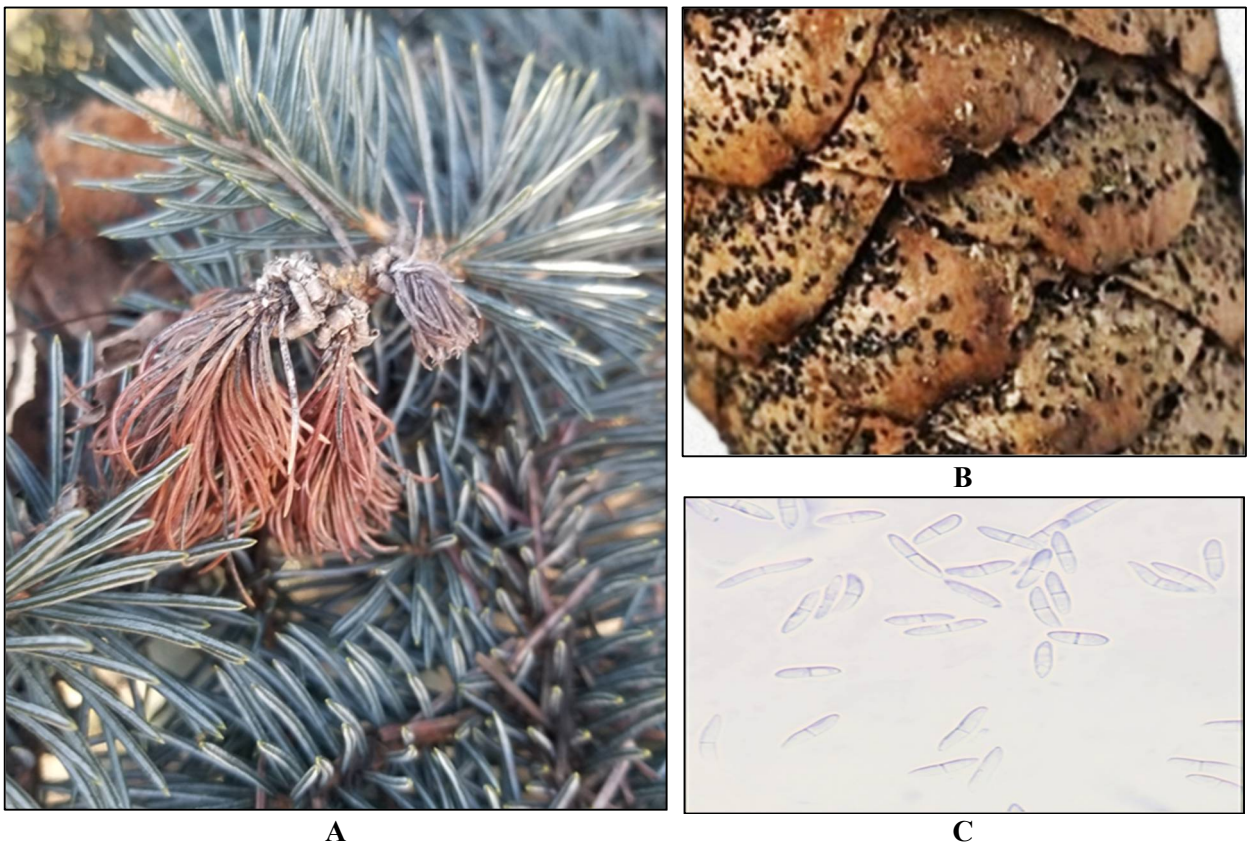


**Рис. 3.** Анатомо-морфологические особенности строения конидиомы *Sirococcus conigenus* (по [8])

**Fig. 3.** Anatomical and morphological features of the conidioma structure of *Sirococcus conigenus* (by [8])



**A** **B** **C**

**Рис. 4**. Симптомы поражения побегов и шишек ели *Sirococcus conigenus*
A – общий вид, B – пикниды патогена, C – конидии

**Fig. 4.** Symptoms of damage to spruce shoots and cones by *Sirococcus conigenus*
A – general view, B – pycnidia of the pathogen, C – conidia




**Рис. 5.** Пример представления результатов проведенного молекулярно-генетического анализа *Sirococcus conigenus*

**Fig. 5.** An example of presenting the results of *Sirococcus conigenus* molecular genetic analysis

Конидиомы строматические, вначале погруженные, впоследствии прорывающиеся, одиночные, иногда сливающиеся, темно-бурые, черные, шаровидные, шаровидно-приплюснутые, одно- и многокамерные, с толстой оболочкой, стенки из бурых клеток угловатой текстуры, за исключением верхней части конидиомы, где клетки более толстостенные и темноокрашенные. Открываются неправильным разрывом верхней части. Конидиомы до 600 мкм в диаметре 250–300 мкм в глубину.

Конидиеносцы разветвленные и септированные у основания, нитевидные, прямые или слегка изогнутые, суживающиеся к концу, гладкие, бесцветные, развивающиеся из внутреннего слоя клеток всей камеры. В длину до 50 мкм, ширина до 2,5 мкм у основания и 1,5 мкм на верхушке.

Конидиогенные клетки фиалидные, детерминированные, интегрированные, бесцветные, апертуры на кончиках главных и коротких боковых отростков конидиеносцев, канал и периклинальное утолщение маленькие.

Конидии веретеновидные, несколько больше суженные к верхнему концу, с 1 перегородкой, гладкие, бесцветные, 12–16 х 3 мкм (см. рис. 3) [8].

Гриб *Sirococcus conigenus* может вызывать заболевание еловых шишек, известное как сирококкоз шишек, которое приводит к их преждевременному созреванию и опадению. Пораженные шишки отличаются от здоровых по изменению цвета на бурый, красноватый, искривлению и высыпанию из них чешуек и трухи.

Однако в условиях Беларуси гриб чаще встречается на шишках как сапротроф.

Сирококкоз побегов. Развивающиеся в мае побеги сначала меняют окраску, изгибаются и, наконец, поникают. Позже они буреют и опадают в течение нескольких недель. Осенью плодовые тела появляются в виде черных пятен на коре сухих побегов. Поражаются деревьях разных возрастов. На крупных растениях болезнь затрагивает нижние ветви и не приносит существенного вреда здоровым растениям, сеянцы под действием патогена погибают, молодые деревья 5–10-летнего возраста теряют декоративность и так же могут погибнуть при высокой степени поражения.

Данное заболевание постепенно приобретает масштаб и актуальность, так, распространение в зеленых насаждениях Минска в 2025 г. составляло до 30–40%, а развитие болезни на деревьях ели достигает 25%.

Распространение болезни зависит от погодных условий, особенно от влажности [1, 4]. Большое количество осадков способствует созреванию спор и их активному распространению. Особенно сильное развитие сирококкоза происходит если весна прохладная и дождливая.

Имеются литературные данные о связи *Sirococcus conigenus* с видами галловых тлей [15], что подтверждается и нашими наблюдениями. Также на фитосанитарную ситуацию значительно влияют почвенные условия – ели, произрастающие на бедных участках (с дефицитом питательных веществ) очень восприимчивы к сирококкозу [15].

Основываясь на изложенной информации, можно сделать вывод, что значение сирококкоза для зеленого хозяйства возрастает, он распространяется, становится более вредоносным, в частности негативно влияет на декоративные качества елей, что требует проведения дальнейших исследований по предупреждению и контролю этого заболевания.

## Заключение

В зеленых насаждениях городов Минска, Бреста, Гомеля, Кобрина, Лоева и Пинска установлено массовое поражение ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) возбудителем усыхания побегов, целомицетом *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter. Ранее эта патология была характерна для стран Западной Европы, где заболевание зарегистрировано на широком спектре хвойных растений-хозяев из родов *Picea, Pinus, Larix, Tsuga, Pseudotsuga*.

Данный вид часто встречается в Беларуси (отмечен с начала 2000-х гг.) на шишках ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H.Karst.), но активное развитие на однолетних побегах наблюдается только в последние 10–15 лет, причем наиболее часто поражается *Picea pungens* в городских зеленых насаждениях, весьма редко (единично) он отмечается на *Picea abies* в лесных посадках. Согласно наблюдениям, эпифитотийное распространение данного микромицета зачастую оказывается связано с развитием галловых тлей на ели. Значительный интерес представляет тот факт, что вид, традиционно считавшийся в нашем регионе сапротрофом, в настоящее время проявляет себя как фитопатоген, возбудитель вредоносного заболевания. Подобное изменение статуса вида требует глубокого изучения, необходимо проведение дополнительных исследований, в т.ч. молекулярно-генетических для выявления возможных внутривидовых различий, определяющих степень биотрофности данных микромицетов.

## Благодарности

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований НАН Беларуси проект Б25А32-023 «Микобиота и энтомофауна декоративных хвойных пород в городских зеленых насаждениях в Азербайджане и Беларуси».*

## Литература

1. CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International) [сайт]. – Ascot, UK, 2025. – URL: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.50183 (дата обращения: 12.11.2025).

2. Plant Parasites of Europe: leafminers, galls and fungi [сайт]. – Amsterdam, The Netherlands, 2001–2025. – URL: http://bladmineerders.nl (дата обращения: 12.11.2025).

3. Global Biodiversity Information Facility database [сайт]. – Copenhagen, Denmark, 2025. – URL: https://www.gbif.org/ru/species/2578386 (дата обращения: 14.11.2025).

4. Georgieva, M. First records of Sirococcus conigenus causing shoot blight on Pinus peuce in Bulgaria / M. Georgieva, P. Mirchev, S. Belilov // Historia naturalis bulgarica – 2023. – V. 45 (6).– P. 163–168. https://doi.org/10.48027/hnb.45.062.

5. Беломесяцева, Д. Б. Находки адвентивных видов микромицетов на хвойных породах юго-запада Беларуси / Д. Б. Беломесяцева, Т. Г. Шабашова // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксп. бот. НАН Беларуси / – Мн.: Колорград, 2017. – Вып.46. – С. 285–288.

6. Головченко, Л. А. Болезни хвойных растений в насаждениях Беларуси / Л. А. Головченко, Н. Г. Дишук // Субтропическое и декоративное садоводство: научные труды / ФГБНУ Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур. ред.: А. В. Рындин [и др.]. – Сочи, 2017. – № 63. – С. 159–165.

7. Методы экспериментальной микологии: справочник / И. А. Дудка, С. П. Вассер. И. А. Элланская [и др.]; гл.ред. В.И. Билай. – Киев: Наук. думка, 1982. – 552 с.

8. Мельник, В. А. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах / В. А. Мельник, И. С. Попушой. – Кишинев: Штиница, 1992. – 368 с.

9. Мельник, В. А. Класс Coelomycetes. Вып. 1. Редкие и малоизвестные рода / В. А. Мельник; отв. ред. И. В. Каратыгин. – СПб.: Наука, 1997. – 281 с. (Серия «Определитель грибов России»).

10. PCR-based sensitive detection of the edible fungus Boletus edulis from rDNA ITS sequences / B. Lian, Z. Jin-ping, H. Wei-guo, Sh. Yuan // Journal of Biotechnology. – 2008. – V. 11 (3). – P. 4. https://doi.org/10.2225/vol11-issue3-fulltext-4.

11. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics / T. J. White, T. D. Bruns, S. B. Lee, J. W. Taylor // PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. – 1990. – V. 1. – P. 315–322. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1.

12. Kusaba, M. Phylogeny of Alternaria fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA / M. Kusaba, T. Tsuge // Current Genetics: Microorganisms and Organelles. – 1995. – V. 28 (5). – P. 491–498. https://doi.org/10.1007/BF00310821.

13. Index Fungorum [сайт]. – Landcare Research, Royal Botanic Gardens, Kew, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, UK, 2003–2025. – URL: www.indexfungorum.org/names/Names.asp (дата обращения: 14.11.2025).

14. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Global Database [сайт]. – EPPO headquarters, Paris, EU, 2014–2025. – URL: https://gd.eppo.int/taxon/SIROCO (дата обращения: 12.11.2025).

15. Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape [сайт]. – Vienna, Austria, 2004–2025. – URL: https://bfw.ac.at/020/ccx/manfred_doc/04_Sirococcus_conigenus.pdf (дата обращения: 10.11.2025).

*Поступила в редакцию 17.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Беломесяцева Дарья Борисовна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Короленя-Баранская Екатерина Олеговна*** – ведущий энтофитопатолог Агрохимической лаборатории производственного коммунального унитарного предприятия «Минскзеленстрой»

***Синявская Марина Георгиевна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией нехромосомной наследственности Государственного научного учреждения «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси»

***Шабашова Татьяна Гарьевна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Целомицет *Sirococcus conigenus* (Pers.) P. F. Cannon & Minter – возбудитель усыхания побегов ели (*Picea* sp.) / Д. Б. Беломесяцева, Е. О. Короленя-Баранская, М. Г. Синявская, Т. Г. Шабашова // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 171–177.

УДК 582. 28

Т. Г. ШАБАШОВА, Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА, С. А. АЛЕЙНИКОВ

# ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КОРТИЦИОИДНЫХ ГРИБОВ ПОРЯДКА *POLYPORALES* GÄUM. НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

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

**Аннотация.** В статье приведены данные о видовом составе и таксономической структуре кортициоидных грибов порядка *Polyporales* Gäum., собранных на территории национального парка «Беловежская пуща». В результате изучения видового разнообразия выявлено 27 видов, которые представлены 7 семействами и 11 родами. Доминировали по числу видов рода *Phlebia* Fr. и *Phanerochaete* P. Karst. Большинство из идентифицированных видов являются эвритрофами и способны заселять подходящие субстраты разных древесных пород.

**Ключевые слова:** афиллофороидные и кортициоидные грибы, порядок *Polyporales*, Беловежская пуща, национальный парк.

T. G. SHABASHOVA, D. B. BELOMESAYTSEVA, S. A. ALEINIKAU

# SPECIES DIVERSITY OF CORTICOID FUNGI *POLYPORALES* GÄUM. ORDER IN THE NATIONAL PARK “BELOVEZHSKAYA PUSCHA” TERRITORY

*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 corticiaceous fungi of the *Polyporales* Gäum. order collected in the National Park of Belovezhskaya Pushcha. The study of species diversity revealed 27 species, which are represented by 7 families and 11 genera. The genera *Phlebia* Fr. and *Phanerochaete* P. Karst. were the most abundant in terms of species numbers. Most of the identified species are eurythrophic and can inhabit suitable substrates of various tree species.

**Key words:** aphyllophoroid and corticioid fungi, *Polyporales* order, Belovezhskaya Pushcha, National Park.

## Введение

Объектом исследования являются кортициоидные грибы, произрастающие на территории национального парка (НП) «Беловежская пуща», одного из крупнейших лесных массивов на среднеевропейских равнинах. Средний возраст лесов Беловежской пущи составляет более 100 лет, отдельные участки леса имеют возраст 250–350 лет. Согласно агроклиматическому районированию, Беловежская пуща относится к южной теплой неустойчиво влажной зоне Беларуси, занимая ее западную окраину в пределах Пружано-Брестского агроклиматического района. По геоморфологическим признакам Пуща относится к области равнин Предполесья [1]. Географическое положение, климатические и почвенно–гидрологические условия обусловили разнообразие природы Беловежских лесов. В свою очередь, многолетняя охрана природного комплекса в целом и обеспечение динамики естественных процессов в лесных экосистемах, способствовали сохранению высокого флористического биоразнообразия. Видовое богатство микобиоты свидетельствует о первостепенном значении этого леса как генетического резервата, в том числе находящихся под угрозой исчезновения видов. Биоценология рассматривает лес как определенное природное единство, где вся растительность, почва, фауна, микобиота и микроорганизмы находятся в тесном взаимодействии. Грибы, как гетеротрофные организмы являются неотъемлемой частью лесного биогеоценоза и важнейшей экологической группой в составе лесной микобиоты являются ксилотрофные дереворазрушающие базидиомицеты, способные самостоятельно осуществить полное разложение лигнина и целлюлозы [2]. Ксилотрофы – экологическая группа базидиальных грибов, развивающихся на древесине и разрушающих ее. Процесс распада сложных органических веществ древесных остатков оказывает прямое влияние на круговорот соединений углерода в природе. Грибы являются одними из основных разрушителей целлю-

лозы, ее разложение является многоступенчатым процессом, в котором задействован комплекс ферментов. Способность грибов осуществлять полное разложение лигнина представляет собой уникальное явление и во многом благодаря грибам ксилотрофам происходит минерализация органического вещества в биогеоценозе [3].

Большое породное разнообразие лесов в Беловежской пуще, высокий возраст древостоев, наличие огромного количества валежа, имеющего различную структуру, влажность и химический состав на разных стадиях разложения, создают возможность существования уникального для нашей страны разнообразия грибов. Беловежская пуща, как редкий природный комплекс, идеально подходит для проведения исследований микобиоты, тесно связанной с древесными видами.

## Объекты (материалы) и методы исследований

Цель работы – изучить видовое разнообразие кортициоидных грибов порядка *Polyporales* на территории национального парка «Беловежская пуща». Объект исследования – афиллофороидные (базидиальные) грибы, в т.ч. кортициоидные грибы порядка *Polyporales*.

Сбор образцов проводили методом пробных площадей и маршрутных исследований. Использование маршрутного метода позволяет обследовать большее количество различные фитоценозов для получения представления о качественном и количественном составе грибной группировки в каждом отдельном случае [4, 5].

Сбор, камеральная обработка и определение грибов проведена по общепринятым методикам. Для идентификации собранного гербарного материала использовали ряд определителей и монографий [4–8]. Видовые названия грибов приведены в соответствии с правилами Международного кодекса ботанической номенклатуры и международной глобальной базой данных – Index Fungorum [9].

Частоту встречаемости видов определяли по шкале С. Стефенсона [10] с некоторыми дополнениями: R – редкий, 1 точка сбора; O – случайный, 2–4 точки; C – обычный, 5–8 точек; A – высокая частота встречаемости, обильный, более 8 точек.

Степень доминирования вида рассчитывали по индексу Бергера-Паркера ($D_{BP}$):

$$D_{BP} = Nm/n,$$

где Nm – количество особей в наиболее многочисленном виде; n – общее количество особей в выборке.

Для верификации практически всех значимых видов грибов вначале изучали морфологические признаки с использованием микроскопии, а дополнительными являлись генетические методы исследования ДНК грибов. Для проведения ПЦР-анализа оптимизирован протокол выделения тотальной ДНК (с модификациями) – выделение ДНК CTAB-методом [11]. Протокол выделения ДНК включал такие стадии как – экстракция ДНК из грибных образцов, полимеразная цепная реакция, экстракция из агарозного геля и очистка ПЦР-продуктов при помощи набора NucleoSpin Extract II Column. Проведение сиквенсовой реакции и секвенирования.

На территории двух лесничеств НП «Беловежская пуща» заложены площадки для сбора образцов – в Королево-Мостовском лесничестве (Брестская область, Каменецкий район) – кварталы 772А, 779А, 806Б, 740В и Никорском (Брестская область, Пружанский район) – кварталы 589А, В, Г и 619А, 617 в 2024–2025 гг. Сроки учета включали весенние, летние и осенние сборы образцов кортициоидных грибов.

Для исследования выбраны разные типы фитоценозов – дубрава кисличная, дубрава грабово-кисличная, грабняк, кленовник, ельник папоротниковый, сосняк мшистый и черноольшанник осоковый – данные леса относятся к группе старовозрастных с большим количеством валежа, на котором, в основном, развиваются плодовые тела грибов порядка *Polyporales*.

## Результаты исследования и их обсуждение

К кортициоидным («Corticiaceae») или непороидным базидиальным грибам относят виды, которые не имеют пор и пластинок на обратной стороне распростертого или распростерто-отогнутого плодового тела. Обычно это деревообитающие грибы преимущественно корковидные или пленчатые, с гладким, бугорчатым, ребристым, бородавчатым, складчатым (в том числе радиально-складчатым или складчато-извилистым), венозным (жилковатым), шиповатым (в том числе радулоидным) гименофором, за исключением трубчатого. Первоначально такие грибы ассоциировали с родом *Corticium* («кортициоидный, *corticioid*» подобный *Corticium*), в который входили виды с распростертыми телами и гладким гименофором [12]. Современные молекулярно-генетические исследования показали, что внешнее, морфологическое сходство является следствием конвергентной эволюции, а не родственных отношений [12-14]. В настоящее время признано, что кортициоидные грибы в широком смысле представляют собой искусствен-

ную группу, к которой по совокупности признаков (морфология, микроструктура, формы роста, среда обитания) отнесены виды из самых разных родов (т.н. полифилетическая группа). Единого мнения о границах этой разнородной группы базидиомицетов среди систематиков нет до сих пор, т.е. термин «кортициоидные» грибы используется в микологии, но не как таксономический критерий, а как обозначение группы видов, сходных по внешним признакам плодовых тел и имеющих несептированные базидии (гомобазидии), частично или полностью распростертое плодовое тело и гименофор без пор – непороидные, резупинатные афиллофороидные грибы [14].

Кортициоидные грибы относятся к группе сапротрофов-ксилотрофов, большая часть которых (90%) обитает на мертвой древесине (на сухостойных и валежных стволах, пнях, сухих и опавших ветвях). Встречаются виды, обитающие на отмерших растениях и опавших листьях – подстилочные сапротрофы. Они разлагают древесные остатки и листовой опад. Таким образом, кортициоидные грибы (вместе с трутовиками) выполняют важную роль по разрушению древесины в лесных экосистемах.

К группе кортициоидных грибов во всем мире относится более 1800 видов из 250 родов, в том числе в Европе обитает более 800 видов представителей разных семейств и порядков, например, *Corticiaceae* порядка *Corticiales*, *Agaricales* (*Cylindrobasidium*), *Boletales* (*Leucogyrophana*, *Coniophora*), *Cantharellales* (*Sistotrema*), *Hymenochaetales* (*Hyphodontia*, *Basidioradulum*), *Polyporales* (*Phanerochaete*, *Phlebia*, *Steccherinum*), *Russulales* (*Gloiodon*, *Amylostereum*) и др. [14, 15]. Активно изучал кортициоидные грибы, разных таксономических групп, произрастающих на территории Беларуси Юрченко Е. О., в своей работе «Определитель кортициоидных грибов Беларуси» он приводит данные о 282 видах [4].

В порядок *Polyporales* (полипоровые или афиллофоровые) входят грибы отдела базидиомикота (*Basidiomycota*), систематическое положение порядка до конца не выяснено (incertae sedis), он относится к классу *Agaricomycetes* [14, 15]. Порядок *Polyporales* включает 18 семейств: *Cerrenaceae*, *Dacryobolaceae*, *Fomitopsidaceae*, *Gelatoporiaceae*, *Grifolaceae*, *Hyphodermataceae*, *Incrustoporiaceae*, *Irpicaceae*, *Ischnodermataceae*, *Laetiporaceae*, *Meripilaceae*, *Panaceae*, *Phanerochaetaceae*, *Podocyphaceae*, *Polyporaceae*, *Sparassidaceae*, *Steccherinaceae* [16].

Многие семейства порядка относятся к «настоящим» трутовикам, т.к. имеют хорошо выраженное плодовое тело, трубчатый, пластинчатый или складчатый гименофор, но некоторые семейства порядка *Polyporales*, содержат рода, которые относятся к формальной группе кортициоидных грибов. Современная систематика основывается на исследованиях филогенетических данных порядка *Polyporales* [14–16], где некоторые рода объединены в клады (группа организмов, содержащая общего предка и всех его прямых потомков). До 2010 г. использовали иную систематику данного порядка, которая включала пять семейств и одно с неясной позицией – *Fomitopsidaceae, Meruliaceae, Phanerochaetaceae, Polyporaceae, Xenasmataceae* и *Phlebiella* [17]. В 2017 г. в клады объединены рода, содержащие виды, имеющие наибольшее сходство по филогенетическому анализу. Из семейств *Fomitopsidaceae* и *Polyporaceae*, в которое входят основные рода афиллофороидных грибов выделены отдельные семейства, имеющие один род – *Dacryobolaceae* / *Dacryobolus* и *Cerrenaceae* / *Cerrena*. На данный момент формальная группа кортициодных грибов порядка *Polyporales*, представлена 7 семействами, содержащими 17 родов [16] (табл. 1).

Кортициоидные грибы национального парка «Беловежская пуща» до настоящего времени оставались малоизученной группой, систематический сбор и идентификация представителей данного порядка начато нами впервые.

**Таблица 1.** Таксономическая структура кортициодных грибов порядка *Polyporales* [16]

**Table 1.** Taxonomic structure of corticioid fungi in the *Polyporales* order [16]

| Семейство | Род |
|---|---|
| *Cerrenaceae* | *Cerrena* |
| *Dacryobolaceae* | *Dacryobolus* |
| *Hyphodermataceae* | *Hyphoderma* |
| *Irpicaceae* | *Byssomerulius, Irpex, Meruliopsis* |
| *Meruliaceae* | *Bulbillomyces, Crustoderma, Merulius* |
| *Phanerochaetaceae* | *Phanerochaete, Phlebia, Phlebiopsis, Porostereum, Rhizochaete* |
| *Steccherinaceae* | *Hypochnicium, Steccherinum* |
| Incertae sedis | *Phlebiella* |

На территории двух лесничеств национального парка «Беловежская пуща» Королево-Мостовском и Никорском начато изучение видового разнообразия кортициоидных грибов порядка *Polyporales,* эти лесничества выбраны исходя из разнообразия имеющихся там фитоценозов и условий роста, большая часть представлена эталонными сообществами – сосновыми, осиновыми, черноольхово-еловыми.

Наиболее благоприятными для роста кортициоидных грибов были условия на территории 617 квартала Никорского лесничества, расположенные там выделы с ольхой черной и елью, находятся в непосредственной близости к искусственному пруду и системе каналов, что значительно увеличивает влажность и создает благоприятные условия для роста грибов.

Всего собрано более 150 образцов кортициоидных грибов порядка *Polyporales,* на каждой пробной площадке видовое разнообразие грибов составило, в среднем, от 5 до 10 видов. Проведенный таксономический анализ показал, что структура полипоровых кортициоидных грибов представлена 7 семействами, содержащими 11 родов, идентифицировано 27 видов (рис. 1, табл. 2), т.е. представители почти всех семейств кортициоидных грибов порядка *Polyporales* выявлены на территории Беловежской пущи.

В основном идентифицированные виды имели кортициоидный морфотип и характеризовались однолетними орбикулярными (с волокнистой бахромой по краю) или ризомными (с мицелиальными тяжами по краю) плодовыми телами плотной (пленчатой, восковидной) консистенции с гладким (или почти гладким) и бугорчатым (складчато-извилистым) гименофором (рис. 2).

Наибольшей частотой встречаемости и видовой насыщенностью обладало семейство *Phanerochaetaceae*, которое представлено 3 родами и 10 видами. По обилию и степени доминирования на исследуемой территории превалировал род *Phlebia* (5 видов), индекс доминирования Бергера-Паркера ($D_{BP}$) данного рода составил 0,3, данный род можно отнести к обычным, кроме одного вида – *Phlebia acerina* Peck (см. рис. 2), который впервые идентифицирован для территории Беловежской пущи и найден в единичном экземпляре, по морфологии он близок к двум другим представителям рода *Phlebia* – Флебии радиальной (*Phlebia radiata*) и Флебии красной (*Phlebia rufa*). Характерная особенность найденного вида – строение гименофора, сочетающее в себе одновременно «радиальные» и «мерулиусовидные» элементы. Гриб имеет тусклую окраску, без оранжевых оттенков. Встречается преимущественно на мертвой древесине лиственных пород.

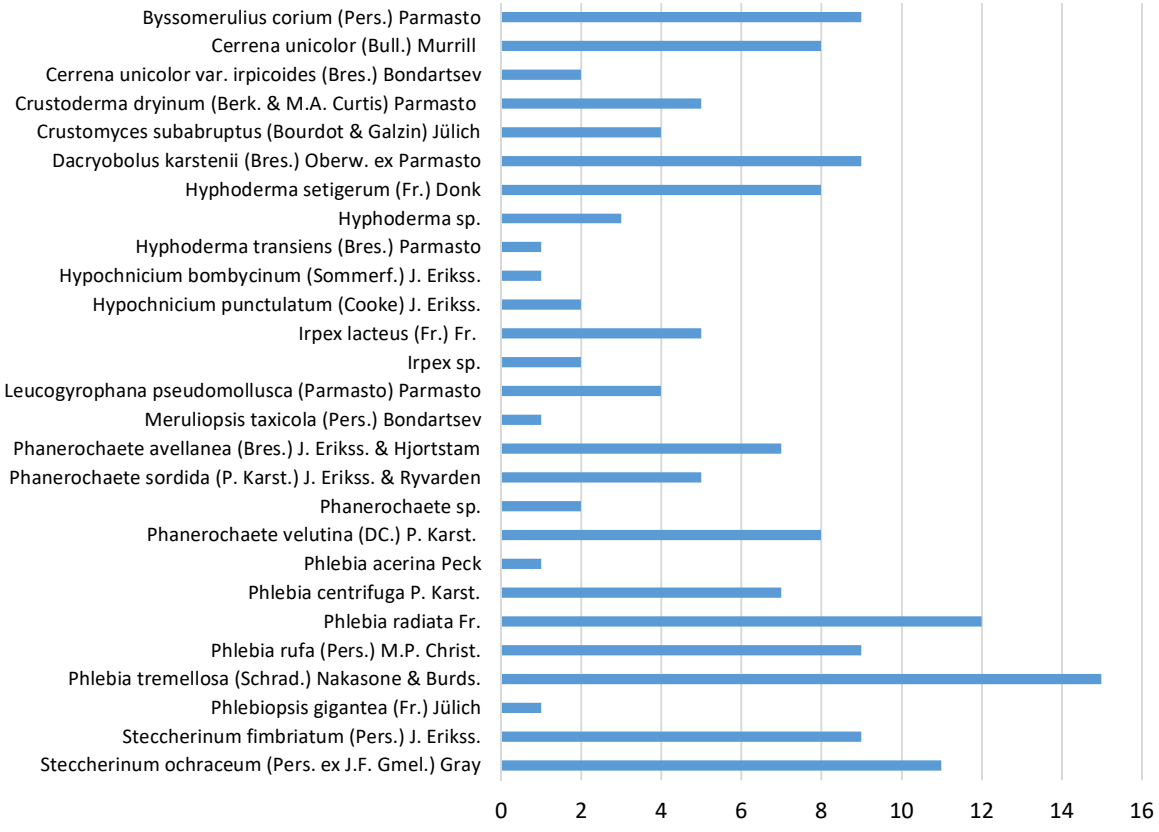



**Рис. 1.** Количество образцов кортициоидных грибов порядка *Polyporales*

**Fig. 1.** Number of corticioid fungi samples in the *Polyporales* order

**Таблица 2.** Таксономическая структура и субстратная приуроченность кортициоидных грибов порядка *Polyporales* национального парка «Беловежскя пуща»

**Table 2.** Taxonomic structure of corticioid fungi of the *Polyporales* order in Belovezhskaya Pushcha National Park

| Семейство / Род | Вид | Субстрат |
|---|---|---|
| *Cerrenaceae* / *Cerrena* | *Cerrena unicolor* var. *irpicoides* (Bres.) Bondartsev | На валеже *Betula pendula* |
| | *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill | На валеже *Betula pendula* |
| *Dacryobolaceae* / *Dacryobolus* | *Dacryobolus karstenii* (Bres.) Oberw. ex Parmasto | На валеже *Pinus sylvestris*, *Picea abies* |
| *Hyphodermataceae* / *Hyphoderma* | *Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk | На валеже и веточном отпаде *Alnus glutinosa, A. incana, Betula pendula, Corylus avelana, Sorbus aucuparia, Populus tremula, Quercus robur, Caprinus betulus, Salix cinerea, Tilia cordata*, редко на *Pinus sylvestris* |
| | *Hyphoderma transiens* (Bres.) Parmasto | На валеже *Corylus avelana, Populus tremula, Tilia cordata* |
| | *Hyphoderma* sp. | На валеже *Populus tremula* |
| *Irpicaceae* / *Byssomerulius* *Irpex* | *Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto | На веточном отпаде и валеже *Populus tremula, Acer platanoides, Caprinus betulus, Salix cinerea* |
| | *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. | На валеже *Betula pendula, Frangula alnus, Corylus avelana* |
| | *Irpex* sp. | На сухостое *Corylus avelana* |
| | *Meruliopsis taxicola* (Pers.) Bondartsev | На валеже *Pinus sylvestris* |
| *Meruliaceae* / *Crustoderma* | *Crustoderma dryinum* (Berk. & M. A. Curtis) Parmasto | На валеже и веточном отпаде *Picea abies, Populus tremula* |
| | *Crustomyces subabruptus* (Bourdot & Galzin) Jülich | На валеже *Caprinus betulus* |
| | *Leucogyrophana pseudomollusca* (Parmasto) Parmasto | На валеже *Pinus sylvestris, Populus tremula, Quercus robur* |
| *Phanerochaetaceae* / *Phanerochaete* | *Phanerochaete avellanea* (Bres.) J. Erikss. & Hjortstam | На валеже *Caprinus betulus* |
| | *Phanerochaete sordida* (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarden | На валеже и веточном отпаде *Alnus glutinosa, Betula pendula, Corylus avelana, Acer platanoides, Quercus robur, Pinus sylvestris* |
| | *Phanerochaete velutina* (DC.) P. Karst. | На валеже *Alnus glutinosa, A. incana, Corylus avelana, Populus tremula, Quercus robur, Caprinus betulus, Picea abies, Sorbus aucuparia* |
| | *Phanerochaete* sp. | На валеже *Alnus glutinosa* |
| *Phlebia* | *Phlebia acerina* Peck | На валеже *Acer platanoides* |
| | *Phlebia centrifuga* P. Karst. | На валеже *Picea abies* |
| | *Phlebia radiata* Fr. | На валеже *Alnus glutinosa, A. incana, Betula pendula, Sorbus aucuparia, Quercus robur, Caprinus betulus, Salix cinerea* |
| | *Phlebia rufa* (Pers.) M. P. Christ. | На валеже *Corylus avelana, Sorbus aucuparia, Quercus robur* |
| | *Phlebia tremellosa* (Schrad.) Nakasone & Burds. | На валеже *Betula pendula, Corylus avelana, Populus tremula, Caprinus betulus, Pinus sylvestris* |
| *Phlebiopsis* | *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich | На валеже *Pinus sylvestris* |
| *Steccherinaceae* / *Hypochnicium* | *Hypochnicium bombycinum* (Sommerf.) J. Erikss. | На валеже и веточном отпаде *Acer platanoides, Corylus avelana, Salix cinerea, Sorbus aucuparia, Tilia cordata* |
| | *Hypochnicium punctulatum* (Cooke) J. Erikss. | На валеже *Picea abies* |
| *Steccherinum* | *Steccherinum fimbriatum* (Pers.) J. Erikss. | На валеже и веточном отпаде *Acer platanoides, Alnus glutinosa, Betula pendula, Corylus avelana, Sorbus aucuparia, Populus tremula, Quercus robur, Caprinus betulus, Salix cinerea, Picea abies* |
| | *Steccherinum ochraceum* (Pers. ex J. F. Gmel.) Gray | На валеже и веточном отпаде *Caprinus betulus, Corylus avelana, Quercus robur* |



*Hyphoderma setigerum*



*Phlebia tremellosa*



*Phlebia radiata*



*Steccherinum ochraceum*



*Phlebia acerina*

**Рис. 2.** Примеры плодовых тел кортициоидных грибов

**Fig. 2.** Examples of fruit bodies of corticioid fungi

Большое видовое разнообразие рода *Phlebia* и вида-доминанта *Phlebia tremellosa* свидетельствует о достаточно благоприятных условиях для его развития, данный вид отмечен почти во всех изучаемых фитоценозах и на всей территории Беловежской пущи.

Индекс доминирования остальных родов составил $D_{BP}$ = 0,0–0,1, видовое разнообразие в пределах рода составляло в среднем 1–2 вида, за исключением родов *Phlebia* и *Phanerochaete* (по 5 и 4 вида соответственно). Пятнадцать видов по шкале Стефенсона являются обильными и обычными (категория A и C) и обнаружены практически во всех сообществах и на различных субстратах. Двенадцать из выявленных видов классифицированы как редкие и случайные (категория R и O).

Такие виды как *Cerrena unicolor*, *Dacryobolus karstenii*, *Hyphoderma setigerum*, *Byssomerulius corium*, *Phanerochaete avellanea*, *Phanerochaete velutina*, *Phlebia centrifuga*, *Phlebia radiata*, *Phlebia rufa*, *Phlebia tremellosa* составляют ядро биоты ксилотрофных кортициоидных грибов порядка *Polyporales*.

Проведенный анализ субстратной специализации идентифицированных видов, т.е. приуроченность их к субстрату определенного рода древесных растений показал, что предпочтительным субстратом являются лиственные породы, особенно семейства *Betulaceae* Gray. (рис. 3, см. табл. 1). По классификации В. А. Мухина по отношению к субстрату выделены две группы ксилотрофных видов – стенотрофы, способны заселять древесину определенного рода древесных растений и эвритрофы с широким трофическим спектром [18]. В наших исследованиях количество видов-эвритрофов и стенотрофов примерно одинаково, с небольшим преобладанием эвритрофов. Четыре вида кортициоидных грибов – *Dacryobolus karstenii, Meruliopsis taxicola, Phlebia centrifuga, Phlebiopsis gigantea* собраны исключительно на хвойных породах, хотя на территории Беларуси они встречаются и на валеже лиственных деревьев.

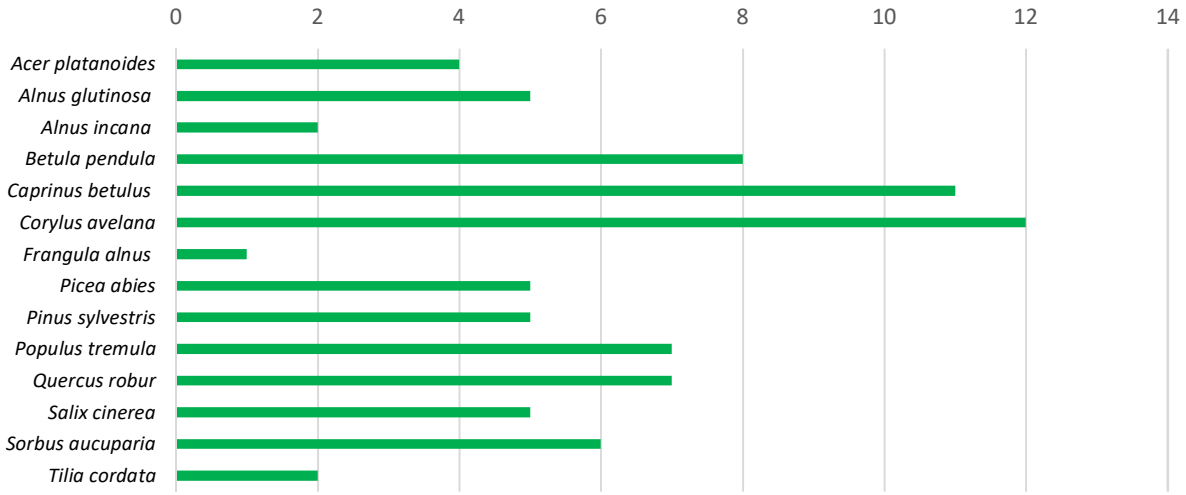



**Рис. 3.** Породный состав субстратной специализации кортициоидных грибов порядка *Polyporales*

**Fig. 3.** The breed composition of the substrate specificity of corticioid fungi in the *Polyporales* order

## Заключение

На территории национального парка «Беловежская пуща» начато изучение видового разнообразия кортициоидных грибов порядка *Polyporales*, проведенный анатомо-морфологический и микроскопический анализ показал, что собранные на территории парка образцы представлены 27 видами, входящими в 7 семейств и 11 родов. В основном идентифицированные виды имели кортициоидный морфотип, однолетние орбикулярные или ризомные базидиомы плотной консистенции с гладким (или почти гладким) гименофором.

Видовое разнообразие в пределах рода составляет в среднем 1–2 вида, за исключением родов *Phlebia* (5 видов) и *Phanerochaete* (4 вида).

Выделен комплекс из 10 видов кортициоидных грибов, которые образуют ядро биоты грибов-ксилотрофов валежа и веточного отпада преимущественно лиственных пород. Большинство из идентифицированных видов являются эвритрофами и способны заселять подходящие субстраты разных древесных пород.

**Благодарности**

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований НАН Беларуси проект Б24КИ-039 «Видовое разнообразие и высокий потенциал деградации лигнина у кортициоидных грибов порядка Polyporales в НП «Беловежская пуща»».*

**Литература**

1. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман – Мн.: Наука и техника, 1982. – 326 с.
2. Атлас-определитель ксилотрофных грибов, кустистых и листоватых лишайников Национального парка «Беловежская пуща» / Т. Г. Шабашова, А. П. Яцына, Е. О. Юрченко [и др.]. – Брест: Альтернатива, 2016. – 248 с.
3. Грибные сообщества лесных экосистем / В.А. Мухин, Д.В. Веселкин, К.В. Брындина [и др.]. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. – С. 26–36.
4. Юрчанка, Я. А. Вызначальнік картыцыоідных грибоў Беларусі / Я. А. Юрчанка. – Мн.: Колорград, 2020. – 510 с.
5. Бондарцева, М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2 / М. А. Бондарцева. – СПб.: Наука, 1998. – 391 с.
6. The Corticiaceae of North Europe / J. Eriksson, L. Ryvarden // Fungiflora. – 1975. – Vol. 3: Coronicium – Hyphoderma. – P. 287–546.
7. Ginns, J. Genera of the North American Corticiaceae sensu lato / J. Ginns // Mycologia. – 1998. – Vol. 90, No. 1. – P. 1–35.
8. Boidin, J. Basidiomycètes Aphyllophorales de l'île de la Réunion. XVI. Les genres Hyphoderma, Hyphodermopsis, Chrysoderma nov. gen. et Crustoderma / J. Boidin, G. Gilles // Cryptogamie, Mycologie. – 1991. – Vol. 12, No. 2. – P. 97–132.
9. Index Fungorum. – Landcare Research, Royal Botanic Gardens, Kew, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2025. – URL: https://www.indexfungorum.org. (date of access: 14.11.2025)
10. Stephenson, S. L. A comparative biogeographical study of myxomycetes in the mid-Appalachians of eastern North America and two regions of India / S. L. Stephenson, I. Kalyanasundaram, T. N. Lakhanpal // Journal Biogeogr. – 1993. – Vol. 20. – P. 645–657.
11. Accurate, rapid taxonomic classification of fungal large-subunit rRNA genes / K-L. Liu, A. Porras-Alfaro, Ch. R. Kuske [et al.] // Journal Appl Environ Microbiol. – 2012. – Vol. 78(5). – P. 1523–1533.
12. Jülich, W. The resupinate non-poroid Aphyllophorales of the temperate northern hemisphere / W. Jülich, J. A. Stalpers. – Amsterdam, Oxford, N. Y.: North-Holland Publ. – 1980. – 335 p.
13. Юрчанка, Я. А. Біяразнастайнасць картыцыоідных грыбоў Беларусі (Corticiaceae s. l., Basidiomycetes) / А. Я. Юрчанка // Весці НАНБ. Серыя: Біялагічныя навукі. – 2000. – № 3. – С. 35–37.
14. The phylogenetic distribution of resupinate forms in the homobasidiomycetes / M. Binder, D. S. Hibbett, K. H. Larsson [et al.] // Systematics and Biodiversity. – 2005. – Vol. 3. – P. 113–157.
15. Phylogenetic and phylogenomic overview of the Polyporales / M. Binder, A. Justo, R. Riley [et al.] // Mycologia. – 2013. – Vol. 105. – P. 1350–1373.
16. A revised family-level classification of the Polyporales (Basidiomycota) / A. Justoa, O. Miettinen, D. Floudas [et al.] // Fungal Biology. – 2017. – Vol. 121. – P. 798–824.
17. Dictionary of the Fungi / P. M. Kirk, P. F. Cannon, D. W. Minter [et al.]. – 10th ed. – Wallingford: CABI, 2008. – 771 p.
18. Мухин, В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины / В. А. Мухин – Екатеринбург: Наука, 1993. – 231с.

*Поступила в редакцию 15.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

**Сведения об авторах**

***Шабашова Татьяна Гарьевна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Беломесяцева Дарья Борисовна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Алейников Сергей Андреевич*** – младший научный сотрудник лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Шабашова, Т. Г. Видовое разнообразие кортициоидных грибов порядка *Polyporales* Gäum. на территории национального парка «Беловежская пуща» / Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева, С. А. Алейников // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 178–185.

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
# PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

УДК 582.475:58.02:577.112:577.13

О. А. ИВАНОВ, Н. А. ШЕВЦОВ

## НАКОПЛЕНИЕ ОСМОЛИТОВ И СТРЕСС-ИНДУЦИРУЕМЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СЕЯНЦАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В УСЛОВИЯХ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: protlife1984@gmail.com*

**Аннотация.** В условиях изменения климата и увеличения частоты засушливых периодов в Беларуси усиливается уязвимость молодых генераций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) к засухе. Исследование направлено на оценку накопления осмолитов и стресс-индуцируемых метаболитов в сеянцах из Северного, Центрального, Брестского и Гомельского лесосеменных подрайонов в условиях моделированного водного дефицита. Сеянцы (одно- и двухлетние) выращивали в контролируемых условиях, имитируя засуху прекращением полива. Определяли содержание пролина, глицинбетаина, активности бетаинальдегиддегидрогеназы, редокс-пары глутатиона (GSH/GSSG), а также ди- и тритерпены методом ТСХ. Результаты показали различия, связанные с географическим происхождением: сеянцы из южных подрайонов (Брестский, Гомельский) демонстрируют более высокую фенотипическую устойчивость, интенсивное накопление пролина и глицинбетаина, поддержание высокого соотношения GSH/GSSG. У устойчивых растений выявлены специфические дитерпены (Rf=0.85) и тритерпены (Rf=0.56) как маркеры толерантности.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris* L., сеянцы, водный дефицит, лесосеменные подрайоны, устойчивость, пролин, глицинбетаин, глутатион, дитерпены, тритерпены.

O. A. IVANOV, N. A. SHEVTSOV

## ACCUMULATION OF OSMOLITES AND STRESS-INDUCED METABOLITES IN SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEEDLINGS UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: protlife1984@gmail.com*

**Annotation.** Climate change and more frequent droughts in Belarus are making young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) generations more vulnerable to drought. The study aims to assess the accumulation of osmolytes and stress-induced metabolites in seedlings from the Northern, Central, Brest, and Gomel forest seed subregions under simulated water deficit conditions. Seedlings (one- and two-year-old) were grown under controlled conditions, simulating drought by stopping watering. The content of proline, glycine betaine, betaine aldehyde dehydrogenase activity, glutathione redox pair (GSH/GSSG), as well as the spectrum of di- and triterpenes were determined by TLC. The results showed interpopulation differences: seedlings from southern subregions (Brest, Gomel) demonstrated higher phenotypic resistance, intensive accumulation of proline and glycine betaine, and maintenance of a high GSH/GSSG ratio. Specific diterpenes (Rf=0.85) and triterpenes (Rf=0.56) were identified in resistant plants as markers of tolerance.

**Keywords**: Pinus sylvestris L., seedlings, water deficit, forest seed subregions, resistance, proline, glycine betaine, glutathione, diterpenes, triterpenes.

## Введение

Изменение климата в последние десятилетия усилило выраженность засушливых периодов на территории Беларуси, особенно в южных и центральных районах страны, что напрямую отражается на состоянии лесных экосистем и возобновлении хвойных пород. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – доминирующий вид белорусских лесов, играет ключевую роль в формировании продуктивности и устойчивости лесных биогеоценозов. Однако высокая чувствительность молодых генераций сосны к дефициту влаги ограничивает успешность естественного и искусственного лесовосстановления, особенно на легких песчаных почвах [1, 2]. Тем не менее, степень толерантности отдельных деревьев к этому стрессовому фактору внутри популяции различна. Она определяется генетическим разнообразием и нормой реакции вида, которая в каждом регионе имеет свои границы [3]. Например, при массовом усыхании в лесонасаждениях как правило часть деревьев выживает. В связи с этим возникает вопрос об отборе засухоустойчивых генотипов этих пород, перспективных в качестве источников семян для лесного хозяйства или источников клеточных культур при микроклональном размножении посадочного материала. Это важно не только для формирования устойчивых и продуктивных лесонасаждений в будущем, но, в первую очередь, для создания устойчивых к влагодефициту сеянцев этих пород, поскольку они практически беззащитны перед засухой по сравнению со взрослыми растениями.

На физиолого-биохимическом уровне в условиях дефицита доступной воды растения испытывают осмотический стресс. Регулирование адаптации к водному дефициту может осуществляться путём активации генов и их белковых продуктов, сопряжённых с редокс-регуляцией и накоплением осмолитов и осмопротекторов в клетках и межклеточном пространстве – пролина, глицинбетаина, моно- и дисахаридов, полиолов и полиаминов. Эти соединения обеспечивают стабилизацию белков и мембран, поддержание клеточного осмотического равновесия и детоксикацию активных форм кислорода, что в комплексе формирует толерантность растений к засухе [4, 5]. При этом существенным является способность растения поддерживать их высокую концентрацию продолжительное время [6].

Внутривидовые различия сосны, произрастающей в разных лесосеменных подрайонах Беларуси, отражают как генетическую адаптацию, так и физиологическую пластичность вида. Исследования показали, что южные популяции *Pinus sylvestris* формируют более высокий уровень осмотической адаптации и антиоксидантной активности по сравнению с северными, что связано с исторически более континентальным климатом [7].

В совокупности эти данные определяют необходимость изучения региональных и возрастных особенностей стрессовых ответов сеянцев сосны, их способности к поддержанию водного гомеостаза и накоплению стресс-индуцированных метаболитов. Полученные результаты могут служить основой для отбора устойчивого посадочного материала и повышения эффективности лесовосстановительных программ в условиях изменяющегося климата Беларуси.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Объектами исследования являлись сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), полученные из семян, предоставленных Республиканским лесным селекционно-семеноводческим центром. Семена отбирали в 2018–2019 гг. на лесосеменных плантациях Северного, Центрального, Брестского и Гомельского лесосеменных подрайонов (ЛП) Беларуси. Также исследования проводили на двухлетних сеянцах сосны, приобретенных в питомниках Бешенковичского и Березинского лесхозов.

Для моделирования условий засухи и оценки её влияния на состояние сеянцев семена высевали в кассеты 9×6 ячеек, объём каждой ячейки – 120 $см^3$. Кассеты заполняли верховым торфом со значением pH 3,8–4,0 и предварительно внесенным NPK согласно рекомендованным нормам в форме удобрения Кристалон желтый. Заложенный по такой схеме эксперимент делили на опытный и контрольный варианты, где контрольный вариант – выращиваемые в оптимальных условиях увлажнения на всём протяжении эксперимента сеянцы, опытный вариант – сеянцы, выращиваемые 4 мес. в оптимальных условиях увлажнения, а затем при отсутствии полива на протяжении 2 недель. Контрольные сеянцы и опытные сеянцы (первые 4 мес.) поливали 2 раза в неделю водопроводной водой объемом 20 $см^3$/ячейка.

Всего для каждого ЛП закладывали такое количество семян, чтобы в контроле и опыте иметь по 100 сеянцев. Выращивание сеянцев осуществляли при температуре +24–+26˚С, относительной влажности воздуха 65–80%. Интенсивность светового потока – 120 $\mu mol \cdot см^2 \cdot сек^{-1}$, световой пе-

риод 16 часов. Для освещения использовали люминесцентные лампы Osram Lumilux l36W/840 (Osram, РФ) с цветовой температурой 4 000 К.

После прекращения полива для сеянцев из каждого ЛП фиксировали момент формирования признаков увядания хвои у 60% растений. По достижении 60% увядших растений в первой группе, сеянцы из нее, а также из других групп параллельно с соответствующими контрольными растениями изымали из ячеек, сразу упаковывали в индивидуальные для каждой группы пакеты и немедленно переносили на хранение при -20˚С для дальнейшего анализа.

Для моделирования условий засухи и оценки её влияния на состояние двухлетних сеянцев использовали сеянцы в кассетах, полученные из питомников соответствующих ЛП. Эксперимент проводили на 50 растениях в каждом варианте по ранее описанной схеме в тех же условиях выращивания.

Сеянцы из опытных вариантов далее дифференцировали на более устойчивые и менее устойчивые к создаваемому водному дефициту. Основанием для дифференциации служила визуально различимая потеря тургора или изменение цвета хвои, высыхание кончиков хвои. По достижении 50% увядших растений в первой группе, сеянцы из нее, а также из других групп параллельно с соответствующими контрольными растениями изымали из ячеек кассет, немедленно упаковывали в индивидуальные пакеты и переносили на хранение при -20˚С для дальнейшего анализа.

Определение содержания пролина проводили согласно методике, изложенной в [8] с некоторыми изменениями. К 200 мг исследуемого образца прибавляли 3% сульфосалициловую кислоту и растирали образец до полной гомогенизации на льду. Полученный гомогенат центрифугировали, супернатант отбирали и прибавляли к нему 3% сульфосалициловую кислоту, ледяную уксусную кислоту и подкисленный нингидрин. Пробирки со смесью инкубировали 1 ч при 96˚С, после чего реакцию останавливали на льду. Проводили экстрагирование смеси бензолом, отбирали бензольную фазу и измеряли ее оптическое поглощение при 520 нм. Концентрацию пролина в образце рассчитывали в мкг/г асм ткани по калибровочной кривой, построенной для чистого L-пролина.

Определение содержания глицинбетаина проводили согласно методике, описанной в [9]. Исследуемый растительный материал растирали до гомогенного состояния. Гомогенезированный материал переносили в 2N серную кислоту и инкубировали при 60˚С для экстрагирования глицинбетаина. После центрифугирования супернатант смешивали с $KI\text{-}I_2$ и инкубировали при +4˚С на протяжении 42 ч, затем центрифугировали. Полученные кристаллы глицинбетаина растворяли в 1,2-дихлорэтане, после чего измеряли оптическую плотность при 365 нм. Концентрацию глицинбетаина рассчитывали в мкг/г асм ткани, основываясь на калибровочной кривой, построенной для чистого глицинбетаина.

Определение активности бетаинальдегиддегидрогеназы проводили по методике, изложенной в [10]. 200 мг хвои измельчали в экстракционном буфере на льду. Осадок отделяли центрифугированием. Полученный супернатант обессоливали при помощи колонки с сефадексом G-25, уравновешенной аналитическим буфером (50 мМ трисHCl (pH 8,0), 1,0 мМ ЭДТА, 10,0 мМ β-меркаптоэтанола). Анализ обессоленного супернатанта проводили в реакционной смеси, содержащей аналитический буфер, 1,0 мМ НАД и экстракт. Реакцию инициировали добавлением 1,0 мМ бетаинового альдегида. Измеряли увеличение поглощения раствора при 340 нм с интервалом 30 сек. в течение 2 мин. Ферментативную активность рассчитывали, используя коэффициент экстинкции НАДН (6,22 $мМ^{-1}$ $см^{-1}$).

Определение глутатиона проводили согласно методике [11]; 1,0 г хвои гомогенизировали в 5% сульфосалициловой кислоты, смесь центрифугировали, отбирали супернатант и нейтрализовали его 0,5 М К-фосфатным буфером (pH 7,5). Супернатант использовали для анализа содержания суммарного глутатиона ($GSH_{сум.}$). Вторую аликвоту супернатанта также нейтрализовали. К супернатанту добавляли 2-винилпиридин, вортексировали до эмульсии и инкубировали смесь при 25°С в течение 1 часа. Эта аликвота использована для анализа окисленного глутатиона (GSSG). Реакционная смесь для измерения концентрации суммарного и окисленного глутатиона состояла из 0,1 М Na-фосфатного буфера, содержащего 5 мМ ЭДТА, 6 мМ 5,5’-дитиобис(2-нитробензойной кислоты), 2 мМ НАДФН и 1 МЕ дрожжевой глутатионредуктазы типа III. Реакцию инициировали добавлением 0,1 мл анализируемого экстракта. Отмечали снижение оптической плотности при 412 нм каждые 15 с в течение 5 мин. Для построения калибровочной кривой использовали серию разведенных растворов глутатиона от 50 до 400 нг/мл. Содержание глутатиона рассчитывали по калибровочной кривой.

Для тонкослойной хроматографии использовали предварительно активированные согласно паспорту производителя пластинки silicagel 60 f254 10×10 см. Дитерпены и тритерпены из хвои извлекали согласно [12]. Использовали следующие системы экстрагирования и элюции. Дитерпены:

экстрагирование из хвои метанолом. Проведение ТСХ хроматографической смесью этилацетат: дихлорэтан 4:1. Тритерпены: экстрагирование из хвои смесью бензол:ацетон 3:1 Проведение ТСХ хроматографической смесью толуол: изопропиловый спирт 4:1.

Для обработки полученных результатов использовали стандартные методы вариационной статистики. Основными статистическими характеристиками служили среднее арифметическое, стандартное отклонение. Достоверность различий между сравниваемыми группами оценивали применяя однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) и post-hoc тест Тьюки при $p<0,05$. Статистическую обработку данных проводили в SigmaPlot 15.0.

## Результаты исследований и их обсуждение

Изучению засухоустойчивости хвойных посвящено достаточно много исследований. В частности, установлено, что сосна и ель являются типичными изогидрическими видами, то есть они строго поддерживают свой водный статус при засухе [13]. Известен широкий спектр механизмов сохранения водного гомеостаза при засухе, таких как закрытие устьиц, изменения в архитектуре растений, торможение роста листьев, их раннее старение и опадание, аккумуляция совместимых осмолитов, активация роста тонких корней для повышения способности корневой системы поглощать воду [14]. Изучать указанные физиологические показатели у сосны в естественных условиях произрастания затруднительно. Адекватной модельной системой для изучения механизмов ухода хвойных от засухи являются сеянцы, выращенные в контролируемых условиях [15].

Устойчивость сеянцев к водному дефициту обеспечивается комплексом физиолого-биохимических, анатомических и морфологических особенностей, которые выражаются в формировании устойчивых фенотипов, не демонстрирующих или демонстрирующих в слабой степени признаки потери тургора и увядания.

Нами сделано предположение, что частота формирования устойчивых фенотипов сеянцев сосны, а также соответствующих физиолого-биохимических адаптаций может иметь региональные особенности в зависимости от того, из какого ЛП Беларуси получены семена, из которых затем будут выращены сеянцы. На основании этого, исследования проводились с семенами и сеянцами из всех четырех ЛП страны, отличающихся лесорастительными условиями.

Сравнительный анализ результатов фенотипической устойчивости к водному дефициту в двух сериях экспериментов позволил выявить как внутривидовые различия по устойчивости сеянцев сосны, так и возрастные особенности реакций растений. В первом эксперименте, где моделирование засухи осуществлялось путём прекращения полива, однолетние сеянцы из различных ЛП демонстрировали различную скорость утраты тургора при снижении влажности субстрата. Признаки увядания у 10% растений из каждого ЛП фиксировались уже на 9-е сутки после прекращения полива (рис. 1). Процент весовой влажности грунта к этому моменту составлял 13,5±1,3%. По мере нарастания дефицита доступной почвенной влаги степень реакции сеянцев значительно варьировала в зависимости от их происхождения. Сеянцы из Центрального ЛП (Березинский лесхоз) оказались наименее устойчивыми: к 13-м суткам (влажность грунта 10,9±1,7%) увяло более 60% растений, у сеянцев из Северного подрайона (Бешенковичский лесхоз) – 55%, тогда как у сеянцев из Брестского подрайона (Пружанский лесхоз) этот показатель составлял 46%, а у сеянцев из Гомельского подрайона (Жлобинский лесхоз) – 48%. Таким образом, отмечена тенденция повышения фенотипической устойчивости к водному дефициту у сеянцев из южной части ареала, что может отражать их адаптацию к более тёплым и менее влагообеспеченным условиям роста.

Во втором эксперименте, проведённом на двухлетних сеянцах из Северного и Центрального ЛП, проявления водного дефицита развивались медленнее. Даже при полном прекращении полива на протяжении 15 суток более половины растений из Северного подрайона сохраняли тургор (см. рис. 1, врезка). Только у 14% сеянцев признаки потери тургора появились на 11-е сутки при влажности субстрата 10,5%, и у 38% сеянцев в совокупности – на 15-е сутки (влажность субстрата – 6,8%). Схожие результаты были и для двухлетних сеянцев из Центрального ЛП, однако они демонстрировали меньшую фенотипическую устойчивость. Для более 50% сеянцев признаки увядания и изменения окраски хвои проявлялись через 14 суток с момента прекращения полива. Для сеянцев с признаками потери тургора в обоих случаях содержание сухого вещества хвои увеличивалось до 36,6±2,9% по сравнению с 27,0±2,2% у хвои фенотипически устойчивых сеянцев, что отражает дегидратацию тканей.

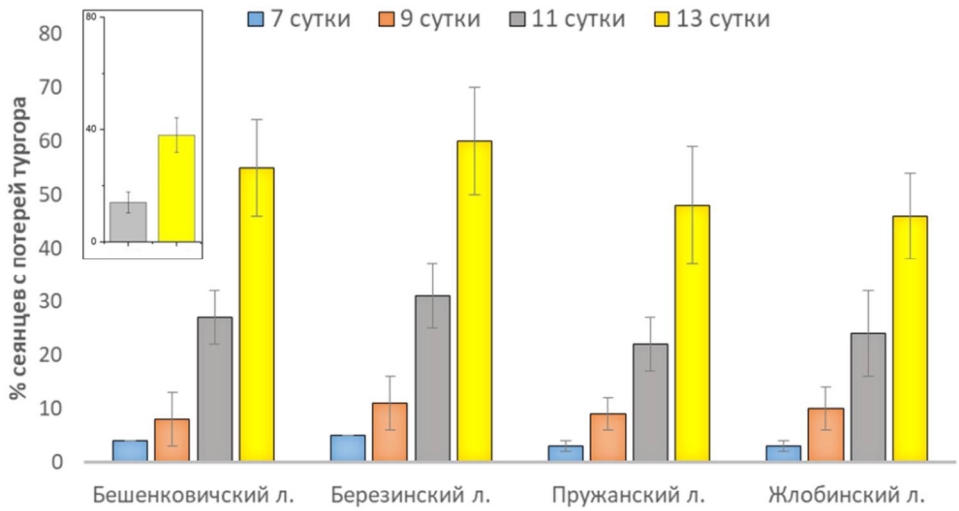



**Рис. 1.** Динамика изменения тургора в хвое однолетних сеянцев сосны обыкновенной из Северного, Центрального, Брестского и Гомельского ЛП соответственно в процессе развития смоделированной засухи. На врезке рисунка представлены результаты для двухлетних сеянцев

**Fig. 1.** Dynamics of turgor changes in the needles of one-year-old Scots pine seedlings from the Northern, Central, Brest, and Gomel forest districts, respectively, during the development of a simulated drought. The inset shows the results for two-year-old seedlings

Таким образом, двухлетние растения, обладая более развитой корневой системой и большей биомассой, демонстрировали более выраженные механизмы удержания воды, что подтверждает возрастание физиологической устойчивости с возрастом.

Сопоставление серий опытов показывает, что между географическими группами сеянцев существуют некоторые различия по устойчивости к водному дефициту, а возраст растений является значимым фактором стабилизации водного баланса.

Чтобы понять, какие биохимические характеристики, связанные с адаптацией к различным типам стрессов у сеянцев сосны, ассоциированы с повышением их устойчивости к водному дефициту, проведена оценка изменения содержания таких стресс-зависимых и стресс-индуцируемых соединений как пролин, глицинбетаин (ГБ) и фермента его метаболизма бетаинальдегиддегидрогеназы (BADH), редокс-пары глутатиона (сульфгидрильной формы GSH и окисленного глутатиона GSSG), ди- и тритерпенов.

Накопление пролина растениями способствует повышению устойчивости к стрессу, поскольку это соединение действует как осмопротектор, молекулярный шаперон и как антиоксидант. При этом особенности содержания пролина в вегетативных органах растений, а также в семенах носят генетически детерминированный характер [16, 17].

В хвое однолетних сеянцев, полученных из питомников Северного, Центрального и Брестского ЛП, содержание пролина в условиях нормальной влагообеспеченности колебалось в диапазоне 10,26–14,7 мкг/ г асм, тогда как у сеянцев из Гомельского ЛП концентрация пролина в хвое минимум в 2 раза выше, чем в любом другом вышеперечисленном варианте (рис. 2*а*). Аналогичным образом, в семенах сосны, полученных из этих же питомников, в первых трех случаях концентрация пролина не различалась существенно, а для семян из Гомельского ЛП была выше не менее чем в 2 раза в сравнении с остальными исследованными вариантами (см. рис. 2*а*). Необходимо отметить, что содержание пролина в семенах сосны существенно выше таковой в хвое проростков.

В условиях смоделированного водного дефицита у однолетних сеянцев содержание пролина в хвое значительно возрастало, однако не зависимо от происхождения оно выше у сеянцев без признаков потери тургора. Для сеянцев из Гомельского ЛП наблюдалось значительно более интенсивное накопление пролина в хвое у увядающих и неувядших растений в сравнении с остальными вариантами, что совпадает с предыдущими результатами измерений. Стоит заметить, что разница в концентрации пролина в хвое сеянцев с разной устойчивостью не была достоверной (см. рис. 2*б*). Концентрация пролина в хвое двухлетних сеянцев, независимо от происхождения, возрастала как в условиях нормального водного обеспечения, так и при моделировании водного дефицита. В хвое двухлетних сеянцев с невыраженными фенотипическим признаками в условиях водного дефицита пролин

накапливался более интенсивно в сравнении с увядающими растениями, однако и здесь можно говорить о тенденциях, поскольку различия не были достоверными (см. рис. 2*в*). Тем не менее, на основании полученных данных можно утверждать, что накопление пролина в хвое одно- и двухлетних сеянцев является фактором адаптации к водному дефициту и его повышенную концентрацию в хвое можно расценивать как биохимический маркер, ассоциированный с повышенной устойчивостью к недостатку влаги в почве.

Одна из основных ролей ГБ состоит в том, что он способствует притоку воды в клетки для поддержания равновесия внутриклеточного осмотического давления и регулирует каскад передачи сигналов [18]. Накопление ГБ в клетках регулируется при помощи NAD-связанной BADH, которая окисляет предварительно синтезированный бетаиновый альдегид до ГБ. Таким образом, фермент играет важную роль в поддержании пула ГБ в растениях и участвует в регуляции внутриклеточного водного гомеостаза [19].

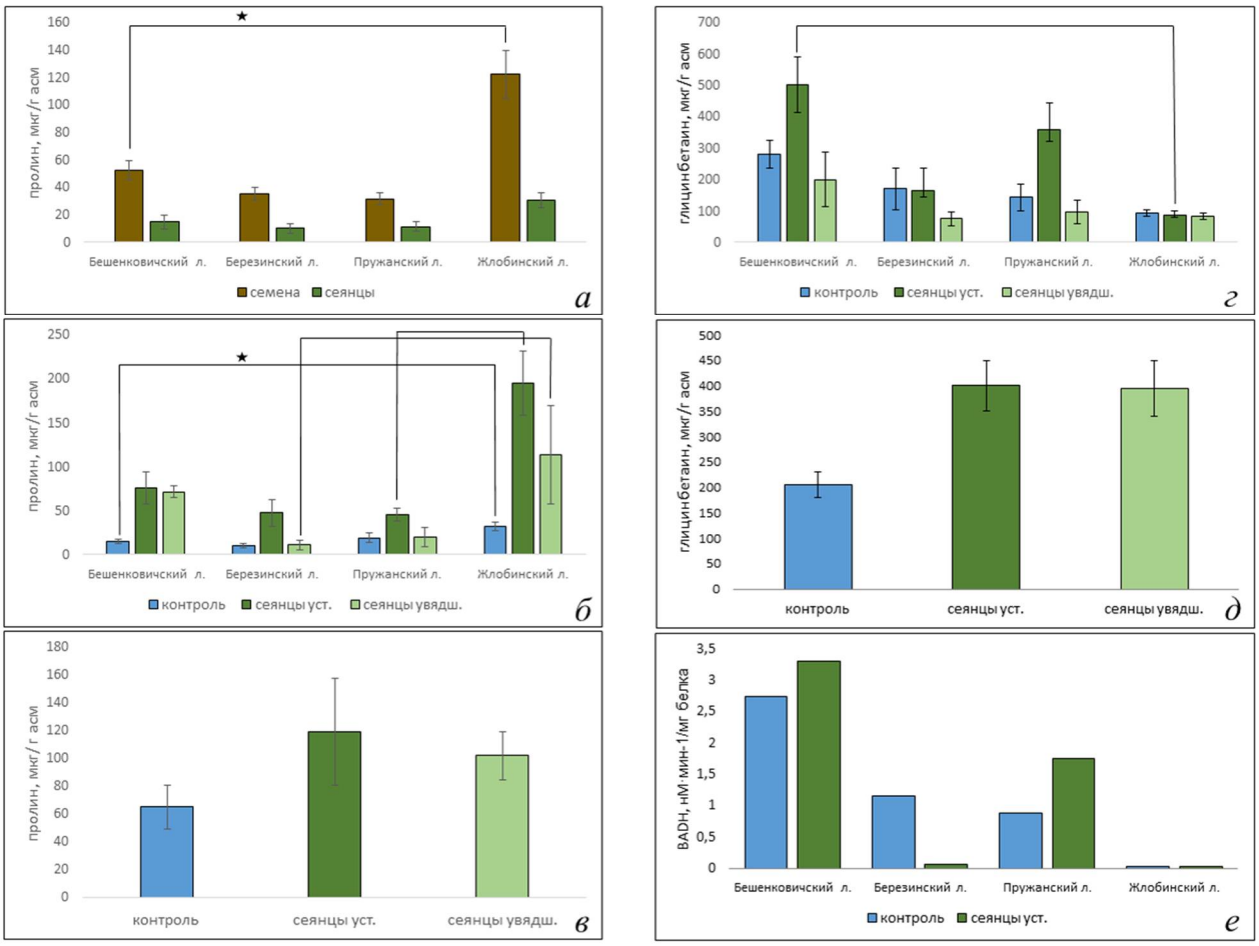



**Рис. 1.** Содержание пролина в семенах и сеянцах сосны обыкновенной из Северного, Центрального, Брестского и Гомельского ЛП соответственно (*а*); пролина и глицинбетаина в хвое однолетних сеянцев с различной фенотипической устойчивостью в процессе развития смоделированной засухи (*б, г*); пролина и глицинбетаина в хвое двухлетних сеянцев с различной фенотипической устойчивостью в процессе развития смоделированной засухи (*в, д*); активность BADH в однолетних сеянцах из Северного, Центрального, Брестского и Гомельского ЛП соответственно (*е*). Группы, достоверно различающиеся при $p<0,05$, соединены между собой.
★ – различия между образцами из Гомельского и всеми остальными ЛП

**Fig. 1.** Proline content in seeds and seedlings of Scots pine from Northern, Central, Brest, and Gomel forest districts, respectively (*a*); proline and glycine betaine in the needles of annual seedlings with different phenotypic resistance during simulated drought (*b, d*); proline and glycine betaine in the needles of two-year-old seedlings with different phenotypic resistance during simulated drought (*c, e*); BADH activity in one-year-old seedlings from the Northern, Central, Brest, and Gomel forest districts, respectively (*f*). Groups that differ significantly at $p<0.05$ are connected.
★ – differences between samples from Gomel and all other forest districts

В хвое однолетних сеянцев сосны из различных ЛП в оптимальных условиях отмечена широкая вариативность по содержанию ГБ – от 92±10 мкг/г асм (Гомельский ЛП) до 280±45 мкг/г асм (Северный ЛП). В условиях водного дефицита у однолетних сеянцев из всех ЛП, за исключением Гомельского, происходило накопление ГБ в хвое в сравнении с контрольными у фенотипически устойчивых растений и, наоборот, снижение концентрации ГБ у увядающих растений (см. рис. 2*г*).

У двухлетних сеянцев наблюдалась несколько иная динамика – при осмотическом стрессе концентрация ГБ в хвое увеличивалась у сеянцев с признаками увядания и без них и не отличалась между этими двумя вариантами, что хорошо видно на примере сеянцев из Бешенковичского лесхоза (Северный ЛП), представленном на рис.2*д*. Таким образом, для двухлетних сеянцев не фиксируется связь между концентрацией ГБ в хвое и фенотипической устойчивостью. Значительная вариативность показателя указывает скорее на то, что ГБ в данном случае выступает как индикатор интенсивности испытываемого стресса.

Учитывая значительный разброс значений в содержании ГБ в хвое однолетних сеянцев из различных ЛП, закономерной представляется и широкая вариативность в активности BADH, находящейся в тесной взаимосвязи с накоплением ГБ как в нормальных условиях, так и при осмотическом стрессе (см. рис. 2*е*).

Редокс-система глутатиона вызывает большой интерес и всесторонне изучается не только у человека и животных, но и растений. Изменение активности этой системы служит критерием отклонения от физиологической нормы при патологических состояниях. Количество глутатиона (GSH) и его редокс-состояния (GSSG) являются показателями устойчивости организма к действию стрессирующих факторов биотической и абиотической природы. При засухе и осмотическом стрессе повышается образование активных форм кислорода и одновременно снижается соотношение GSH/GSSG, что служит маркером развивающегося окислительного стресса. Поддержание высокого соотношения GSH/GSSG важно для защиты белков и клеточных мембран от окислительного повреждения [20, 21].

При исследовании состояния редокс-системы глутатиона у однолетних сеянцев в условиях водного дефицита, заметной является разница более чем в 3 раза в концентрации GSH хвои у сеянцев южных ЛП в сравнении с Центральным и Северным ЛП и практически не различающиеся значения GSSG (исключение – сеянцы из Брестского ЛП) (табл.).

В условиях дефицита воды для всех сеянцев, независимо от их географического происхождения, было характерно значительное возрастание содержания окисленного глутатиона. При этом в сеянцах из Северного ЛП как в контрольных растениях, так и прирост содержания GSSG в опытных растениях был минимальным в сравнении с сеянцами из других исследованных районов, а для сеянцев из Брестского ЛП содержание GSSG было максимальным (см. табл.).

Благодаря тому, что редокс-пара глутатиона является одной из наиболее избыточных в клетке, соотношение GSH и GSSG (GSH/GSSG) считают важным критерием в оценке метаболической активности и глубины стрессового состояния как целого растения, так и компартментов клетки. Довольно часто не абсолютную величину пула глутатиона, а GSH/GSSG рассматривают, как один из самых важных факторов, контролирующих генную экспрессию и белковые функции, а также как важный индикатор редокс-окружения клетки. Согласно сложившемуся мнению, при определении и сравнении устойчивости растений к стрессу, соотношение GSH/GSSG может быть более важным показателем, чем количество GSH [22].

**Таблица.** Содержание GSH и GSSG и их отношение в хвое сеянцев сосны обыкновенной в контроле и при смоделированной засухе. Северный, Центральный, Брестский, Гомельский – ЛП, из семян которых получены сеянцы

**Table.** GSH and GSSG content and their ratio in the needles of Scots pine seedlings in the control and simulated drought conditions. Northern, Central, Brest, Gomel – LP, from whose seeds the seedlings were obtained

| Лесосеменной подрайон | $GSH_{сум.}$ | | $GSSG_{окисл.}$ | | $GSH_{сум.}/ GSSG_{окисл.}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Контроль | Засуха | Контроль | Засуха | Контроль | Засуха |
| **Северный** | 0,94±0,03 | 0,91±0,09** | 0,029±0,007 | 0,15±0,02 | 32,34 | 6,0 |
| **Центральный** | 0,71±0,09 | 2,93±0,36 | 0,036±0,009 | 0,33±0,08 | 19,83 | 8,96 |
| **Гомельский** | 3,44±0,22* | 3,16±0,23 | 0,031±0,009 | 0,25±0,08 | 110,87 | 12,48 |
| **Брестский** | 2,91±0,31* | 4,62±0,29 | 0,45±0,06 | 0,65±0,03 | 6,49 | 7,07 |

* различия достоверны ($p<0,05$) в образцах хвои из Гомельского и Брестского ЛП в сравнении с образцами из Северного и Центрального подрайонов; ** различия достоверны ($p<0,05$) в сравнении с образцами хвои из других ЛП

Как видно из табл., в хвое сеянцев, полученных из семян из южных регионов страны с более экстремальными условиями с точки зрения влагообеспеченности, отношение окисленного глутатиона к общему содержанию глутатиона также меняется либо экстремально выразительно в условиях эксперимента, либо является минимальным, что, при этом, объясняется общим высоким содержанием обоих форм глутатиона в хвое растений. Таким образом, можно сделать предварительное заключение о более высоком адаптивном статусе сеянцев из семян Брестского и Гомельского ЛП в сравнении с Северным и Центральным.

У сеянцев сосны дитерпены и тритерпены играют важную роль в формировании устойчивости, обеспечивая как защиту от фитофагов, так и толерантность к абиотическим стрессам. Отмечается, что в условиях хронической засухи синтез некоторых терпенов может быть увеличен как часть стратегии адаптации к стрессу, однако одновременно отмечается и внутривидовая вариативность в накоплении соединений [23, 24]. В условиях засухи происходит перераспределение терпенового пула: одни соединения накапливаются, усиливая антиоксидантную и мембранопротекторную защиту, концентрация других снижается [24].

При моделировании засухи как у однолетних, так и у двухлетних сеянцев, увядающих и без признаков увядания, наблюдались различия в спектрах и дитерпенов и тритерпенов после разделения их смеси при помощи ТСХ (рис. 3).

В обоих случаях у более устойчивых вариантов фиксировали наличие дитерпена с Rf=0.85. Похожим образом различались и ТСХ-спектры тритерпенов: у более устойчивых растений отмечены соединения с Rf = 0.56. Таким образом, у более устойчивых к водному дефициту сеянцев сосны в хвое могут присутствовать соединения, находящиеся в связи с устойчивостью, что совпадает с результатами других исследований [25]. Выявленные дитерпены и тритерпены мы считаем возможным рассматривать как маркеры устойчивости сеянцев сосны к водному дефициту. Стоит однако заметить, что полученные при помощи ТСХ данные справедливы для конкретных хроматографических условий и приведенные значения Rf получены в случае дитерпенов при их экстрагировании из хвои метанолом и проведения ТСХ на пластинках silicagel 60 хроматографической смесью этилацетат:дихлорэтан 4:1. В случае тритерпенов: экстрагировании из хвои смесью бензол:ацетон 3:1 и проведения ТСХ на пластинках silicagel 60 хроматографической смесью толуол: изопропиловый спирт 4:1.

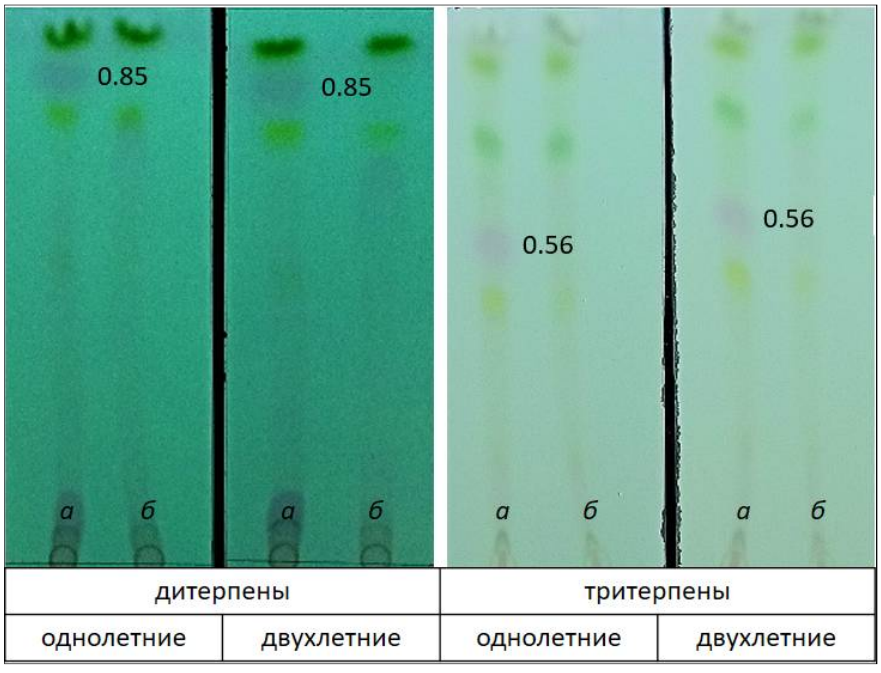



**Рис. 3.** Тонкослойная хроматография в УФ (254 нм) на silicagel 60 f254 дитерпенов и тритерпенов из хвои сеянцев сосны с различной устойчивостью в условиях смоделированной почвенной засухи.
*а* – сеянцы без признаков потери тургора; *б* – сеянцы с признаками потери тургора

**Fig. 3**. Thin-layer chromatography in UV (254 nm) on silica gel 60 f254 of diterpenes and triterpenes from Scots pine seedlings with different resistance under simulated soil drought conditions.
*а* – seedlings without signs of turgor loss; *б* – seedlings with signs of turgor loss

## Заключение

Исследования выявили внутривидовые и возрастные различия в устойчивости сеянцев сосны к засухе. Сеянцы из южных лесосеменных подрайонов демонстрировали более медленное развитие признаков увядания и более высокий уровень осмотической адаптации. Повышенная концентрация пролина и глицинбетаина в хвое сеянцев ассоциирована с устойчивыми фенотипами и может рассматриваться как индикатор активных защитных реакций при водном дефиците. Показано, что высокое соотношение GSH/GSSG характеризует стрессоустойчивые варианты, тогда как рост доли окисленной формы глутатиона отражает развитие окислительного стресса у сеянцев. У более устойчивых растений в хвое определяются специфические дитерпены (Rf = 0.85) и тритерпены (Rf = 0.56). Таким образом, устойчивость сеянцев сосны формируется за счёт согласованного действия осмолитов, редокс-системы и терпенового метаболизма. Биохимическими маркерами повышенной устойчивости сеянцев к водному дефициту могут выступать присутствие в хвое специфических ди- и тритерпенов. Повышение концентрации пролина и глицинбетаина в хвое сеянцев позволяет констатировать нахождение растений в состоянии стресса без формирования внешних признаков стресса.

## Литература

1. Кузнецова, Н. Ф. Адаптивная селекция сосны обыкновенной на засухоустойчивость: природа и сортоиспытание / Н. Ф. Кузнецова // Вестник ПГТУ. Сер.: Лес. Экол. Природопольз. – 2023. – № 1. – С. 58–72.

2. Кузнецова, Н. Ф. Генеративная сфера сосны обыкновенной как индикатор климатически детерминированной смены жизненных состояний популяций / Н. Ф. Кузнецова // Лесовед. – 2023. – № 3. – С. 244-254.

3. Генотипическая изменчивость *Pinus sylvestris* L. по признаку засухоустойчивости / Е. Ю. Аминева, А. П. Гуреев, Т. М. Табацкая [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 15-23.

4. Reactive oxygen gene network of plants / R. Miller, S. Vanderauwera, M. Gollery, F. Breusegem // Trends Plant Sci. – 2004. – Vol. 9. – P. 490–498.

5. Drought Stress Tolerance in Plants: Insights from Transcriptomic Studies / E. A. Kido, J. R. C. Ferreira Neto, V. Pandolfi, A. C. de Melo Souza // Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 2. ; eds. M.A. Hossain [et al.] – Switzerland, 2016. – Ch. 6. – P. 153-185.

6. Szabados, L. Proline: a multifunctional amino acid / L. Szabados, A. Savoure // Trends Plant Sci. – 2010. – Vol. 15, № 2. – P. 89–97.

7. Changes of secondary metabolites in Pinus sylvestris L. needles under increasing soil water deficit / D. Sancho-Knapik, M. A. Sanz, J. J. Peguero-Pina [et al.] // Ann. Forest Sci. – 2017. – Vol. 74. – P. 24. doi: 10.1007/s13595-017-0620-7.

8. Senthilkumar, M. Estimation of Proline Content in Plant Tissues / M. Senthilkumar, N. Amaresan, A. Sankaranarayanan // Plant-Microbe Interactions: Springer Prot. ; eds. M. Senthilkumar – NY, 2021. – Ch. 22. – P. 95–98.

9. Senthilkumar, M. Determination of Glycine Betaine by Periodide Method / M. Senthilkumar, N. Amaresan, A. Sankaranarayanan // Plant-Microbe Interactions: Springer Prot. ; eds. M. Senthilkumar – NY, 2021. – Ch. 23. – P. 99–100.

10. Senthilkumar, M. Estimation of betaine aldehyde dehydrogenase (BADH) activity / M. Senthilkumar, N. Amaresan, A. Sankaranarayanan // Plant-Microbe Interactions: Springer Prot. ; eds. M. Senthilkumar – NY, 2021. – Ch. 24. – P. 101–102.

11. Senthilkumar, M. Determination of Glutathione Activity / M. Senthilkumar, N. Amaresan, A. Sankaranarayanan // Plant-Microbe Interactions: Springer Prot. ; eds. M. Senthilkumar – NY, 2021. – Ch. 27. – P. 109 – 111.

12. Schendzielorz, M. TLC and HPTLC-APCI-MS for the rapid discrimination of plant resins frequently used for lacquers and varnishes by artists and conservators / M. Schendzielorz, T. Schmidt, N. Puchalla // Phytochem. Anal. – 2024. – Vol. 35. – P. 64-76.

13. McDowell, N. G. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality / N. G. McDowell // Plant Physiol. – 2011. – V. 155. – P. 1051–1059.

14. How tree roots respond to drought / I. Brunner, C. Herzog, M. A. Dawes [et al.] // Front. Plant. Sci. – 2015. – Vol. 6. – P. 547. doi: 10.3389/fpls.2015.00547.

15. Effects of zinc on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings grown in hydroculture / Y. V. Ivanov, A. V. Kartashov, A. I. Ivanova [et al.] // Plant Physiol. Bioch. – 2016. – Vol. 102. – P. 1–9. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.02.014.

16. Drought Tolerance in Plants: Molecular Mechanism and Regulation of Signaling Molecules / P. K. Singh, D. Srivastava, M. Tiwari, P. Tiwari // Plant Signaling Molecules ; eds. M. Iqbal R. Khan [et al.] – 2019. – Chap. 6. – P. 105-123.

17. Monitoring expression profiles of Arabidopsis gene expression during rehydration process after dehydration using ca. 7000 full-length cDNA microarray / Y. Oono, M. Seki, T. Nanjo [et al.] // Plant J. – 2003. – Vol. 34. – P. 868-887.

18. Majumder, A. L. Osmolyte regulation in abiotic stress / A. L. Majumder, S. Sengupta, L. Goswami // Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation ; eds. A. Pareek [et al.] – Netherlands, 2010. – Chap. 16. – P. 349–370.

19. Improved tolerance to various abiotic stresses in transgenic sweet potato (Ipomoea batatas) expressing spinach betaine aldehyde dehydrogenase / W. Fan, M. Zhang, H. Zhang, P. Zhang // PLOS ONE – 2012. – Vol. 7. – e37344. doi:10.1371/journal.pone.0037344.

20. Glutathione in plants: biosynthesis and physiological role in stress tolerance / M. Hasanuzzaman, K. Nahar, T. I. Anee, M. Fujita // Physiol. Mol. Biol. Plants. – 2017. – Vol. 23. – P. 249–268.

21. Arabidopsis glutathione reductase1 plays a crucial role in leaf responses to intracellular hydrogen peroxide and in ensuring appropriate gene expression through both salicylic acid and jasmonic acid signaling pathways / A. Mhamdi, J. Hager, S. Chaouch [et al.] // Plant Phys. – 2010. – Vol. 153. – P. 1144–1160.

22. Arrigo, A.P. Gene expression and the thiol redox state / A. P. Arrigo // Free Radic. Biol. and Med. – 1999. – Vol. 27. – P. 936-944.

23. Wu, C. Targeted and untargeted metabolomics reveals deep analysis of drought stress responses in needles and roots of Pinus taeda seedlings / C. Wu, Y. Wang, H. Sun // Front. Plant Sci. – 2022. – Vol. 13. – P. 1031466. doi: 10.3389/fpls.2022.1031466.

24. Evolution of conifer diterpene synthases: diterpene resin acid biosynthesis in lodgepole pine and jack pine involves monofunctional and bifunctional diterpene synthases / D. E. Hall, S. Jancsik, P. Zerbe, A. L. Quesada // Plant Physiol. – 2012. – Vol. 161. – P. 600–616.

25. Climate change effects on secondary compounds of forest trees in the Northern Hemisphere / J. K. Holopainen, V. Virjamo, R. P. Ghimire [et al.] // Front. Plant Sci. – 2018. – Vol. 9. – P. 139-148.

*Поступила в редакцию 04.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Иванов Олег Александрович –*** кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Шевцов Николай Александрович –*** научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Иванов, О. А. Накопление осмолитов и стресс-индуцируемых метаболитов в сеянцах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях водного дефицита / О. А. Иванов, Н. А. Шевцов // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 186–195.

УДК 581.056:502.75$ 58.036.5; 632.11

Е. М. КАБАЧЕВСКАЯ[1], С. М. САВИНА[1], Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ[2], Р. Г. ГОНЧАРИК[1], Ю. В. ПРИЩЕПЧИК[1], Т. Г. КУРЬЯНЧИК[1], Т. А. ГАПЕЕВА[1], А. М. МАЛЕВИЧ[2]

# БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЛИСТЬЕВ МАГНОЛИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ (*MAGNOLIA* SP.) В ОТВЕТ НА ДЕЙСТВИЕ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА И В ПОСТСТРЕССОВЫЙ ПЕРИОД

[1]*Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: kabachevskaya@ibce.by*
[2]*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

**Аннотация.** Изучено влияние низких температур на накопление свободного пролина, растворимых сахаров и малонового диальдегида в клетках листьев пяти видов магнолий (*Magnolia biondii, M. kobus, M. sieboldii, M. grandiflora* и *M.* 'Susan'), различающихся по баллу зимостойкости и произрастающих на территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси в открытом грунте. Обнаружено повышение уровня содержания пролина и растворимых сахаров в клетках листьев большинства исследованных видов после трехсуточного воздействия температуры +4°С. Выявлена сильная отрицательная корреляция между баллом зимостойкости и содержанием пролина в контрольных листьях (до начала воздействия низких температур) и в постстрессовый период (6 ч при комнатной температуре после холодового воздействия), а также средняя отрицательная корреляция с содержанием пролина в листьях, инкубировавшихся при низкой температуре. Содержание малонового диальдегида в листьях при холодовом воздействии снижалось или имело тенденцию к снижению по сравнению с контролем. Все исследованные параметры в постстрессовый период достаточно быстро (6 ч) возвращались к контрольным значениям, что указывает на протекание процессов акклиматизации листьев в изученный период воздействия.

**Ключевые слова:** магнолия, холодовой стресс (низкие положительные температуры), свободный пролин, растворимые сахара, перекисное окисление липидов.

A. M. KABACHEVSKAYA[1], S. M. SAVINA[1], T. V. SHPITALNAYA[2], R. G. GONCHARIK[1], Yu. V. PRISCHEPCHIK[1], T. G. KURYANCHYK[1], T. A. GAPEEVA[1], A. M. MALEVICH[2]

# BIOCHEMICAL REACTIONS OF MAGNOLIA LEAVES OF DIFFERENT SPECIES (*MAGNOLIA* SP.) IN RESPONSE TO COLD STRESS AND POST-STRESS PERIOD

[1]*Institute Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kabachevskaya@ibce.by*
[2]*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**Annotation.** Effects of low temperature on the content of free proline, soluble sugars and malondialdehyde in leaves of five magnolia species (*Magnolia biondii, M. kobus, M. sieboldii, M. grandiflora* и *M.* 'Susan'), differing in freezing tolerance and growing in open ground at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, was studied. An increase in the level of free proline and soluble sugars was found in the leaves of most magnolia species after three days of exposure to +4°C. A strong negative correlation was found between the freezing tolerance score and the proline content in control leaves (before exposure to low temperatures) and under the post-stress period (6 h at room temperature after cold exposure), and an average negative correlation was found between the freezing tolerance score and the proline content in leaves incubated at low temperature. The MDA content in the leaves decreased or tended to decrease under cold exposure compared to the control. All studied parameters under the post-stress period returned to the control values quite quickly (6 h), that indicates the acclimatization processes in the leaves during the study period.

**Key words:** magnolia, cold stress (low temperature stress), proline, soluble sugars, lipid peroxidation.

## ВВЕДЕНИЕ

Значительная доля поступающих в Беларусь растений рода *Magnolia* происходит из стран с более теплым климатом и, как следствие, они часто оказываются не вполне приспособленными к погодно-климатическим условиям Беларуси, прежде всего, к довольно суровым зимним условиям, а также к перепадам температур в осенний и, особенно, в весенний период. Результативность интродукции магнолии и расширение ее культуры в разных регионах Беларуси во многом зависит

от отбора наиболее приспособленных к низким температурам генотипов. В связи с этим, актуальным представляется поиск биомаркеров, ассоциированных с внутренними, врожденными особенностями растений, обеспечивающими их устойчивость к холодовому (низкотемпературному) стрессу. Среди часто используемых критериев устойчивости растений к холодовому стрессу можно назвать накопление низкомолекулярных криопротекторов, таких как растворимые сахара и пролин. Накопление в растительных клетках этих веществ, наряду с некоторыми другими соединениями-осмолитами, играет важную роль в стабилизации и защите белков и мембран от повреждения при замерзании [1]. Ценную информацию о состоянии растительного организма также может принести анализ накопления продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), который оценивается по уровню образования малонового диальдегида (МДА).

Наиболее часто исследования роли указанных групп соединений в ответе растений на холодовой стресс проводятся для сельскохозяйственных, травянистых растений. Исследования древесных культур в данном аспекте менее многочисленны. Повышение уровня содержания свободного пролина принято считать одним из благоприятных маркеров устойчивого ответа на разные виды стресса [2, 3]. В стрессовых условиях он может действовать как хелатор металлов, поглотитель активных форм кислорода и сигнальная молекула. Также пролин может выступать как осмолит, стабилизирующий различные клеточные структуры, в том числе, при пониженных температурах. В литературе сообщается об увеличении содержания пролина при холодовой адаптации у растений земляники, сои, пшеницы и др. [4]. Однако зарегистрированы и противоположные эффекты [3]. Характер накопления пролина, индуцированного стрессом, различается между видами растений и у разных экземпляров одного вида, а также зависит от степени стресса [5].

Расщепление крахмала до растворимых сахаров жизненно важно для реакции растений на холодовой стресс, так как образующиеся сахара обеспечивают осмозащиту клеток [6]. Для растений *Lavandula angustifolia* продемонстрировано, что при понижении температуры с +30°C до 0°C активность амилазы и содержание мальтозы и глюкозы в их тканях повышались, в то время как содержание крахмала снижалось [7]. Сравнительный анализ ответов на холодовой стресс устойчивого и неустойчивого к холоду видов дуба (*Quercus wutaishanica* и *Q. acutissima* соответственно) показал, что в тканях молодых побегов более устойчивого вида накапливается больше растворимых сахаров после кратковременных заморозков [8]. Метаболомный анализ листьев этих видов после их инкубации в течение 24 ч при +4°C показал повышение уровня содержания различных моно- и олигосахаридов. У устойчивого вида *Q. wutaishanica* одним из наиболее сильно накапливавшихся метаболитов в таких условиях была манноза. Холодоустойчивый сорт яблони *Malus pumila* при холодовом стрессе имел лучшую способность к осмотической адаптации за счет повышения метаболизма сахаров, чем чувствительный к холоду сорт [9].

МДА является основным цитотоксическим продуктом ПОЛ, и изменения его содержания отражают степень окисления липидов мембран окислителями. Оценка изменений данного показателя часто используется при анализе влияния самых разнообразных стрессовых факторов на растения. Например, показано, что в листьях чая при холодовом стрессе увеличивается содержание МДА, пролина, растворимых белков и сахаров [10]. Содержание МДА увеличивалось параллельно с температурой, что указывало на то, что низкие температуры вызывали усиление ПОЛ клеточных мембран растений чая. Степень усиления перекисного окисления мембранных липидов прямо пропорциональна интенсивности холодового стресса. Содержание МДА в обеих группах при температуре 4°C и 1°C возрастало с увеличением продолжительности стресса, что указывает на то, что растения не могли смягчить стресс, используя собственную физиологическую регуляцию.

Устойчивость магнолий к действию низких температур до сих пор мало изучена. Имеются лишь единичные исследования в этой области. Например, проведено изучение методами РНК-секвенирования характера экспрессии генов *Magnolia denudata*, которая проявляет достаточно высокий уровень зимостойкости в условиях Северного Китая, и малоустойчивой *Magnolia wufengensis*, выявлены некоторые унигены, экспрессия которых ассоциируется с низкотемпературным стрессом [11, 12]. В работе [13] проведен сравнительный анализ физиологических и биохимических процессов, происходящих у *M. denudata* и *M. wufengensis* во время естественной акклиматизации к холоду и деакклимации.

Целью данной работы стал сравнительный анализ метаболических изменений, ассоциированных с накоплением пролина, растворимых сахаров, а также процессов ПОЛ, в листьях видов (сортов) магнолии, представленных в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси (далее ЦБС) при действии низких положительных температур, а также в постстрессовый период.

## ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовали листья растений различных таксонов рода *Magnolia* L., культивирующихся в дендрарии и ландшафтных экспозициях ЦБС, в том числе, виды *Magnolia biondii* Pampan, *M. kobus* DC., *M. sieboldii* K. Koch, *M. grandiflora* L. и гибридный вид *M.* 'Susan' (*M. liliiflora* 'Nigra' и *M. stellata* 'Rosea'), различающиеся по зимостойкости (табл. 1). Сведения о зимостойкости видов магнолии рассчитаны по 5-балльной шкале на основании многолетних наблюдений за растениями, произрастающими на территории ЦБС. Для расчета использована визуальная оценка степени промерзания побегов [14]. Чем ниже балл в данной системе расчета, тем выше считается устойчивость растения.

**Таблица 1**. Зимостойкость некоторых видов и сортов магнолий согласно шкале визуальной оценки состояния растений по внешним признакам [15]

**Table 1.** Winter hardiness of some species and varieties of magnolias according to the scale of visual assessment of plant condition based on external signs [15]

| Название вида/сорта | Зимостойкость, балл |
|---|---|
| *Magnolia* 'Susan' | I |
| *M. kobus* var. *borealis* | I |
| *M. sieboldii* | II |
| *M. biondii* | II |
| *M. grandiflora* | V |

*Низкотемпературный стресс* моделировали в лабораторных условиях. Для этого с исследуемых экземпляров магнолий срезали (в августе 2025 г при температуре +25±1°C) листья (из среднего яруса растения, второй-третий лист по счету от верхушки побега), помещали черенком в стеклянные стаканы, содержащие 50 мл водопроводной воды. Далее стаканы с листьями помещали в холодильную камеру при +4°C на 72 ч, после чего образцы доставали из камеры и оставляли при температуре +24±2ºC в течение 6 ч (*постстрессовый период*). В качестве контроля использовали листья магнолий, не подвергавшиеся стрессовому воздействию.

*Содержание пролина в листьях магнолии* определяли по методу [16] с некоторыми модификациями. Для этого навеску листьев (0,2 г) фиксировали жидким азотом, затем растирали в 1,5 мл 1% сульфосалициловой кислоты. Гомогенат центрифугировали в течение 10 мин при 14 000 g. К супернатанту (0,5 мл) добавляли равные объемы ледяной уксусной кислоты и кислого нингидринового реагента (0,25 г нингидрина в 10 мл раствора, содержащего ледяную уксусную кислоту, дистиллированную воду и 85% ортофосфорную кислоту в соотношении 6:3:1). Пробы инкубировали в течение 1 ч при 96°C. Реакцию с нингидрином останавливали, помещая полученные образцы в лед. Для экстракции хромофора к образцам добавляли 1 мл толуола и интенсивно перемешивали на вортексе в течение 1 мин. После разделения фаз проводили фотометрию верхней толуоловой фазы полученных образцов против чистого толуола. От оптической плотности раствора при 520 нм переходили к содержанию пролина, используя калибровочную кривую, построенную для серии разведений чистого пролина.

*Общее содержание растворимых сахаров и содержание редуцирующих сахаров* в листьях измеряли по методу Ермакова и др. [17], с некоторыми модификациями. Метод основан на изменении окраски раствора глицерата меди при его кипячении с вытяжками сахаров. Навеску листьев (0,5 г) измельчали ножницами, гомогенизировали в нагретой ступке с 2,5 мл дистиллированной воды, предварительно нагретой до 70–80°C, затем добавляли еще 2,5 мл дистиллированной воды и растирали до полной гомогенности. Гомогенат центрифугировали в течение 5 мин при 10 000 g, супернатант переносили в чистую пробирку, добавляли 4% раствор фосфорно-вольфрамовой кислоты из расчета 0,2 мл раствора на 1 мл супернатанта, центрифугировали 5 мин при 10 000 g. Для определения общего содержания сахаров к 0,5 мл полученного супернатанта добавляли 0,5 мл 1% HCl, инкубировали в течение 15 мин на кипящей водяной бане. После этого добавляли 4 мл глицерата меди, инкубировали еще 6 мин на кипящей водяной бане. Оставляли экстракты на ночь при температуре +4°C. Измеряли оптическую плотность при 630 нм. Для определения содержания восстанавливающих сахаров к 0,5 мл супернатанта добавляли 4 мл глицерата меди, инкубировали 6 мин на кипящей водяной бане, оставляли на ночь при температуре +4°C и на другой день измеряли оптическую плотность при 630 нм. Расчет количества сахаров в листьях магнолий определяли с помощью калибровочной кривой, построенной по растворам глюкозы. Количество сахаров в процентах (n) вычисляли по формуле:

$$n = (a \cdot b)/m \cdot 100, \quad (1)$$

где a – концентрация сахаров, вычисленная по калибровочной кривой, мг/мл; b – объем гомогената, полученного из навески, мл; m – масса навески, мг.

*Оценку процессов ПОЛ* проводили с использованием анализа накопления продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК) [18] с модификациями [19]. Навеску листьев (0,1 г) измельчали ножницами, гомогенизировали либо в 2 мл раствора 0,25% ТБК в 10% трихлоруксусной кислоте (ТХУ), либо в 2 мл 10% ТХУ без ТБК. Гомогенаты помещались в термошейкер и инкубировались при 95°С 20 мин, затем быстро охлаждались в холодовых штативах и центрифугировались 10 мин при 7 000 g. Далее оптическую плотность полученных экстрактов измеряли при 440, 532 и 600 нм. Используемая методика основана на уточнении стандартного анализа МДА [19]. Измерение МДА заключается в регистрации оптической плотности при 532 нм. Однако многие растения при определенных условиях роста содержат другие соединения, которые также поглощают при длине волны 532 нм, что приводит к завышению значений МДА. Одна из возможных поправок на такие интерферирующие вещества – дополнительное измерение поглощения раствора при 600–660 нм, вычисление разницы между $Abs_{532}$ и $Abs_{600}$ и расчет содержания МДА с учетом коэффициента молярной экстинкции 155000. Также существует модификация метода, которая позволяет корректировать результат с учетом возможного интерферирующего действия сахаров. Для этого измеряется поглощение экстрактов при 440 нм и в формулу расчета вводится соотношение молярной экстинкции поглощения сахарозы при 440 и 532 нм. Наконец, еще один коэффициент корректировки может уточнить результаты путем измерения поглощения экстракта, полученного в гомогенизирующей смеси без ТБК. Данный метод обеспечивает улучшенную оценку эндогенного МДА в образцах растений, содержащих сахара, антоцианы и т.п. [20].

Таким образом, расчет содержания МДА проводили в соответствии с рекомендациями работы [19]:

$$[((Abs_{532+ТБК})-(Abs_{600+ТБК})) - ((Abs_{532-ТБК}) - (Abs_{600-\ ТБК}))] = A, \quad (2)$$

$$[(Abs_{440+ТБК} - Abs_{600+ТБК})\cdot 0{,}0571] = B, \quad (3)$$

$$МДА\ (нмоль/мл) = ((A-B)/155000)\cdot 10^6, \quad (4)$$

где $Abs_{532+ТБК}$, $Abs_{600+ТБК}$, $Abs_{440+ТБК}$ – поглощение экстрактов при 532, 600, 440 нм в экстрагирующем растворе, содержащем ТБК,

$Abs_{532-ТБК}$, $Abs_{600-ТБК}$, $Abs_{440-ТБК}$ – поглощение экстрактов при 532, 600, 440 нм в экстрагирующем растворе без ТБК,

155000 – коэффициент экстинкции для МДА,

0,0517 – соотношение молярного поглощения сахарозы при 532 и 440 нм.

Представленные в работе значения содержания МДА рассчитаны по формулам (2)-(4) с учетом проведенных разведений и выражены в нмоль/г сырой массы.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали стандартные пакеты программ «Excel 2010», «Sigma Plot 10.0», «Statistica 8.0». Приведены средние значения из 3-х независимых экспериментов и их стандартные ошибки. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе исследовано 5 видов магнолий (*Magnolia biondii*, *M. kobus*, *M. sieboldii*, *M. grandiflora*, *M.* ‘Susan’), различающихся по зимостойкости. Согласно работе [15], зимостойкость является важным показателем при оценке перспективности интродукции древесных растений в регионы с умеренным климатом. Баллы, указанные в табл. 1, характеризуют следующие свойства растений: I – наиболее зимостойкие виды, не имеющие повреждений побегов в зимний период; II – обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов; III – обмерзает 50–100 % длины однолетних побегов; IV – обмерзают более старые части побегов; V – обмерзает крона до уровня снегового покрова; VI – обмерзает вся надземная часть; VII – растения вымерзают целиком. Согласно табл. 1, к наиболее зимостойким видам магнолий из исследуемых образцов относится *M. kobus* и *M.* ‘Susan’, имеющие балл I, а наименее – *M. grandiflora* с баллом V.

Анализ содержания свободного пролина в листьях исследуемых видов магнолий показал, что в отсутствии стрессового воздействия наибольшим уровнем пролина характеризовались листья *Magnolia* ‘Susan’ (20,0±0,8 мкг/г сырой массы) и *M. kobus* (17,4±1,0 мкг/г сырой массы), обладающие баллом зимостойкости I (рис. 1). При этом в экстрактах листьев *M. sieboldii*, *M. grandiflora*, *M. biondii* не зафиксировано типичных для пролина максимумов поглощения при 520 нм, а лишь небольшое плечо, что свидетельствует о следовых количествах пролина в данных вариантах.

В условиях низкотемпературного стресса (+4ºС, 72 ч) содержание пролина в листьях *Magnolia* ‘Susan’, *M. kobus*, *M. biondii* и *M. grandiflora* возрастало в 1,8; 1,4; 1,4 и 1,6 раза по сравнению с контролем соответственно (см. рис. 1). Достоверных изменений в содержании пролина у *M. sieboldii* не зафиксировано. Наибольшим уровнем пролина (35,4±1,6 мкг/г сырой массы) харак-

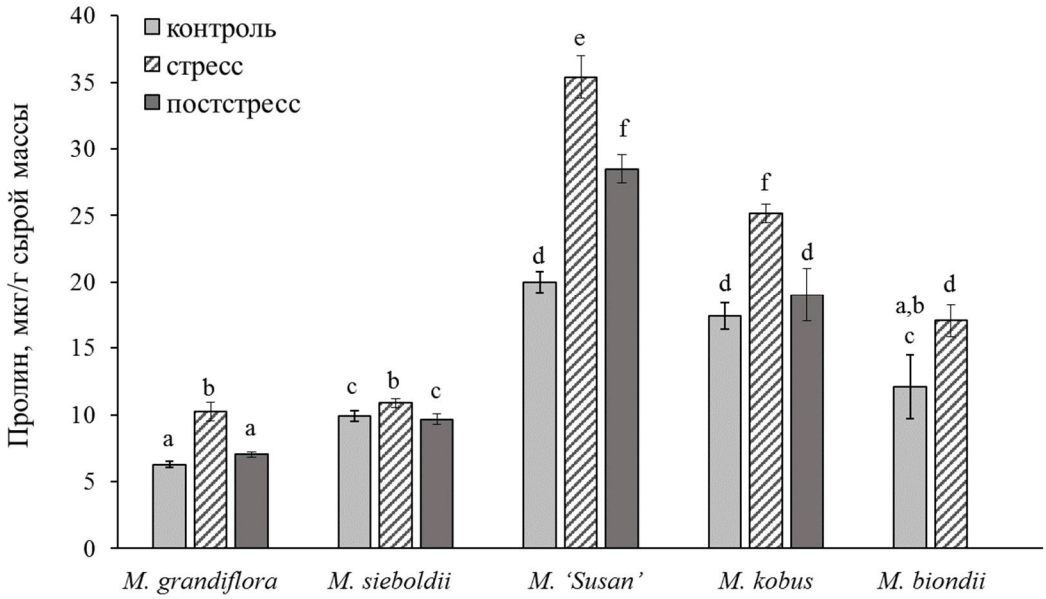
теризовались листья *M.* ‘Susan’, обладающие максимальным баллом зимостойкости I. Содержание пролина в *M. kobus* (также с баллом зимостойкости I) составило 25,2±0,7 мкг/г сырой массы. Уровень пролина в листьях *M. grandiflora*, характеризующихся баллом зимостойкости V, составил 10,2±0,7 мкг/г сырой массы, что ниже по сравнению с данным показателем у *M.* ‘Susan’ в 3,5 раза. Содержание пролина в *M. biondii* при холодовом воздействии занимало промежуточное значение между *M. kobus* и *M. sieboldii*.

В постстрессовый период уровень пролина в листьях *Magnolia kobus* и *M. grandiflora* снижался практически до исходных значений, а в листьях *M.* ‘Susan’ – на 24±5% относительно значений, зарегистрированных при +4ºС (см. рис. 1). При этом, как и в условиях стресса, содержание пролина выше в листьях магнолий, характеризующихся баллом зимостойкости I (*M.* ‘Susan’ и *M. kobus*).

Корреляционный анализ по Пирсону показал, что существует достаточно высокая отрицательная корреляция между содержанием пролина в листьях и баллами зимостойкости магнолий как в контроле (r=-0,80), так и в условиях стресса (r=-0,69), и в постстрессовый период (r=-0,71), что свидетельствует о важной роли пролина в формировании устойчивости магнолий к низким температурам. Кроме того, можно предположить, что содержание свободного пролина в листьях различных видов магнолии можно использовать в качестве биохимического маркера в защитных реакциях растений в ответ на низкие температуры.

Одним из механизмов адаптации растений к холодовому стрессу является накопление совместимых осмолитов, среди которых особая роль принадлежит растворимым углеводам [21]. На растениях *Magnolia denudata* и *M. wufengensis* показано, что в побегах магнолий в осенне-зимний период значительно повышается содержание глюкозы и фруктозы [21]. При этом, как и в случае с пролином, уровень глюкозы и фруктозы в побегах данных видов магнолий коррелировал с показателем $LT_{50}$, отражающим повреждение растений при отрицательных температурах, что дает основание предполагать о значительной роли растворимых сахаров в морозоустойчивости магнолий [12, 21].

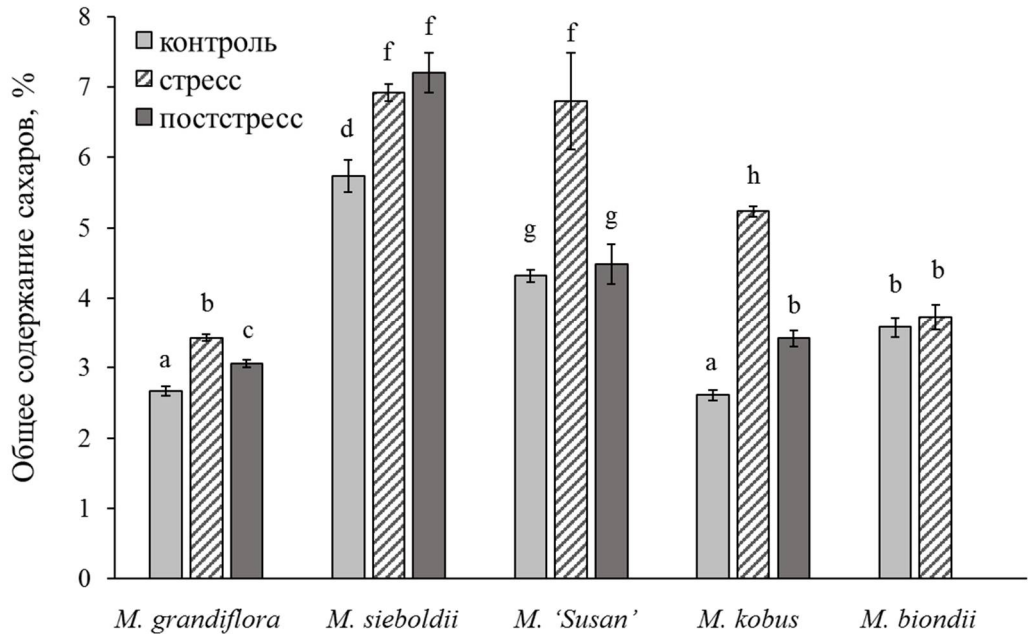
На рис. 2 и 3 представлены результаты определения содержания общих и восстанавливающих углеводов в 5 исследуемых видах магнолий. В контрольных образцах наибольшим общим содержанием растворимых сахаров характеризовались листья *Magnolia sieboldii,* наименьшим – листьях *M. kobus* и *M. grandiflora. M.* ‘Susan’ и *M. biondii* занимали промежуточное положение. Инкубация листьев при +4ºС, 72 ч вызвала повышение общего содержания сахаров во всех исследованных видах магнолии. Однако у *M. biondii* данный параметр проявлял лишь тенденцию к не-




Контроль – до начала действия низких температур, стресс – +4ºС, 72 ч, постстресс – +25ºС, через 6 ч после прекращения действия низких температур

**Рис. 1.** Содержание пролина в листьях магнолий в условиях низкотемпературного стресса и в постстрессовый период. Разные буквы латинского алфавита (a, b, c, d, e, f) свидетельствуют о наличии достоверной разницы между вариантами при p≤0,05

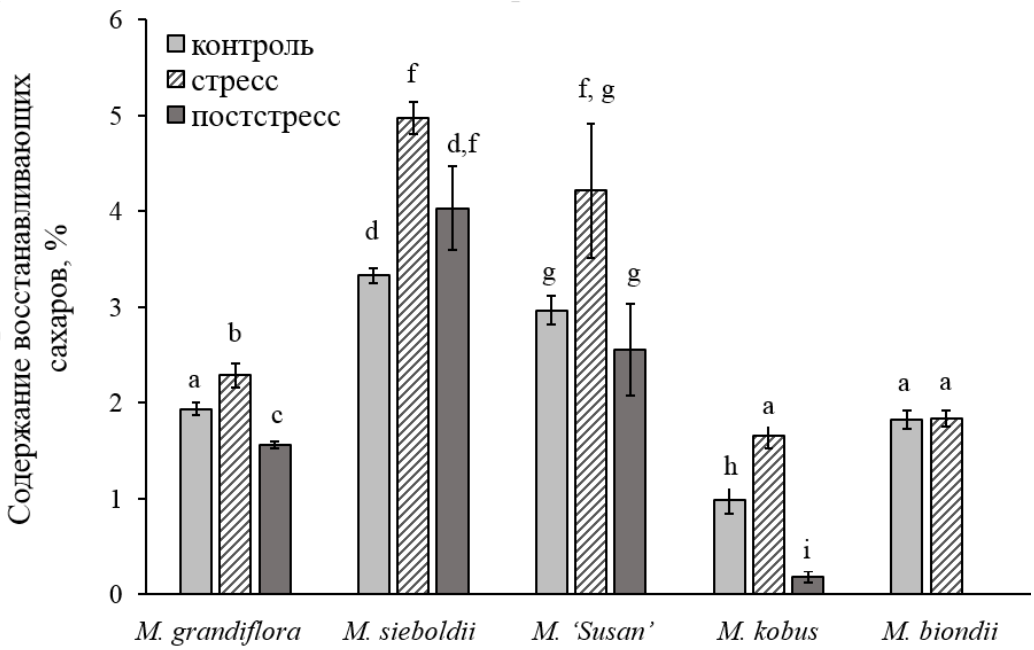
**Fig. 1.** Proline content in magnolia leaves under low temperature stress and post-stress period. Different letters of the Latin alphabet (a, b, c, d, e, f) indicate a significant difference between the variants p≤0.05




Контроль – до начала действия стрессового фактора, стресс – +4ºС, 72 ч,
Постстресс– +25ºС, через 6 ч после прекращения действия стрессового фактора

**Рис. 2.** Общее содержание сахаров в листьях магнолий в условиях низкотемпературного стресса и в постстрессовый период. Разные буквы латинского алфавита (a, b, c, d, f, g) свидетельствуют о наличии достоверной разницы между вариантами p≤0,05

**Fig. 2.** Total sugar content in magnolia leaves under low temperature stress and post-stress period. Different letters of the Latin alphabet (a, b, c, d, f, g) indicate a significant difference between the variants p≤0.05




Контроль – до начала действия стрессового фактора, стресс – +4ºС, 72 ч,
Постстресс – +25ºС, через 6 ч после прекращения действия стрессового фактора

**Рис. 3**. Содержание восстанавливающих сахаров в листьях магнолий в условиях низкотемпературного стресса и в постстрессовый период. Разные буквы латинского алфавита (a, b, c, d, f, g) свидетельствуют о наличии достоверной разницы между вариантами p≤0,05

**Fig. 3.** Content of reducing sugars in magnolia leaves under low temperature stress and in the post-stress period. Different letters of the Latin alphabet (a, b, c, d, f, g) indicate a significant difference between the variants p≤0.05

большому увеличению по сравнению с контролем. Максимальное повышение уровня содержания сахаров выявлено в листьях более зимостойких *M.* 'Susan' и *M. kobus* – на 57% и 100% по сравнению с контролем соответственно. У *M. sieboldii* рост составил около 20%, у *M grandiflora* – 28%. Таким образом, если в контрольных образцах связи между баллом зимостойкости и накоплением растворимых сахаров в листьях изученных видов не наблюдалось, то при действии низких температур самое интенсивное накопление сахаров характерно для наиболее устойчивых к холоду видов. Уже через 6 ч после возвращения листьев в условия комнатной температуры содержание сахаров снижалось до контрольных значений у всех видов, кроме *M. sieboldii,* в листьях которой уровень содержания сахаров не изменился по сравнению с холодовым периодом.

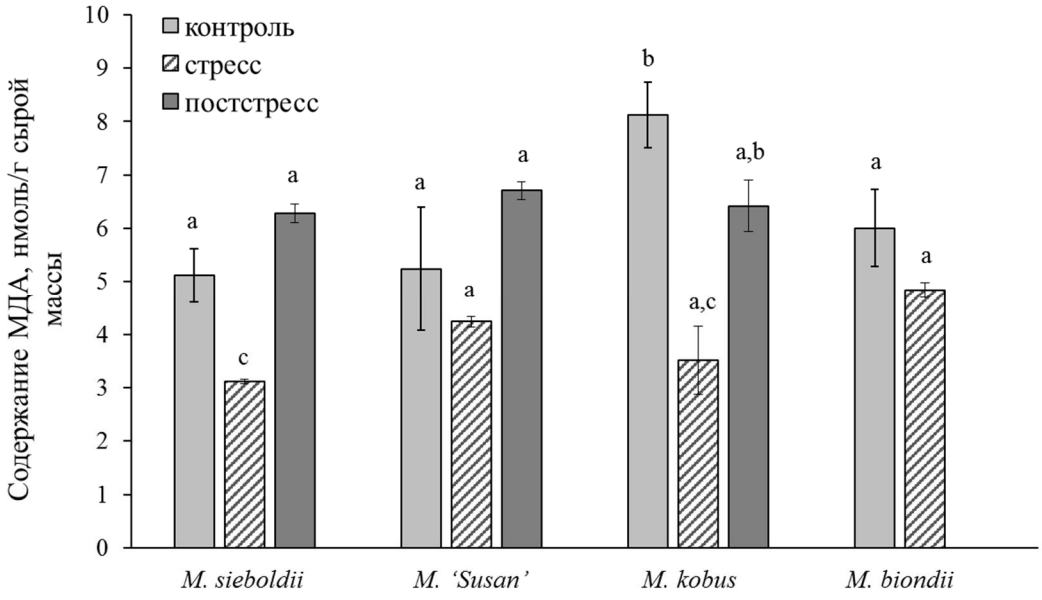
Изменения содержания доли редуцирующих сахаров носило в целом сходный характер (см. рис. 3), хотя имелись и определенные отличия. В контрольных растениях минимальный уровень восстанавливающих сахаров свойственен *Magnolia kobus*, максимальный – *M. sieboldii*. Воздействие низких температур не повлияло на данную фракцию сахаров у *M. biondii*. Наибольший рост наблюдался у *M. kobus* (около 68%). В отличие от общего содержания сахаров, у *M. sieboldii* показано большее увеличение (около 49%) содержания редуцирующих сахаров, даже превышающее таковое у *M.* 'Susan', у которой хотя и выявлено их повышение, но оно было недостоверным относительно собственного контроля из-за различий между индивидуальными растениями, так что для *M.* 'Susan' можно скорее говорить о тенденции к росту редуцирующих сахаров в исследованный период. Через 6 ч после возвращения листьев в условия комнатной температуры содержание редуцирующих сахаров снижалось. С учетом того, что общее содержание растворимых сахаров в ответ на охлаждение увеличивалось сильнее, чем содержание восстанавливающих сахаров, особенно у видов с большей зимостойкостью, можно предполагать, что больший вклад в зимостойкость магнолий вносят нередуцирующие сахара. Среди нередуцирующих сахаров, для которых показана важная роль в формировании устойчивости к низкотемпературному стрессу, можно упомянуть олигосахариды семейств раффинозы и фруктозы, для которых показана способность повышать стабильность фосфолипидных моно- и бислоев путем прямого встраивания между полярными головками; сахароза может напрямую защищать клеточные мембраны, взаимодействуя с фосфатом в их липидных головках, уменьшая проницаемость мембран [22]. Сравнительный анализ влияния низких температур на реакции двух генотипов (устойчивого и неустойчивого к холодовому стрессу) *Dichondra repens* показал, что в более устойчивом генотипе усиливалось накопление сахарозы, тогда как неустойчивый генотип усиливал метаболизм фруктозы и глюкозы для, как полагают авторы, энергообеспечения [23]. Исследования сезонной динамики накопления сахаров в побегах *M. denudata* и *M. wufengensis* в погодно-климатических условиях Пекина показали увеличение содержания раффинозы у *M. denudata* при ранней акклиматизации к холоду и у *M. wufengensis* на протяжении всей холодовой акклиматизации. Также обнаружена значительная корреляция между содержанием раффинозы и выживаемостью у *M wufengensis*, но не у *M. denudata*. Для обоих этих видов также зафиксировано повышение накопления фруктозы и глюкозы. Результаты исследований позволяют предположить, что влияние раффинозы и других сахаров на устойчивость к низким температурам может зависеть от вида.

Важным показателем стрессового состояния растительной клетки является интенсивность процессов ПОЛ. Результаты анализа накопления МДА в листьях изученных видов магнолий представлены на рис. 4.

Полученные данные показали, что в контрольных образцах (до начала воздействия низких температур) наибольшее содержание МДА характерно для *Magnolia kobus*, наименьшее – для *M. siboldii* и *M.* 'Susan'. В целом, отличия между видами по данному параметру незначительны. Неожиданным оказалось то, что после низкотемпературного воздействия уровень МДА достоверно снижался у *M. siboldii* и *M. kobus* и проявлял тенденцию к снижению у *M. biondii* и *M.* 'Susan'. В постстрессовый период МДА вновь повысился до значений, близких к контрольным. Полученные данные, вероятно, свидетельствуют о том, что в условиях 3-суточного действия температуры +4ºС листья протестированных растений находятся скорее не в состоянии стресса, а в состоянии акклиматизации к холоду. Интересно, что сравнительный анализ реакций на действие низких температур трех представителей чувствительного к данному фактору растений рода *Paphiopedilum* показал, что содержание МДА при охлаждении снизилось у *P. armeniacum* и *P. dianthum*, но значительно увеличилось у *P. purpuratum* [24]. Содержание пролина выше в *P. armeniacum*, чем в *P. dianthum* и *P. purpuratum*, и значительно увеличилось после обработки холодом. Содержание растворимых сахаров снизилось в *P. purpuratum*, но увеличилось у других видов. Ав-

торы данной статьи указывают, что *P. purpuratum* наименее устойчивый, а *P. armeniacum* – наиболее устойчивый к холоду среди трех видов *Paphiopedilum*. Имеется информация также о том, что содержание МДА при действии низких температур (2°С) выше у неакклиматизированного сорта нута, чем у акклиматизированного, у которого, наоборот, наблюдали более высокий уровень накопления пролина [25].

Снижение уровня МДА может быть вызвано активацией антиоксидантной системы клеток листьев. Подобные результаты получены при исследовании влияния низких температур на саженцы чая *Camellia sinensis* (L.) [10]. Для листьев чая показано, что при холодовом стрессе пик активности антиоксидантных ферментов наблюдался в них на третий день действия температуры +1°С, что указывает на то, что чай может повысить устойчивость к холодовому стрессу за счет увеличения активности антиоксидантных ферментов [10]. Однако авторы отметили, что при дальнейшем культивировании при +1°С толерантность растений была превышена, способность противостоять холодовому стрессу исчезла, а активность антиоксидантных ферментов снизилась. Возможно, в нашем случае, трехдневный период обработки также находится в пределах толерантности изучаемых растений и разница между ними по исследованным параметрам проявится при более длительном воздействии. Несмотря на то, что процессы ПОЛ снижены у всех опытных образцов при холодовом воздействии, можно ожидать, что долговременная устойчивость сохранится у тех видов, у которых содержание осмолитов пролина и сахаров выше на фоне действия низких температур.




Контроль – до начала действия стрессового фактора, стресс – +4ºС, 72 ч,
Постстресс– +25ºС, через 6 ч после прекращения действия стрессового фактора

**Рис. 4.** Содержание ТБК-продуктов (МДА) в листьях магнолий в условиях низкотемпературного стресса и в постстрессовый период. Разные буквы латинского алфавита (a, b, c, d, e, f) свидетельствуют о наличии достоверной разницы между вариантами при $p \leq 0{,}05$

**Fig. 4.** Content of TBA products (MDA) in magnolia leaves under low temperature stress and in the post-stress period. Different letters of the Latin alphabet (a, b, c, d, e, f) indicate a significant difference between the variants $p \leq 0.05$

## Заключение

Проведенное исследование показало заметное увеличение содержания пролина и растворимых сахаров в листьях большинства исследованных видов магнолий после их инкубации при +4°С в течение 72 ч. Наиболее сильное увеличение содержания пролина и сахаров свойственно для видов, характеризующихся повышенной зимостойкостью, которая предварительно определена на основании визуальной шкалы оценки вымерзания побегов. После 3-дневного холодового воздействия листья достаточно быстро (в течение 6 ч) восстанавливали все изучаемые параметры до контрольных значений. Уровень МДА при действии низких температур в исследованный

период времени не повышался, а даже снижался для некоторых видов, что указывает на наличие достаточно толерантного ответа у всех изученных видов. Это, по всей видимости, связано с тем, что исследованные растения *Magnolia* 'Susan', *M. kobus, M. siboldii* и *M. biondii* являются взрослыми экземплярами, которые в течение нескольких лет растут в условиях открытого грунта, в том числе в осенне-зимний и весенний период; т.е. они уже прошли определенную акклиматизацию к холоду и способны переносить кратковременный холодовой стресс без существенных нарушений жизнедеятельности. Между тем, для видов растений с более высоким баллом зимостойкости (*M.* 'Susan' и *M. kobus*) выявлена способность к большему накоплению в тканях листьев пролина и растворимых сахаров, что положительно сказывается на их долговременной устойчивости.

## Литература


1. Transcript and metabolite profiling during cold acclimation of Arabidopsis reveals an intricate relationship of cold-regulated gene expression with modifications in metabolite content / F. Kaplan, J. Kopka, D. Y. Sung [et al.] // The Plant Journal. – 2007. – Vol. 50. – P. 967–981. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2007.03100.x.
2. Proline Tagging for Stress Tolerance in Plants / N. U. Mushtaq, S. Saleem, A. Rasool [et al.] // International Journal of Genomics. – 2025. – Vol. 2025. – Art. 9348557. DOI: 10.1155/ijog/9348557.
3. Колупаев, Ю. Е. Пролин: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях / Ю. Е. Колупаев, А. А. Вайнер, Т. О. Ястреб // Вестник Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. Серия: Биология. – 2014. – Т. 2. – С. 6– 22.
4. Luo, Y. Prodaction of reactive oxygen species and antioxidant metabolism about. strawberry leaves to low temperatures / Y. Luo, H. Tang, Y. Zhang // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2011. – Vol. 3. – P. 89–96.
5. Role of proline under changing environments: a review / S. Hayat, Q. Hayat, M. N. Alyemeni [et al.] // Plant Signaling and Behavior. – 2012. – Vol. 7. – P. 1456–1466. DOI: 10.4161/psb.21949.
6. Dong, S. Dynamic changes in the starch-sugar interconversion within plant source and sink tissues promote a better abiotic stress response / S. Dong, D. M. Beckles // Journal of Plant Physiology. – 2019. – Vol. 234-235. – P. 80–93. DOI: 10.1016/j.jplph.2019.01.007.
7. Investigation of the physiological and molecular regulatory mechanism of soluble sugar metabolism in *Lavandula angustifolia* Mill. under cold stress / Y. Liang, Y. Liu, Y. Wang [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2025. – Vol. 16. – Art. 1537516. DOI: 10.3389/fpls.2025.1537516.
8. Lipid and Amino Acid Pathway Metabolites Contribute to Cold Tolerance in *Quercus wutaishanica* / Q. Li, Y. Xu, Y.Q. Liu, L. Qin // Metabolites. – 2023. – Vol. 13. – Art. 1094. DOI: 10.3390/metabo13101094.
9. Comparison of transcriptome and metabolome analysis revealed differences in cold resistant metabolic pathways in different apple cultivars under low temperature stress Hortic / G. Xu, L. Li, J. Zhou [et al.] // The Plant Journal. – 2023. – Vol. 9. – P. 183–198.
10. Physiological Changes and Differential Gene Expression of Tea Plants (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *niaowangensis* Q.H. Chen) Under Cold Stress / Y. Wang, Y. Li, J. Wang, [et al.] // DNA and Cell Biology. – 2021. – Vol. 40. – P. 906-920. DOI: 10.1089/dna.2021.0147.
11. *De novo* transcriptome sequencing and gene expression profiling of *Magnolia wufengensis* in response to cold stress / S. Deng, J. Ma, L. Zhang [et al.] // BMC Plant Biology. – 2019. – Vol. 19. – P. 319–321. DOI: 10.1186/s12870-019-1933-5.
12. Physiological and transcriptome analysis of *Magnolia denudata* leaf buds during long-term cold acclimation / K. Wu, X. Duan, Z. Zhu [et al.] // BMC Plant Biology. – 2021. – Vol. 21. – Art. 460. DOI: 10.1186/s12870-021-03181-5.
13. Comparative analysis of natural cold acclimation and deacclimation of two *Magnolia* species with different winter hardiness / Y. Yang, Z. Jia, F. Chen [et al.] // Acta Physiologiae Plantarum. – 2015. – Vol. 37. – Art. 129. DOI:10.1007/s11738-015-1883-y.
14. Лапин, П. И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П. И. Лапин, С. В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. – М., 1973. – С. 7–67.
15. Малевич, А. М. Оценка перспективности интродукции представителей рода *Magnolia* L. в условиях Беларуси / А. М. Малевич // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2024. – № 6. – С. 41-46.
16. Bates, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies / L. S. Bates, R. P. Waldren, I. D. Teare // Plant and Soil. – 1973. – Vol. 39. – P. 205-207. DOI: 10.1007/BF00018060.
17. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
18. Содержание фотосинтетических пигментов и параметры окислительного стресса в листьях амаранта при нарастающем водном дефиците / Л. Ф. Кабашникова, И. Н. Доманская, Т. С. Пилипович [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі Серыя біялагічных навук. – 2021. – Т. 66, № 3. – С. 282–294. DOI: 10.29235/1029-8940-2021-66-3-282-294.
19. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds / D.M. Hodges, J. M. DeLong, C. F. Forney, R. K. Prange // Planta. – 1999. – Vol. 207. – P. 604–611.

20. Morales, M. Malondialdehyde: Facts and Artifacts / M. Morales, S. Munné-Bosch // Plant Physiology. – 2019. – Vol. 180. – P. 1246–1250. DOI: 10.1104/pp.19.00405.

21. Effect of exogenous abscisic acid on cold acclimation in two Magnolia species / Y. Yang, N. Yao, Z.K. Jia [et al.] // Biologia Plantarum. – 2016. – Vol. 60. – P. 555–562. DOI: 10.1007/s10535-016-0623-5.

22. Tarkowski, Ł. P. Cold tolerance triggered by soluble sugars: a multifaceted countermeasure / Ł. P. Tarkowski, W. Van den Ende // Frontiers in Plant Science. – 2015. – Vol. 6. – Art. 203. DOI: 10.3389/fpls.2015.00203.

23. Nitric oxide production, sugar metabolism, and antioxidant capacity related to differential cold tolerance and recovery between two *Dichondra repens* genotypes / Y. Ling, J. Lin, D. Peng, Z. Li // Industrial Crops and Products. – 2025. – Vol. 231. – Art. 121132.

24. The Effects of Chilling Stress on Antioxidant Enzymes Activities and Proline, Malondialdehyde, Soluble Sugar Contents in Three Paphiopedilum Species / Y. Ding, X. T. Wang, F. Wang [et al.] // Russian Journal of Plant Physiology. – 2023. – Vol. 70. – Art. 61. DOI: 10.1134/S1021443722603184.

25. Turan, O. Activities of photosystem II and antioxidant enzymes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars exposed to chilling temperatures / O. Turan, Y. Ekmekci // Acta Physiologiae Plantarum. – 2011. – Vol. 33. – P. 67–78. DOI: 10.1007/s11738-010-0517-7.

*Поступила в редакцию 14.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Кабачевская Елена Михайловна*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Савина Светлана Михайловна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Шпитальная Тамара Васильевна*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией интродукции древесных растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Гончарик Руслан Геннадьевич*** – научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Прищепчик Юлия Владимировна*** – младший научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Курьянчик Татьяна Геннадьевна*** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Гапеева Тамара Александровна*** – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Малевич Анна Михайловна*** – научный сотрудник лаборатории интродукции древесных растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

Биохимические реакции листьев магнолии различных видов (*Magnolia* sp.) в ответ на действие холодового стресса и в постстрессовый период / Е. М. Кабачевская, С. М. Савина, Т. В. Шпитальная [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 196–205.

УДК 582.633.2:581.19:581.8

А. І. КАХАНОЎСКІ[1], А. У. СПІРЫДОВІЧ[2]

# ТКАНКАВАЯ СПЕЦЫФІЧНАСЦЬ, ЛАКАЛІЗАЦЫЯ І МАДЫФІКАЦЫЯ ГІДРОКСІАНТРАХІНОНАЎ У ПРАДСТАЎНІКОЎ СЯМЕЙСТВА КРУШЫНАВЫЯ (*RHAMNACEAE* JUSS.)

[1]*Група навуковага суправаджэння фермерскай гаспадаркі «Сталетава», Магілёў, Беларусь, e-mail: akakhanouski@gmail.com*
[2]*Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь*

**Анатацыя.** Даследванне прысвечана вызначэнню тканкавай спецыфічнасці мадыфікацыі гідроксіантрахінонаў у відах *Frangula alnus* і *Rhamnus cathartica* шляхам аналізу размеркавання агліконаў і гліказідаў у розных органах раслін і выяўлення патэнцыйных месцаў біясінтэзу агліконаў як папярэднікаў гліказідаў. Паказана, што ў кары *F. alnus* утрыманне гідроксіантрахінонаў амаль у два разы большае, чым у *R. cathartica*, пры аднолькавым узроўні сумарных фенольных злучэнняў. Выяўлена нераўнамернае размеркаванне агліконаў і гліказідаў у розных органах *F. alnus*: найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў назіралася ў флаэме, каранях і насенні, пры гэтым агліконаў гідроксіантрахінонаў найбольш вызначана ў каранях, а гліказідаў у флаэме. Таксама паказана розніца ў суадносінах агліконаў і гліказідаў гідроксіантрахінонаў у лісці ў залежнасці ад сезону.

**Ключавыя словы:** гідроксіантрахіноны, вытворныя антрахінонаў, агліконы, гліказіды, *Frangula alnus*, *Rhamnus cathartica.*

А. И. КОХАНОВСКИЙ[1], Е. В. СПИРИДОВИЧ[2]

# ТКАНЕВАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ И МОДИФИКАЦИЯ ГИДРОКСИАНТРАХИНОНОВ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА КРУШИНОВЫЕ (*RHAMNACEAE* JUSS.)

[1]*Группа научного сопровождения фермерского хозяйства «Столетово», Могилев, Беларусь, e-mail: akakhanouski@gmail.com*
[2]*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси.*

**Аннотация.** Исследование посвящено определению тканевой специфичности модификации гидроксиантрахинонов у видов *Frangula alnus* и *Rhamnus cathartica* посредством анализа распределения агликонов и гликозидов в различных органах растений и выявления потенциальных мест биосинтеза агликонов как предшественников гликозидов. Показано, что содержание гидроксиантрахинонов в коре *F. alnus* почти в два раза выше, чем у *R. cathartica*, при одинаковом уровне суммарных фенольных соединений. Выявлено неравномерное распределение агликонов и гликозидов гидроксиантрахинонов в органах *F. alnus*: наибольшая концентрация гидроксиантрахинонов наблюдалась во флоэме, корнях и семенах, при этом наибольшее количество агликонов гидроксиантрахинонов выявлено в корнях, а гликозидов во флоэме. Также показаны различия в соотношении агликонов и гликозидов гидроксиантрахинонов в листьях в зависимости от сезона.

**Ключевые слова:** гидроксиантрахиноны, производные антрахинонов, агликоны, гликозиды, *Frangula alnus*, *Rhamnus cathartica.*

A. I. KAKHANOUSKY[1], A. U. SPIRYDOVICH[2]

# TISSUE SPECIFICITY, LOCALIZATION AND MODIFICATION OF HYDROXYANTHRAQUINONES IN *RHAMNACEAE*

[1]*Scientific research group of agricultural company "Staletava", Mahiliou, Belarus, e-mail: akakhanouski@gmail.com*
[2]*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus.*

**Annotation.** This research highlights the tissue-specific modification of hydroxyanthraquinones in *Frangula alnus* and *Rhamnus cathartica* through an analysis of the distribution of aglycones and glycosides across different plant organs, with the aim of identifying potential sites of aglycone biosynthesis as precursors of glycosides. The findings demonstrate that the bark of *F. alnus* contains nearly twice the level of hydroxyanthraquinones compared to *R. cathar-*

*tica*, despite comparable amounts of total phenolic compounds. In *F. alnus*, hydroxyanthraquinones were unevenly distributed among organs: the highest concentrations were observed in the phloem, roots, and seeds, with aglycones predominating in the roots and glycosides in the phloem. Seasonal variation in the ratio of hydroxyanthraquinone aglycones to glycosides was also detected in leaves, underscoring dynamic metabolic regulation.

**Keywords:** hydroxyanthraquinones, anthraquinone derivatives, aglycones, glycosides, *Frangula alnus*, *Rhamnus cathartica*.

## УВОДЗІНЫ

Гідроксіантрахіноны – гэта вытворныя антрахінону, якія ўтрымліваюць у малекуле адну або некалькі гідраксільных груп. Гэтыя злучэнні, як у гліказіліраванай, так і не гліказіраванай форме, сустракаюцца ў некаторых насякомых, грыбах, лішайніках і раслінах. [1] Аднымі з такіх раслін з'яўляюцца прадстаўнікі сямейства Крушынавыя (*Rhamnaceae*) крушына крохкая (*Frangula alnus* Mill.) і жасцёр слабільны *(Rhamnus cathartica* L.*)*.

Гідроксіантрахіноны прысутнічуюць ва ўсіх частках расліны ў выглядзе агліконаў і гліказідаў. Гідрафільныя гліказіды знаходзяць ў соку клетак, а гідрафобныя агліконы, здольныя растварацца ў ліпідах, знаходзяць ў сценках клетак склерэнхімы [2].

У залежнасці ад таго, з якімі цукрамі адбываецца каню'гацыя гідроксіантрахінонаў, існуе некалькі відаў гліказідаў. Так, глюкафрангулін, акрамя глюкозы, можа змяшчаць рамнозу ці апіозу, а пры адшчапленні малекулы глюкозы ўтвараецца франгулін, агліконам якога з'яўляецца трыгідроксіантрахінон – эмадын [3]. Паводле даследванняў [4], у тканках крушыны эмадын складае 0,23%. Акрамя эмадыну, сустракаюцца роднасныя яму злучэнні: фісцыён – 0,09%, хрызафанол – 0,01%, алоэ-эмадын і рэін – ніжэй мяжы колькаснага вызначэння.

Фізіка-хімічныя ўласцівасці малекул эмадыну абумоўліваюць ягонае біялагічнае дзеянне. У малых канцэнтрацыях эмадын індукуе апаптоз клетак, а ў большых канцэнтрацыях – раз'яднанне фосфаліпідаў, што прыводзіць да разбурэння біялагічных мембран [5, 6, 7]. Такія ўласцівасці гідроксіантрахінонаў могуць спрыяць абарончай функцыі супраць патагенаў і фітафагаў. Верагодна, што розныя часткі расліны ўтрымліваюць розную колькасьць гідроксіантрахінонаў. Улічваючы, што сінтэзуюцца спачатку агліконы гідроксіантрахінонаў, а ўжо пасля адбываецца іх гліказіраванне, і транспарт можа адбывацца ў гліказіраваным выглядзе, то, імаверна, па найбольшай канцэнтрацыі агліконаў ці гліказідаў можна вызначыць органы і тканкі сінтэзу гідроксіантрахінонаў [8, 9, 10].

Мэтай дадзенага даследавання з'яўляецца вызначэнне тканкавай спецыфічнасці мадыфікацыі гідроксіантрахінонаў у *Frangula alnus* і *Rhamnus cathartica* шляхам аналізу размеркавання агліконаў і гліказідаў у розных органах раслін і выяўлення патэнцыйных месцаў біясінтэзу агліконаў як папярэднікаў гліказідаў.

## АБ'ЕКТЫ (МАТЭРЫЯЛЫ) І МЕТАДЫ ДАСЛЕДВАННЯЎ

Кару з 8 раслін *Frangula alnus* і з 3 раслін *Rhamnus cathartica* сабралі ў веснавы перыяд да набухання пупышак. Пасля высушвання кару здрабнілі і прасеялі на рэшаце з ячэяй 1 мм.

З 6 раслін *Frangula alnus* сабраныя плады ў жніўні, лісце сабранае ў чэрвені і верасні, карані і кара ў лістападзе пасля ападзення лісця.

Дэнсітаметрыю праводзілі пры дапамозе камп'ютарнай праграмы ColorT.

Вымяралі агульную колькасць фенольных злучэнняў [11] и гідроксіантрахінонаў у кары *Frangula alnus* і *Rhamnus cathartica* [11].

Вызначэньне суадносінаў гліказідаў і агліконаў гідроксіантрахінонаў у раслінная сыравіне праводзілі наступным чынам:

– Здрабнілі раслінную сыравіну и адабралі фракцыю ≤ 1 мм.

– З адабранай фракцыі зрабілі экстракцыю ў дэцымалярным растворы гідраксіду натрыю у маса-аб'ёмных суадносінах сыравіна:экстрагент як 1:100.

– Прафільтраваны экстракт 10 кратна разбавілі дэцымалярным растворам гідраксіду натрыю.

– Вызначылі аптычную шчыльнасьць раствора пры 525 nm ($A_S$).

– Канцэтраванай кіслатой давялі pH раствору да 5.

– Раствор цэнтрыфугавалі пры адноснай цэнтрабежнай сіле 6797g на працягу 15 хвілін.

– У адабранай надасадкавай вадкасці вызначылі аптычную шчыльнасць пры 525 nm ($A_0$).

– Аднамалярным растворам гідраксіду натрыю давялі pH надасадкавай вадкасці да 9.

– Вызначылі аптычную шчыльнасць раствора пры 525 nm ($A_G$)

– Паводле закону Бугера-Ламбэрта-Бэра разлічылі колькасць (моль) гідроксіантрахінонаў, экстрагаваных з 1 г сыравіны па формуле:

$$n = \frac{(A-A0)Vk}{\varepsilon m l},$$

дзе:

A – аптычнае паглынанне (для разліку сумы гліказідаў і агліконаў A = $A_S$;

для разліку колькасці гліказідаў A = $A_G$; для разліку колькасці агліконаў $A_A = A_S - A_G$)

*V* – аб'ём экстракту, л

k – кратнасьць разбаўленьня экстракту (dilution factor)

$\varepsilon$ – каэфіцыент малярнай экстынкцыі, л·моль$^{-1}$·см$^{-1}$ ($\varepsilon$ эмадыну ў 0,1 NaOH = 587,29 л·моль$^{-1}$·см$^{-1}$ [12])

*m* – маса раслінная сыравіны, г

*l* – даўжыня аптычнага шляху, см

## Вынікі даследванняў і іх абмеркаванне

Агліконы гідроксіантрахінонаў дрэнна растваюцца ў вадзе і добра – у непалярных растваральніках. Яны валодаюць ўласцівасцямі слабых кіслот і могуць рэагаваць са шчолачамі з утварэннем растварымых у вадзе феналятаў з максімумам паглынання ў дыяпазоне 515–530 нм (рэакцыя Барнтрэгера).

Так, калі апрацаваць зрэз высушанага сцябла крушыны шчолачным растворам, то ён набывае афарбоўку чырвонага колеру, такім чынам можна вызначыць наяўнасць гідроксіантрахінонаў (мал. 1). Як відаць на мал. 1, афарбоўка нераўнамерная – ёсць зоны з большай і меншай інтэнсіўнасцю афарбоўкі. Скарыстаўшыся метадам дэнсітаметрыі, які дазваляе колькасна ацаніць шчыльнасць афарбоўкі, вызначаныя зоны найбольшай канцэнтрацыі гідроксіантрахінонаў (мал. 2).

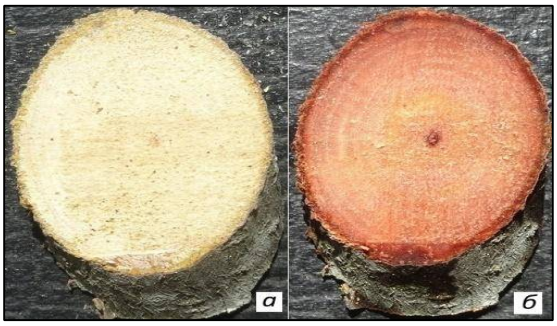
Як відаць на мал. 1 і 2, гідроксіантрахіноны выяўляюцца па ўсяму сцяблу, але іх найбольшая канцэнтрацыя назіраецца ў вобласці феладэрмы і, ў найменьшай ступені, у ксілеме.

Калі апрацаваць высушанае лісце *Frangula alnus* шчолачным растворам, пад мікраскопам можна разгледзець зоны найбольшай канцэнтрацыі гідроксіантрахінонаў.

Як відаць на мал. 3, найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў у лісці назіраецца у месцы пашкоджання ліста і жылках, пры гэтым у жылках гідроксіантрахіноны сканцэнтраваныя ў флаэме (мал. 4). Імаверна, парушэнне цэласнасці жылак ліста прыводзіць да дыфузіі гідроксіантрахінонаў з флаэмы ў тканкі пашкоджанага месца, што спрыяе абароне ад патагенаў і насякомых-фітафагаў.

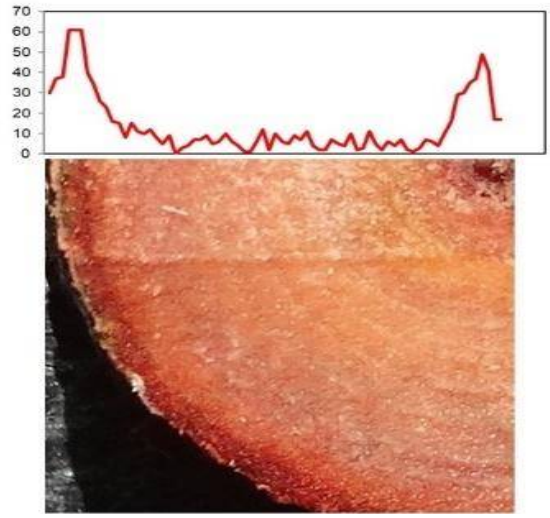
Паводле мал. 1 і 2, адной з частак расліны, якая ўтрымлівае найбольшую колькасць гідроксіантрахінонаў, з'яўляецца кара. Прадстаўнікамі сямейства Крушынавыя (*Rhamnaceae*) у флоры Беларусі з'яўляюцца крушына крохкая (*Frangula alnus*) і жасцёр слабільны *(Rhamnus cathartica).* Як вядома, гэтыя расліны сінтэзуюць гідроксіантрахіноны. Для тлумачэння асаблівасцяў метабалізму гэтых раслін правялі аналіз утрымання гідроксіантрахінонаў і сумарнай колькасці фенольных злучэнняў у кары (табл. 1).

Эксперыменты паказалі, што колькасць гідроксіантрахінонаў ва ўзорах кары крушыны амаль



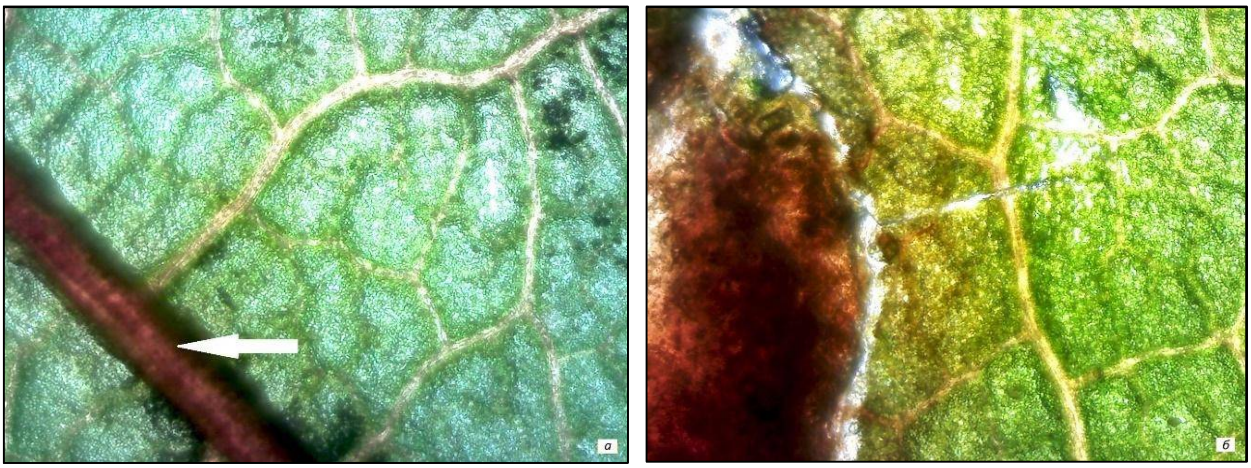

**Мал. 1.** Зрэз сцябла *Frangula alnus*, *а* – сухі зрэз сцябла, *б* – зрэз сцябла, апрацаваны дэцымалярным растворам гідраксіду натрыю. Афарбоўка тканак ў чырвоны колер паказвае на ўтрыманне гідроксіантрахінонаў

**Fig. 1.** Section of the stem of *Frangula alnus*, *a* – dry section of the stem, *б* – section of the stem treated with a decimolar solution of sodium hydroxide. Red staining of the tissues indicates the content of hydroxyanthraquinones



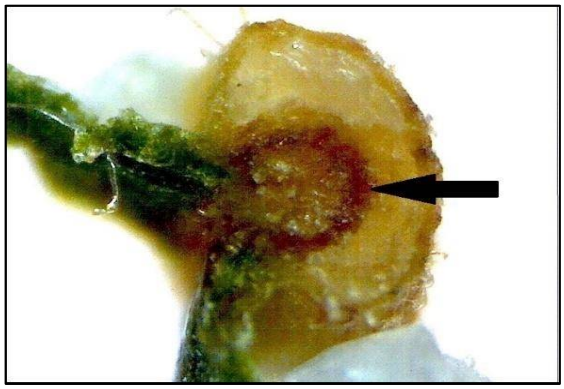

**Мал. 2.** Дэнсітаграма здымку зрэзу сцябла *Frangula alnus*, апрацаванага дэцымалярным растворам гідраксіду натрыю. Найбольшая шчыльнасць чырвонага колеру сведчыць аб большай канцэнтрацыі гідроксіантрахінонаў

**Fig. 2.** Densitogram of a section of a *Frangula alnus* stem treated with a decimolar sodium hydroxide solution. The highest density of the red color indicates a higher concentration of hydroxyanthraquinones



**Мал. 3.** Ліст *Frangula alnus*, апрацаваны дэцымалярным растворам гідраксіду натрыю (павелічэнне 50×);
*а* – афарбоўка жылак у чырвоны колер паказвае на вялікую канцэнтрацыю гідроксіантрахінонаў,
*б* – месца пашкоджання ліста, чырвоны колер пашкоджання ліста
сведчыць аб найбольшай канцэнтрацыі гідроксіантрахінонаў

**Fig. 3.** *Frangula alnus* leaf treated with a decimolar sodium hydroxide solution (magnification 50×);
*а* – red color of the veins indicates a high concentration of hydroxyanthraquinones, *б* – location of leaf damage,
the red color of the leaf damage indicates the highest concentration of hydroxyanthraquinones



**Мал. 4.** Папярочны зрэз ліста *Frangula alnus*, апрацаванага дэцымалярным растворам гідраксіду натрыю (павелічэнне 100×).
Чырвоны колер флаэмы сведчыць аб найбольшай канцэнтрацыі гідроксіантрахінонаў

**Fig. 4.** Cross-section of a *Frangula alnus* leaf treated with a decimolar sodium hydroxide solution (magnification 100×).
The red color of the phloem indicates the highest concentration of hydroxyanthraquinones

у 2 разы перавышае колькасць гідроксіантрахінонаў ва ўзорах кары жасцёру, але, улічваючы, што гідроксіантрахіноны з'яўляюцца фенольнымі злучэннямі, адрозненняў па ўтрыманню сумарнай колькасці фенольных злучэнняў паміж узорамі не выяўлена. Імаверна, ўзоры жасцёра ўтрымліваюць больш пэўных фенольных злучэнняў, якія не з'яўляюцца гідроксіантрахінонамі.

Для таго, каб зрабіць высновы адносна міжвідавых адрозненяў па ўтрыманні гідроксіантрахінонаў пры аднолькавым утрыманні фенольных злучэнняў, якімі з'яўляюцца і вытворныя антрахінонаў, у нас недастаткова выбаркі, але нашае даследванне паказвае на імавернасць існавання такіх відавых асаблівасцяў.

Статыстычна значныя ўнутрывідавыя адрозненні па долі гідроксіантрахінонаў ад агульнай колькасці фенольных злучэнняў могуць сведчыць пра некалькі важных біяхімічных, фізіялагічных і экалагічных аспектаў. Так, экспрэсія ключавых ферментаў (октакетыдсінтазы, β-глюказідазы, гліказілтрансферазы) можа адрознівацца ў розных асобін. Доля гідроксіантрахінонаў можа вагацца ў залежнасці ад экалагічных умоў: святло, тэмпература, хімічны склад глебы, наяўнасць патагенаў. Гэта можа быць прыкметай індуцыруемай абароны: адрозненні – вынік рэакцыі на мясцовы стрэс або атачальны фон.

У нашым выпадку найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў аказалася ва ўзорах з *Frangula alnus*, таму далейшыя даследванні сканцэнтраваныя на гэтай расліне.

Праведзенныя намі даследванні паказалі, што размеркаванне гідроксіантрахінонаў па расліне не раўнамернае (табл. 2). Тое, што гідроксіантрахіноны ўтрымліваюць усе часткі расліны, але ў рознай канцэнтрацыі, можа сведчыць пра тканкавую спецыфічнасць біясінтэзу. Так, ферментная актыўнасць, якая адказная за сінтэз або мадыфікацыю антрахінонаў (напрыклад, октакетыдсінтазы, гліказілтрансферазы, β-глюказідазы), можа быць лакалізаваная ў пэўных тканках – эпідэрмісе, перыцыкле, камбіі. Гэта паказвае, што расліна структурна арганізуе абарону або функцыянальныя злучэнні. У выніку гідроксіантрахіноны мо-

гуць канцэнтравацца ў каранях або ў лісці як механізм абароны ад патагенаў.

Па-другое, спецыфіка транспарту і захавання таксама ўплывае на размеркаванне. Гідроксіантрахіноны могуць сінтэзавацца ў адной частцы расліны і транспартавацца праз флаэму або ксілему, але назапашвацца нераўнамерна — у залежнасці ад тканкавага pH, наяўнасці трансмембранных транспарцёраў і здольнасці да гліказіляцыі. Пры гэтым гліказіды лягчэй захоўваюцца.

Па-трэцяе, экалагічна індукаваная спецыялізацыя таксама мае значэнне. Часткі расліны, якія больш падвяргаюцца экалагічнаму стрэсу (прамое сонечнае святло, механічныя пашкоджанні, уздзеянне мікрааргінізмаў), могуць узмацняць сінтэз гідроксіантрахінонаў.

Па-чацвертае, існуюць анатама-фізіялагічныя бар'еры. У раслінах могуць быць структурныя перашкоды для раўнамернага размеркавання: адсутнасць васкулярнай сувязі, наяўнасць гідрафобных бар'ераў, інкапсуляцыя ў вакуолях ці спецыфічных клетках.

Размеркаванне гідроксіантрахінонаў па расліне і суадносіны іх гліказідаў і агліконаў не аднолькавае, так, найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў назіралася ў феладэрме ствала $11{,}70\pm2{,}40\times10^{-4}$ моль/г, пры тым, што гліказіды ў 10 разоў перавышалі колькасць агліконаў, а пры утрыманні ў каранях $8{,}53\pm1{,}13\times10^{-4}$ моль/г гідроксіантрахінонаў агліконы больш чым ў 7 разоў перавышалі колькасць гліказідаў. Гэта сведчыць пра выразна структурны і функцыянальны метабалічны падзел у тканках расліны і можа быць звязанае з магчымым сінтэзам гідроксіантрахінонаў у лісці з наступным транспартам па флаэме ў выглядзе гліказідаў.

**Таблица 1.** Утрыманне гідроксіантрахінонаў і сумарнай колькасці фенольных злучэнняў у кары *Rhamnus cathartica* і *Frangula alnus*

**Table 1**. Hydroxyanthraquinone and total phenolic compounds content in the bark of *Rhamnus cathartica* and *Frangula alnus*

| Від расліны | № узору | Колькасць гідроксіантрахінонаў, $\times10^4$ моль/г | Усяго фенольных злучэнняў, $\times10^4$ моль/г | Доля гідроксіантрахінонаў ад агульнай колькасці фенольных злучэнняў, % |
|---|---|---|---|---|
| *Rhamnus cathartica* | 1 | 0,3896 | 27,996 | 1,39 |
| | 2 | 0,5089 | 50,8978 | 1,00 |
| | 3 | 0,3576 | 23,638 | 1,51 |
| | Адрозненні унутры групы | статыстычна значныя $p = 0{,}0017$ | статыстычна значныя $p = 0{,}0017$ | статыстычна значныя $p = 0{,}0054$ |
| *Frangula alnus* | 1 | 1,1795 | 24,088 | 4,90 |
| | 2 | 1,0847 | 35,5598 | 3,05 |
| | 3 | 0,8702 | 35,587 | 2,45 |
| | 4 | 1,4356 | 40,6287 | 3,53 |
| | 5 | 1,0264 | 49,3699 | 2,08 |
| | 6 | 1,0385 | 57,951 | 1,79 |
| | 7 | 1,1144 | 41,427 | 2,69 |
| | 8 | 0,9247 | 35,348 | 2,62 |
| | Адрозненні унутры групы | статыстычна значныя $p << 0{,}0001$ | статыстычна значныя $p = 0{,}004$ | статыстычна значныя $p = 0{,}0001$ |
| Міжгрупавыя адрозненні | | статыстычна значныя $p = 0{,}01212$ | статыстычна нязначныя $p = 0{,}49697$ | статыстычна значныя $p = 0{,}01212$ |

**Табліца 2**. Канцэнтрацыя агліконаў і гліказідаў гідроксіантрахінонаў у розных частках расліны *Frangula alnus*

**Table 2**. Concentration of aglycones and glycosides of hydroxyanthraquinones in different parts of the *Frangula alnus* plant

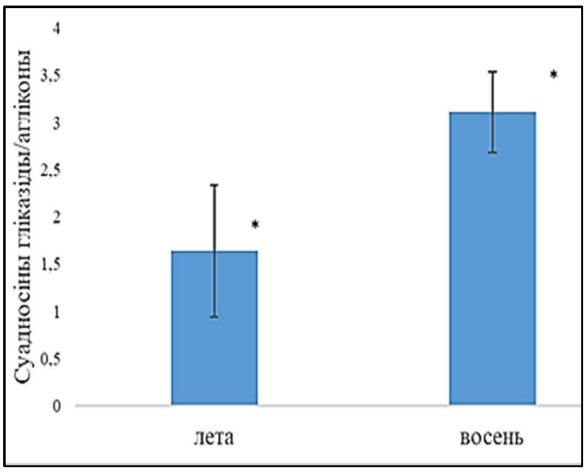
| Органы і тканкі расліны | | | Гідроксіантрахіноны, $\times10^4$ моль/г | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Усяго | Гліказіды | Агліконы | Суадносіны гліказіды / агліконы |
| Лісце | лета | | 2,37±0,63 | 1,40±0,43 | 0,97±0,39 | 1,44 |
| | восень | | 2,27±0,72 | 1,72±0,58 | 0,55±0,15 | 3,12 |
| Плады | перыкарпій | | 3,85±0,06 | 2,67±0,06 | 1,19±0,06 | 2,24 |
| | насенне | | 8,27±0,78 | 5,29±0,50 | 2,98±1,06 | 1,78 |
| Ствол | драўніна | | 0,31±0,06 | 0,20±0,04 | 0,11±0,02 | 1,82 |
| | кара | луб | 2,35±0,37 | 1,34±0,60 | 1,01±0,31 | 1,33 |
| | | феладэрма | 11,70±2,40 | 10,70±2,43 | 1,03±0,57 | 10,38 |
| | | фелэма | 2,37±0,46 | 1,14±0,22 | 1,23±0,24 | 0,93 |
| Карані | | | 8,53±1,13 | 1,06±0,16 | 7,47±1,06 | 0,14 |

Гіпатэтычны механізм транспарту гідроксіантрахінонаў можа выглядаць наступным чынам: лісце – гэта органы з высокай метабалічнай актыўнасцю, дзе магчыма функцыянаванне октакетыдсінтазы. Ёсць даследванні, якія паказваюць, што полікетыдсінтазы III тыпу часта лакалізуюцца ў пластыдах, дзе яны ўдзельнічаюць у біясінтэзе фенольных злучэнняў [13]. Праз полікетыдны шлях утвараюцца агліконы (напрыклад, эмадын). Для транспарту агліконы гліказілююцца гліказілтрансферазамі ў гліказіды, бо гэта стабільная, воднарастваральная і меней таксічная форма. Гліказіды, як воднарастваральныя злучэнні, транспартуюцца праз флаэму ад лісця да каранёў. Падобны механізм вядомы для флаваноідаў, саліцылавага глюказіду і іншых фенольных злучэнняў [14, 15, 16]. У каранёвай тканцы экспрэсуюцца β-глюказідазы, якія гідралізуюць гліказіды назад у агліконы [17]. Агліконы могуць назапашвацца як актыўныя метабаліты з антымікробным, антыфунгальным, антыфітафагальным дзеяннем або для далейшай метабалічнай трансфармацыі [18]. Таксама, назапашванне агліконаў гідроксіантрахінонаў у тканках каранёў можна растлумачыць здольнасцю антрахінонаў да дэтаксікацыі і аховы раслінных тканак ад дзеяння цяжкіх металаў [19].

На карысць гэтай гіпотэзы сведчыць тое, што лісце – гэта цэнтр сінтэзу і адаптацыі, а каранёвая сістэма – цэнтр актыўнага назапашвання і рэалізацыі. Такая схема дазваляе транспарт метабалітаў у менш небяспечнай форме, аптымізаваць абарону каранёвай сістэмы і эфектыўна рэагаваць на стрэс або глебавыя патагены і шкоднікі.

Яшчэ адно пацверджанне нашай гіпотэзы, што біясінтэз гідроксіантрахінонаў адбываецца ў лісці, тое, што назіраліся і статыстычна значныя ваганні суадносінаў гліказідаў і агліконаў гідроксіантрахінонаў у лісці ў залежнасці ад сезону вегетацыі (мал. 5).

У нашым даследванні для ацэнкі адрозненняў паміж выбаркамі абраны тэст Мана-Уітні, паколькі праведзеныя папярэднія праверкі паказалі, што, хаця дадзеныя летам і восенню не адрозніваюцца ад нармальнага размеркавання (тэст Калмагорава-Смірнова, $p > 0,5$), патрабаванне аднастайнасці дысперсіяў не выконвалася (тэст Левена, $p = 0,041468$). У такіх умовах выкарыстанне параметрычных метадаў было б некарэктным, таму непараметрычны падыход Мана-Уітні апынуўся найбольш апраўданым. Атрыманая статыстыка ($U = 0$, $Z = 2,92857$, $p = 0,00338$) пацвердзіла значныя адрозненні паміж групамі пры $p < 0,05$, што дазваляе зрабіць надзейныя высновы адносна розніцы ў суадносінах гліказідаў і агліконаў.




**Мал. 5.** Суадносіны гліказідаў і агліконаў гідроксіантрахінонаў у лісці *Frangula alnus* у залежнасці ад сезону
(тэст Мана–Уітні ($U = 0$, $Z = 2,92857$, $p = 0,00338$))

**Fig. 5.** Ratio of glycosides and aglycones of hydroxyanthraquinones in Frangula alnus leaves as a function of season
(Mann–Whitney test ($U = 0$, $Z = 2.92857$, $p = 0.00338$))

Пры тым, што ў лісці *Frangula alnus* як летам, так і ўвосень колькасць гідроксіантрахінонаў не адрозніваласа, так, у чэрвені было $2,37 \pm 0,63 \times 10^{-4}$ моль/г, а ў верасні $2,27 \pm 0,72 \times 10^{-4}$ моль/г, аднак назіралася розніца ў суадносінах гліказідаў і агліконаў. Так, у актыўнай фазе вегетацыйнага перыяду агліконаў было ў 1,4 разы менш, чым гліказідаў, а напрыканцы вегетацыйнага перыяду колькасць агліконаў знізілася ў 3 разы.

Калі зыходзіць з гіпотэзы, што сінтэз гідроксіантрахінонаў адбываецца непасрэдна ў лісці *Frangula alnus*, то назіраныя сезонныя змены суадносінаў агліконаў і гліказідаў гідроксіантрахінонаў пры нязменнай агульнай колькасці гідроксіантрахінонаў маюць рацыянальнае тлумачэнне.

Дапусцім, асноўны сінтэз адбываецца ў мезафільных клетках лістоў, а гідроксіантрахіноны ўтвараюцца праз шлях октакетыдсінтаза → агліконы гідроксіантрахінонаў, гліказілтрансферазы → гліказіды гідроксіантрахінонаў, то агульная колькасць захоўваецца стабільнай дзякуючы сталаму функцыянаванню октакетыдсінтазы, а змены ў суадносінах форм звязаныя з запавольваннем біясінтэзу і транспарту.

Гэта адпавядае вядомым прынцыпам сезоннага метабалізму другасных злучэнняў у раслінах. Напрыканцы вегетацыйнага перыяду падчас сенесцэнцыі лістоў расліна звычайна зніжае экспрэсію актыўных ферментаў, уключаючы октакетыдсінтазу, ў выніку агліконы практычна не сінтэзуюцца або сінтэзуюцца ў вельмі нізкіх колькасцях. Гліказілтрансферазы могуць заставацца актыўнымі да позніх фаз, бо гліказіляцыя

патрэбная для кансервацыі метабалітаў. Таму нават пры зніжэнні сінтэзу агліконаў, гліказіды могуць назапашвацца, асабліва калі яны не транспартуюцца ў карані з-за абмежаванняў флаэмнага патоку.

У пладах гідроксіантрахіноны сканцэнтраваныя ў насенні, так, сумарная колькасць гідроксіантрахінонаў у насенні складае $8{,}27\times10^4$ моль/г, гэта больш, чым у 2 разы перавышае колькасць гідроксіантрахінонаў у перыкарпіі ($3{,}85\times10^4$ моль/г). Вымераная намі канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў тычыцца высушаных пладоў. Высокая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў у насенні можа быць звязаная з абарончай функцыяй супраць фітафагаў і патагенаў, асабліва, калі яно трапляе ў глебу.

Спелыя плады *Frangula alnus*, як і большасць пладоў-касцянак, утрымліваюць каля 80% вады па масе. Такім чынам, у свежых спелых пладах канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў прыкладна у 5 разоў меншая. Гэта мае экалагічнае значэнне, саспелыя плады з ніжэйшым ўзроўнем гідроксіантрахінонаў больш прывабныя для птушак-дысперсараў такіх, як шпакі, дразды, сойкі і інш. [20]. Птушкі праглынаюць плады цалкам, а насенне выдзяляецца некранутым, таму гідроксіантрахіноны насення на птушак не ўздзейнічаюць.

## Заключэнне

Праведзенае даследаванне паказала, што гідроксіантрахіноны ў раслінах сямейства *Rhamnaceae*, асабліва ў *Frangula alnus*, маюць выразна тканкавую спецыфічнасць, структурную лакалізацыю і сезонныя змены мадыфікацыі, што сведчыць пра складаныя механізмы біясінтэзу, транспарту і захавання.

Найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў у *Frangula alnus* назіраецца ў феладэрме, дзе дамінуюць гліказіды, а ў каранёвай сістэме – агліконы, што сведчыць пра функцыянальнае падзяленне: феладэрма выступае ў ролі транспартнай тканкі, корань ў ролі зоны захоўвання і рэалізацыі актыўных метабалітаў. У пладах найбольшая канцэнтрацыя гідроксіантрахінонаў назіраецца ў насенні ў параўнанні з перыкарпіем. Атрыманыя дадзеныя дэманструюць нераўнамернае размеркаванне гідроксіантрахінонаў па органах. Сезоннае змяненне суадносінаў гліказідаў і агліконаў пры нязменным узроўні сумарнай колькасці гідроксіантрахінонаў.

Даследванне сведчыць пра тое, што *Frangula alnus* можа быць выкарыстана як мадэльны арганізм для вывучэння транспартных механізмаў, хімічнай абароны расліны і біяхіміі антрахінонаў; апісаная мадэль здольная служыць асновай для далейшых эксперыментальных даследаванняў, накіраваных на пацверджанне месца сінтэзу, напрамку транспарту і ролі мадыфікацыі гідроксіантрахінонаў.

## Літаратура

1. Tikhomirov A. S. β-Hydroxylation of anthraquinone derivatives using benzaldoxime as a source of hydroxyl group / A. S. Tikhomirov, I. V. Ivanov, A. M. Korolev, A. E. Shchekotikhin // Tetrahedron. – 2019. – Vol. 75, No. 43. – P. 130623. – DOI: 10.1016/j.tet.2019.130623.

2. Wianowska D. Hydrolytical instability of hydroxyanthraquinone glycosides in pressurized liquid extraction / D. Wianowska // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2014. – Vol. 406, No. 13. – P. 3219–3227. – DOI: 10.1007/s00216-014-7744-5.

3. Elgorashi E. E. Pharmacological and phytochemical properties of *Rhamnus* species / E. E. Elgorashi, J. Van Staden // Phytochemistry Reviews. – 2004. – Vol. 3, No. 2. – P. 135–153. – DOI: 10.1023/B:PHYT.0000047797.63250.5e.

4. Kremer D. Anthraquinone profiles, antioxidant and antimicrobial properties of *Frangula rupestris* (Scop.) Schur and *Frangula alnus* Mill. bark / D. Kremer, M. Mikulic-Petkovsek, A. Slatnar, R. Veberic, V. Schmitzer // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 131. – P. 1174–1180.

5. Zhang L. Emodin induces apoptosis and inhibits tumor growth in human hepatocellular carcinoma cells / L. Zhang, J. Liu, X. Wang, S. Huang, Y. Wang, J. Xu // Cancer Cell International. – 2013. – Vol. 13. – P. 46. – DOI: 10.1186/1475-2867-13-46.

6. Kuo P. L. Emodin induces apoptosis in human lung adenocarcinoma cells through reactive oxygen species generation and mitochondrial dysfunction / P. L. Kuo, T. C. Lin, C. C. Lin // Biochemical Pharmacology. – 2002. – Vol. 64, No. 10. – P. 1713–1724. – DOI: 10.1016/S0006-2952(02)01232-1.

7. Subramaniam S. Emodin-induced cell death in cancer cells is mediated by membrane disruption and caspase activation / S. Subramaniam, J. Stanslas, C. F. Chee, L. K. Wai, T. Ramasamy // Toxicology in Vitro. – 2019. – Vol. 58. – P. 134–142. – DOI: 10.1016/j.tiv.2019.03.005.

8. Diaz-Muñoz G. Anthraquinones: An Overview / G. Diaz-Muñoz, I. L. Miranda, S. K. Sartori, D. C. de Rezende, M. A. N. Diaz // Studies in Natural Products Chemistry / Ed. Atta-ur-Rahman. – Amsterdam : Elsevier, 2018. – Vol. 58. – P. 313–338.

9. Nemeikaitė-Čėnienė A. Cytotoxicity of natural hydroxyanthraquinones: role of oxidative stress / A. Nemeikaitė-Čėnienė, E. Sergedienė, H. Nivinskas, N. Čėnas // Zeitschrift für Naturforschung C. – 2002. – Vol. 57, No. 9–10. – P. 822–827.

10. Shupeniuk V. I. Methods of synthesis of hydroxyanthraquinone derivatives and their biological activity / V. I. Shupeniuk, T. N. Taras, O. P. Sabadakh, E. R. Luchkevich, M. P. Matkivskyi // Journal of Chemistry and Technologies. – 2021. – Vol. 29, No. 2. – P. 219–231.

11. Шеряков А. А. Государственная фармакопея Республики Беларусь : в 3-х т. / под общ. ред. А. А. Шерякова. – Минск : Минский государственный ПТК полиграфии им. В. Хоружей, 2007. – Т. 2. – С. 356–358.

12. Gaikwad A. S. Standardization of Emodin – A bioactive molecule, using spectral methods / A. S. Gaikwad, A. A. Kale, V. T. Gadkari, R. N. Deshpande, P. J. Salvekar // International Journal of Drug Development and Research. – 2011. – Vol. 3, No. 3. – P. 259–265.

13. Austin M. B. The chalcone synthase superfamily of type III polyketide synthases / M. B. Austin, J. P. Noel // Natural Product Reports. – 2003. – Vol. 20, No. 1. – P. 79–110.

14. Bowles D. Glycosyltransferases: managers of small molecules / D. Bowles, E.-K. Lim, B. Poppenberger, F. E. Vaistij // Current Opinion in Plant Biology. – 2006. – Vol. 9, No. 3. – P. 246–253. – DOI: 10.1016/j.pbi.2006.03.007.

15. Gachon C. M. M. Plant secondary metabolism glycosyltransferases: the emerging functional analysis / C. M. M. Gachon, M. Langlois-Meurinne, P. Saindrenan // Trends in Plant Science. – 2005. – Vol. 10, No. 12. – P. 542–549. – DOI: 10.1016/j.tplants.2005.03.007.

16. Taguchi G. Transport of phenolic compounds in plants and their involvement in stress responses / G. Taguchi, Y. Shinozaki, T. Nakayama, H. Yamamoto // Plant Biotechnology. – 2010. – Vol. 27, No. 4. – P. 447–456. – DOI: 10.5511/plantbiotechnology.10.0701a.

17. Ketudat Cairns J. R. β-Glucosidases / J. R. Ketudat Cairns, A. Esen // Cellular and Molecular Life Sciences. – 2010. – Vol. 67. – P. 3389–3405. – DOI: 10.1007/s00018-010-0399-2.

18. Singh G. Catalytic properties, functional attributes and industrial applications of β-glucosidases / G. Singh, A. K. Verma, V. Kumar // 3 Biotech. – 2016. – Vol. 6. – Article No. 3. – DOI: 10.1007/s13205-015-0328-z.

19. Kaźmierczak W. Heavy metal accumulation in forest soils with Frangula alnus presence / W. Kaźmierczak, E. Błońska, J. Lasota // Water, Air, & Soil Pollution. – 2024. – Vol. 235. – Article No. 07268. – DOI: 10.1007/s11270-024-07268-1.

20. Zwerger M. Determination of anthraquinones in *Frangula alnus* by supercritical fluid chromatography / M. Zwerger, A. Deisl, F. Hammerle, M. Ganzera // Journal of Chromatography A. – 2024. – Vol. 1737. – P. 465432. – DOI: 10.1016/j.chroma.2024.465432.

*Поступила в редакцию 04.09.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Кохановский Александр Иванович*** – научный сотрудник группы научного сопровождения фермерского хозяйства «Столетово»

***Спиридович Елена Владимировна*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

Каханоўскі, А. І. Тканкавая спецыфічнасць, лакалізацыя і мадыфікацыя гідроксіантрахінонаў у прадстаўнікоў сямейства Крушынавыя (*Rhamnaceae* Juss.) / А. І. Каханоўскі, А. У. Спірыдовіч // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 206–213.

УДК 57.042:632.938.1

В. И. ЛУКША[1], Л. Ф. КАБАШНИКОВА[1], Л. В. ПАШКЕВИЧ[1],
С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ[1], М. А. ДАРКОВИЧ[1], Я. Н. АРТЕМЧУК[1], С. С. ГОРДИЕНКО[1],
В. Н. ПРОХОРОВ[2], Е. Н. КАРАСЁВА[2], А. В. БАБКОВ[2], М. М. САК[2]

# ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ «ИММУНАКТ-ГК», «ИММУНАКТ-БИО» И «ЭКОСИЛ» НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ И ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТАТУС В ЛИСТЬЯХ ДЕКОРАТИВНЫХ КУСТАРНИКОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

[1]*Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: kabashnikova@mail.ru*
[2]*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: prohoroff1960@mail.ru*

**Аннотация.** Показано многостороннее положительное действие препаратов «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» на основе β-1,3-глюкана на три вида декоративных кустарников, произрастающих на урбанизированных территориях в открытом грунте. Данные препараты оказывают стимулирующий эффект на биосинтез фотосинтетических пигментов, индуцируют накопление фенольных соединений, способствуют стабилизации уровня окислительных процессов в листьях декоративных кустарников. Установлено, что препараты «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» по эффективности превосходят регулятор роста «ЭКОСИЛ», однако, с учетом таких параметров как срок хранения и цена явное преимущество имеет препарат «ИММУНАКТ-ГК».

**Ключевые слова:** β-1,3-глюкан, «ИММУНАКТ-ГК», «ИММУНАКТ-БИО», «ЭКОСИЛ», хлорофилл, каротиноиды, перекисное окисление липидов, декоративные кустарники.

V. I. LUKSHA[1], L. F. KABASHNIKOVA[1], L. V. PASHKEVICH[1],
S. N. SHPILEUSKY[1], M. A. DARKOVICH[1], Y. N. ARTEMCHUK[1], S. S. GORDIENKO[1],
V. N. PROKHOROV[2], E. N. KARASIOVA[2], A. V. BABKOV[2], M. M. SAK[2]

# THE EFFECT OF THE PREPARATIONS "IMMUNACT-GC", "IMMUNACT-BIO" AND "ECOSIL" ON THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND THE OXIDATIVE STATUS OF ORNAMENTAL SHRUBS LEAVES IN URBANIZED AREAS

[1]*Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kabashnikova@mail.ru*
[2]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: prohoroff1960@mail.ru*

**Annotation.** The multilateral positive effect of the preparations "IMMUNACT-GK" and "IMMUNACT-BIO" based on β-1,3-glucan on three species of ornamental shrubs growing in urbanized areas in the open ground is shown. These drugs have a stimulating effect on the biosynthesis of photosynthetic pigments, induce the accumulation of phenolic compounds, and help stabilize the level of oxidative processes in the leaves of ornamental shrubs. It has been established that the drugs "IMMUNACT-GC" and "IMMUNACT-BIO" are more effective than the growth regulator "ECOSIL", however, taking into account such parameters as shelf life and price, the drug "IMMUNACT-GC" has a clear advantage.

**Keywords:** β-1,3-glucan, "IMMUNACT-GK", "IMMUNACT-BIO", "ECOSIL", chlorophyll, carotenoids, lipid peroxidation, ornamental shrubs.

## Введение

Декоративные кустарники в ландшафтном дизайне играют особую роль. Огромное разнообразие по габитусу растений (высота кустов, диаметр и форма кроны), по окраске и форме листьев, цветков и соцветий, по срокам цветения позволяет ландшафтным дизайнерам, озелените-

лям и садоводам создавать высокодекоративные композиции, которые можно использовать для оформления садов, парков, скверов, лесопарков [1]. Однако в условиях урбанизированной среды крупных городов растения подвергаются большому количеству неблагоприятных экологических факторов. Для городского климата свойственны: сильное загрязнение воздуха, образование специфического «городского ветра», некоторое понижение интенсивности солнечной радиации (особенно прямого света) в связи с образованием «городской мглы», некоторое изменение светового режима за счет ночного освещения, повышенная температура воздуха, ослабление заморозков, удлинение периода с положительной температурой, понижение абсолютной и относительной влажности воздуха, повышенная концентрация тяжелых металлов, аномальное увеличение электромагнитных полей, шумы, вибрация и др. [2].

Наибольшему антропогенному воздействию подвергаются насаждения вдоль крупных автомагистралей, где наблюдается четкий градиент состояния древесно-кустарниковой растительности по мере удаления от проезжей части. Применение противогололедных реагентов на основе технической соли вызывает неблагоприятные изменения состава почвы. Высокие концентрации хлоридов и значения pH в щелочном диапазоне приводят к развитию обширных некрозов листьев и усыханию древесно-кустарниковой растительности [3]. Известно, что солевой стресс вызывает ультраструктурные повреждения, изменяя структуру клеточных органелл, таких как хлоропласты и митохондрии [4]. Кроме того, одним из наиболее важных процессов повреждения клеток на биохимическом уровне является перекисное окисление липидов (ПОЛ), которое вызывают высокие концентрации активных форм кислорода (АФК) – гидроксильного радикала (OH*), свободных радикалов $HO_2$*, RO*, ROO*, супероксидного анион радикала ($O_2$*–), синглетной формы кислорода ($^1O_2$) и пероксида водорода ($H_2O_2$) [5–7].

В этой связи актуальным является использование средств защиты растений для активации механизмов устойчивости, функционирующих на этапе стресс-реакции и обеспечивающих защиту растений. Особый интерес представляют препараты, с антибактериальными и фунгизащитными свойствами, опосредованные стимуляцией иммунитета растений, ускорением процессов метаболизма и синтеза белков и углеводов, которые не вызывают резистентности у возбудителей болезней [8]. Так, разработаны препараты нового поколения на основе β-глюкана, которые обладают элиситорными свойствами и способны активировать гены устойчивости, что приводит к повышению общей неспецифической устойчивости растений (иммунного статуса) к неблагоприятным факторам биотической и абиотической природы путем индукции природных защитных механизмов [9, 10].

В Республике Беларусь созданы и широко применяются в растениеводстве препараты на основе β-1,3-глюкана «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО», которые разработаны в ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси» [11].

Целью данного исследования являлось изучение действия препаратов серии «Иммунакт» на физиолого-биохимические параметры растений декоративных кустарников, произрастающих на урбанизированных территориях г. Минска.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Объектом исследования служили три вида декоративных кустарников: спирея серая (*Spiraea* × *cinerea* Zabel), кизильник блестящий (*Cotoneaster acutifolius* var. *lucidus* (Schltdl.) L. T. Lu) и пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.), которые произрастали на опытных делянках в черте г. Минска рядом с МКАД.

Иммуномодулирующие препараты «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» получены в лаборатории прикладной биофизики и биохимии ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси». Оба препарата созданы на основе β-1,3-глюкана природного происхождения и полимера синтетического водорастворимого (ВРП-3). Препарат «ИММУНАКТ-БИО» дополнительно содержит культуральную жидкость Trichoderma sp. D-11, титр не менее 1 млрд. спор/мл.

Регулятор роста «ЭКОСИЛ» содержит тритерпеновые кислоты в концентрации 50 г/л (УП «БелУниверсал Продукт», Беларусь) и рекомендован для применения в открытом и защищенном грунте.

Обработка кустарников препаратами проведена методом опрыскивания в фазах распускания почек и цветения, сбор листьев для анализа проведен со среднего яруса через 10 дней после обработки.

Состав препаратов и нормы внесения представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Характеристика препаратов, использованных в полевых опытах

**Table 1.** Characteristics of drugs used in field experiments

| Номер варианта опыта | Название препарата | Содержание действующих веществ в препаратах, % | Нормы внесения |
|---|---|---|---|
| 1 | Контроль (без обработки) | - | - |
| 2 | «ИММУНАКТ-ГК» | β-1,3-глюкан (0,5%), ВРП-3 (8%) | 20 мл на 2 л воды / 100 м$^2$ |
| 3 | «ИММУНАКТ-БИО» | β-1,3-глюкан (0,5%), ВРП-3 (8%) и Триходермин (Trichoderma sp. D-11, титр не менее 1 млрд. спор/мл) | 20 мл на 2 л воды / 100 м$^2$ |
| 4 | «ЭКОСИЛ» | тритерпеновые кислоты, 50 г/л | 2 мл препарата на 3 л воды / 100 м$^2$ |

**Определение содержания фотосинтетических пигментов.** Для экстракции пигментов использовали навеску листьев 30–40 мг. Экстракцию хлорофиллов (Хл) и каротиноидов производили 99,5%-м ацетоном в 3-х кратной повторности [12]. Количество пигментов в экстрактах определяли по спектрам поглощения. Содержание пигментов рассчитывали по формулам (1–3):

$$Ca = 9{,}784 \times E662 - 0{,}99 \times E644, \quad (1)$$

$$Cb = 21{,}426 \times E644 - 4{,}65 \times E662, \quad (2)$$

$$Ccar = 4{,}695 \times E440{,}5 - 0{,}268 \times (Ca + Cb), \quad (3)$$

где Ca – концентрация Хл *a*, мкг/мл;
Cb – концентрация Хл *b*, мкг/мл;
Ccar – концентрация каротиноидов, мкг/мл;
E – экстинкция при соответствующей длине волны.

Содержание фотосинтетических пигментов рассчитывали в мг/г сырой массы и мкг/см$^2$ площади листа.

**Определение активности перекисного окисления липидов.** Перекисное окисление липидов (ПОЛ) тестировали по количеству стабильного продукта переокисления липидов мембран – малонового диальдегида (МДА), определенного спектрофотометрически по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [12]. Растительный материал гомогенезировали в 5 mM фосфатном буфере (pH 7,2) и к полученному гомогенату добавляли равный объем 0,5% ТБК в 20% трихлоруксусной кислоте. Полученные образцы нагревали на кипящей водяной бане в течение 20 минут, охлаждали и центрифугировали при 7000 об/мин (центрифуга Microfuge 16, Beckman Coulter, США). Оптическую плотность супернатанта регистрировали фотометрически при 532 нм. Количество МДА рассчитывали с учетом миллимолярного коэффициента экстинкции комплекса МДА с ТБК, который с поправкой на неспецифическое поглощение при $\lambda = 650$ нм составил $1{,}55 \cdot 10^5\ М^{-1} \cdot см^{-1}$.

**Определение общего содержания фенольных соединений.** Содержание фенольных соединений определяли спектрофотометрическим методом путем определения суммы фенольных соединений (при длине волны 765 нм) с помощью комплексообразующих реагентов. Метод основан на реакции полифенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу, содержащим фосфоромолибдат и вольфрамат натрия, которые при восстановлении фенольными соединениями в щелочной среде образуют комплекс синего цвета (вольфрамовая синь), интенсивность окраски которого пропорциональна количеству фенольных соединений [14]. Фенольные соединения экстрагировали из растительного материала 96%-ным спиртовым раствором. Для этого 0,1 г растительного материала растирали до гомогената при температуре жидкого азота, добавляли 1,5 мл 96%-го спиртового раствора. Затем проводили инкубацию при 45$^0$C в течении 45 минут и центрифугировали 10 мин при 13000 об/мин (центрифуга Microfuge 16, Beckman Coulter, США). К 75 мкл надосадка после центрифугирования экстракта добавляли 1,2 мл дистиллированной воды и 75 мкл готовой коммерческой смеси Фолина-Чокальтеу. Через три минуты к полученной смеси добавляли 0,15 мл $Na_2CO_3$ (20%). В контроле вместо экстракта используют 75 мкл 96%-го спиртового раствора. Реакция проходит в темноте в течении суток при комнатной температуре. Содержание фенолов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре «СОЛАР-2201» (Беларусь) по поглощению при 765 нм продуктов окисления фенольных соединений вольфрамовой кислотой в щелочной среде, используя в качестве калибровочного стандарта галловую кислоту в соответствии с рис. 1. Суммарное содержание фенольных соединений выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты в пересчете на г сырой массы листьев.

**Статистическая обработка данных.** Исследования проводили в 3-кратной биологической повторности. Для статистической обработки экспериментальных данных и учета полученных результатов используются стандартные пакеты программ «Excel 2013», «Statistica 10.0» и статистические методы, принятые в области биологических исследований [15]. Статистическая обработка дан-

ных состояла в определении стандартной ошибки среднего квадратичного. Достоверность различий средних значений определяли по t-критерию Стьюдента и уровню значимости p. Статистически достоверными считались различия между показателями при $p \leq 0,05$ (отмечены * в таблицах).

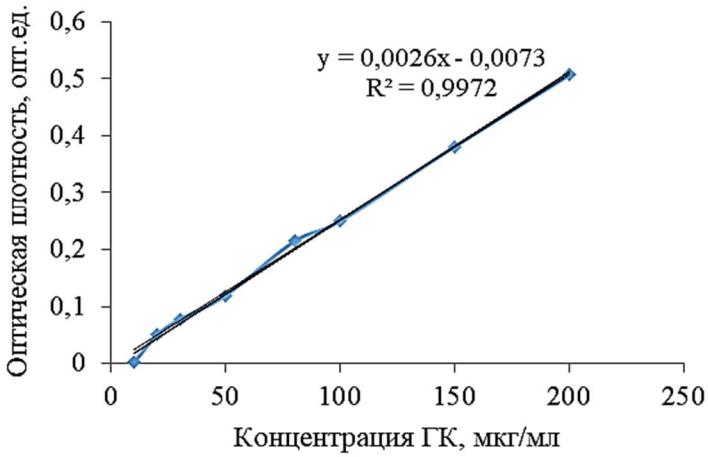



**Рис. 1.** Калибровочная кривая для определения содержания галловой кислоты

**Fig. 1.** Calibration curve for determination of gallic acid content

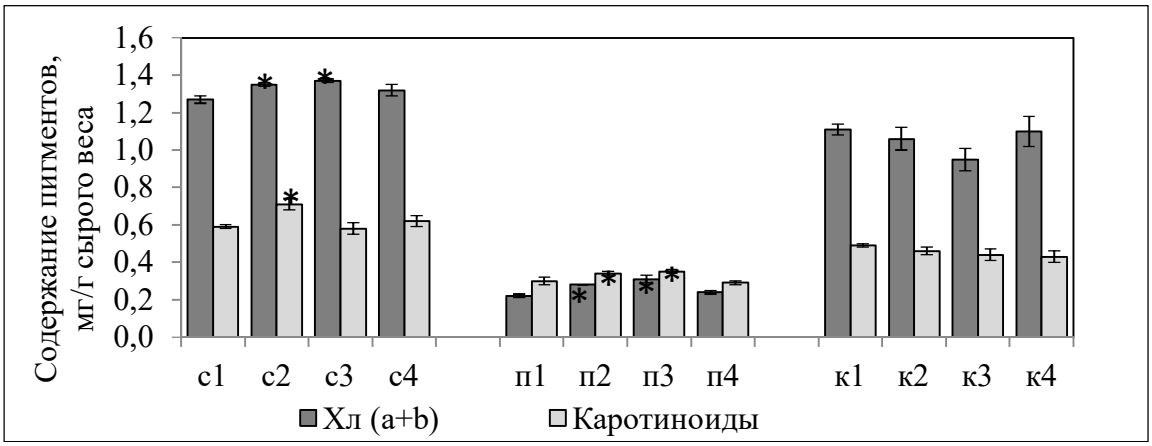
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ количественного содержания фотосинтетических пигментов показал, что обработка декоративных кустарников препаратами «ИММУНАКТ-ГК», «ИММУНАКТ-БИО» и стандартного регулятора роста «ЭКОСИЛ» стимулирует накопление хлорофилловых пигментов и каротиноидов. Однако, в зависимости от фазы развития кустарников в которой проводилась обработка препаратами, результаты несколько различались. Так, если обработка проводилась в фазе распускания почек, то в пересчете на единицу массы листа значимое повышение суммы (Хл a + Хл b) обнаружено у спиреи серой после обработки препаратами «ИММУНАКТ-ГК» на 6,3% и «ИММУНАКТ-БИО» на 7,87% (рис. 2). Повышенный относительно контроля на 20,34% уровень содержания каротиноидов выявлен только после обработки спиреи серой препаратом «ИММУНАКТ-ГК». У пузыреплодника калинолистного повышение суммы (Хл a + Хл b) обнаружено после применения препарата «ИММУНАКТ-ГК» на 27,27% и «ИММУНАКТ-БИО» на 40,91%, и общего содержания каротиноидов при применении этих же препаратов на 13,33% и 16,37% соответственно. При использовании стандартного регулятора роста «ЭКОСИЛ» значимых изменений не выявлено ни в одном из вариантов опыта. Опрыскивание кизильника блестящего препаратами «ИММУНАКТ-ГК», «ИММУНАКТ-БИО» и «ЭКОСИЛ» значимого повышения суммы (Хл a + Хл b) и каротиноидов не показало.

В пересчете на единицу площади листа значимое повышение суммы (Хл a + Хл b) у спиреи серой обнаружено после обработки препаратами «ИММУНАКТ-ГК» на 9,14% и «ИММУНАКТ-БИО» на 24,22% (рис. 3). Эти же препараты повлияли на повышение уровня содержания каротиноидов на 24,36% и 12,58% соответственно. У пузыреплодника калинолистного повышение суммы (Хл a + Хл b) обнаружено после применения всех исследованных препаратов: «ИММУНАКТ-ГК» на 20,25% и «ИММУНАКТ-БИО» на 48,10% и «ЭКОСИЛ» на 35,86%. Общее содержание каротиноидов достоверно увеличилось на 9,59% после обработки препаратом «ИММУНАКТ-БИО».

После опрыскивания кизильника блестящего все препараты дали значимое повышение суммы (Хл a + Хл b) от 6,36% до 11,76%, содержание каротиноидов повысилось на 14,33% только после использования препарата «ИММУНАКТ-БИО».

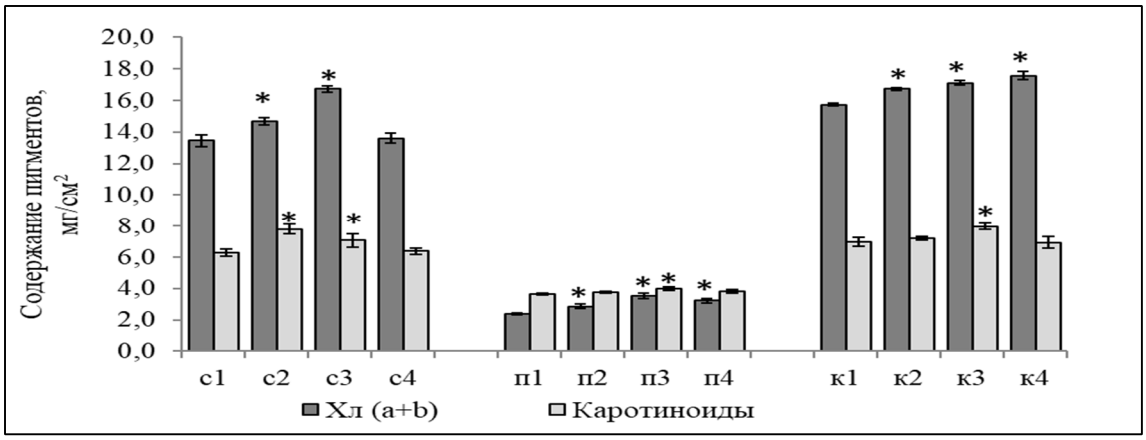
Проведение обработки декоративных кустарников в фазе цветения (рис. 4) показало, что в пересчете на единицу массы листа значимое повышение суммы (Хл a + Хл b) на 13,1% у спиреи серой обнаружено после обработки препаратом «ИММУНАКТ-БИО». У пузыреплодника калинолистного повышение суммы (Хл a + Хл b) и каротиноидов обнаружено только после применения препарата «ИММУНАКТ-ГК» на 33,3% и 14,71% соответственно. В исследуемой фазе развития кустарники кизильника блестящего положительной реакции не проявили ни в одном из вариантов опыта.




* – значения достоверно отличаются от контроля при $p \leq 0,05$; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ»

**Рис. 2.** Влияние обработки препаратами на содержание фотосинтетических пигментов у декоративных кустарников в фазе распускания почек (мг/г сырой массы листа)

**Fig. 2.** The effect of drug treatment on the content of photosynthetic pigments in ornamental shrubs in the budding phase (mg/g of raw leaf weight)




* – значения достоверно отличаются от контроля при $p \leq 0,05$; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ»

**Рис. 3.** Влияние обработки препаратами на содержание фотосинтетических пигментов у декоративных кустарников в фазе распускания почек (мг/см$^2$ поверхности листа)

**Fig. 3.** The effect of drug treatment on the content of photosynthetic pigments in ornamental shrubs in the budding phase (mg/cm$^2$ of leaf surface)

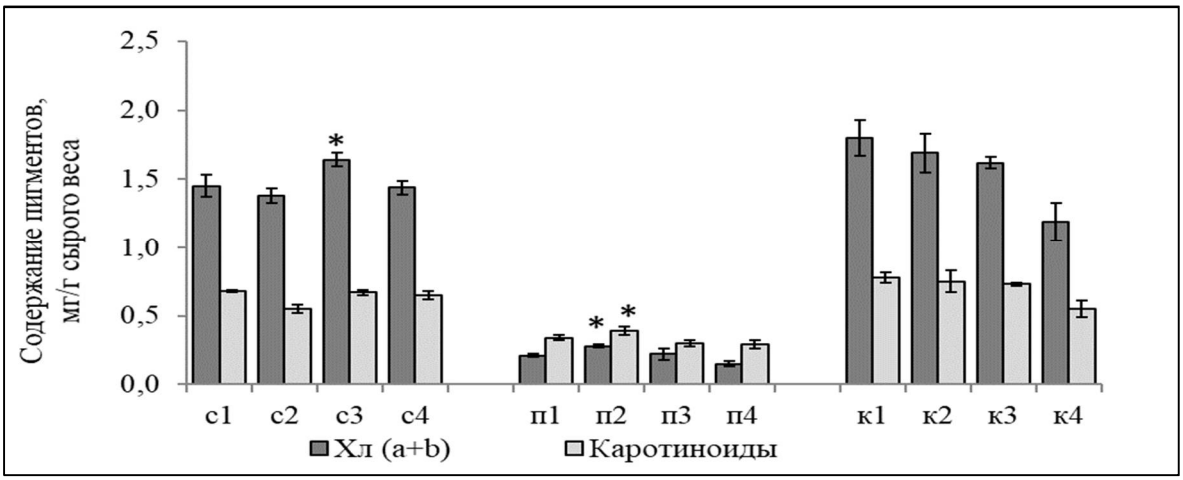
Пересчет суммы (Хл a + Хл b) и каротиноидов на единицу площади показал значимое увеличение только у пузыреплодника после применения препарата «ИММУНАКТ-ГК» на 86,89% и 32% соответственно (рис. 5).

Таким образом, полученные данные по использованию иммуномодулирующих препаратов «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» значительно превышают контрольные значения и значения, полученные после применения препарата «ЭКОСИЛ».

Для оценки действия исследуемых препаратов на протекание окислительных процессов у декоративных кустарников, произрастающих на урбанизированных территориях, изучено содержание конечного продукта ПОЛ – малонового диальдегида (МДА), количество которого является одним из важнейших показателей устойчивости растений к стрессу.

Установлено, что образование ТБК-активных продуктов несколько подавлялось при обработке препаратом «ИММУНАКТ-ГК» (рис. 6А) у спиреи серой в фазе распускания почек.

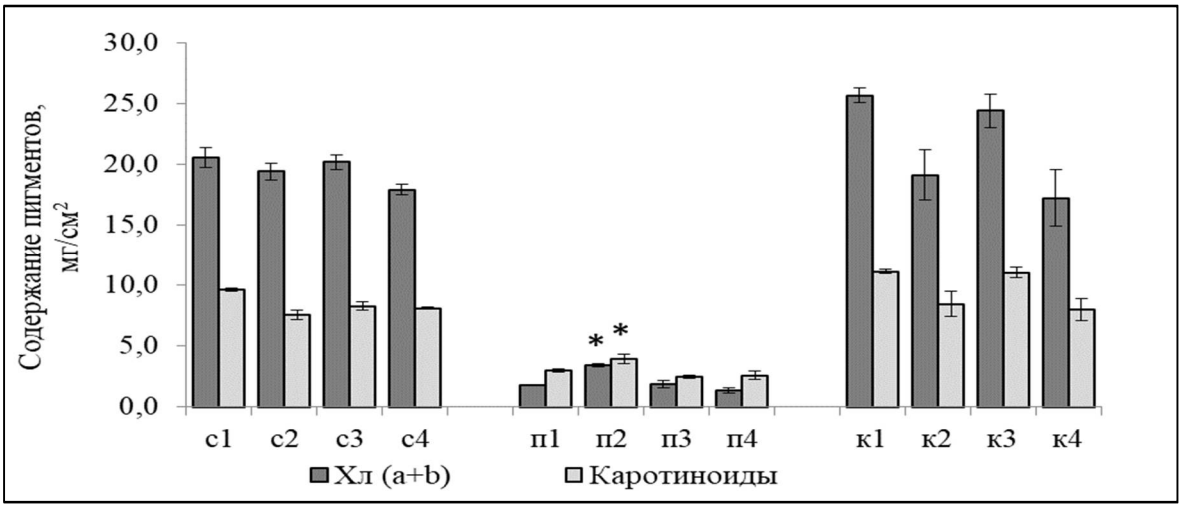
У пузыреплодника калинолистного значимое снижение МДА обнаружено при использовании всех препаратов в фазе цветения от 8,1% до 29,7% (рис. 6Б), а в фазе распускания почек к данному эффекту (снижение МДА на 9,57%) привело только использование препарата «ЭКОСИЛ» (см. рис. 6А).




* – значения достоверно отличаются от контроля при p≤0,05; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ»

**Рис. 4.** Влияние обработки препаратами на содержание фотосинтетических пигментов у декоративных кустарников в фазе цветения (мг/г сырой массы листа)

**Fig. 4.** The effect of drug treatment on the content of photosynthetic pigments in ornamental shrubs in the flowering phase (mg/g of leaf mass)




* – значения достоверно отличаются от контроля при p≤0,05; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ»

**Рис. 5.** Влияние обработки препаратами на содержание фотосинтетических пигментов у декоративных кустарников в фазе цветения (мг/см$^2$ поверхности листа)

**Fig. 5.** The effect of drug treatment on the content of photosynthetic pigments in ornamental shrubs in the flowering phase (mg/cm$^2$ of leaf surface)

Снижение МДА у кизильника блестящего наблюдалось только после обработки препаратом «ИММУНАКТ-БИО» (на 11,67%) (см. рис. 6Б).

Полученные данные служат подтверждением стабилизирующего действия исследуемых препаратов на хлоропластные мембраны, так как накопление продуктов ПОЛ в листьях растений, как правило, наблюдается при нарушении процессов переноса электронов в растительной клетке [16].

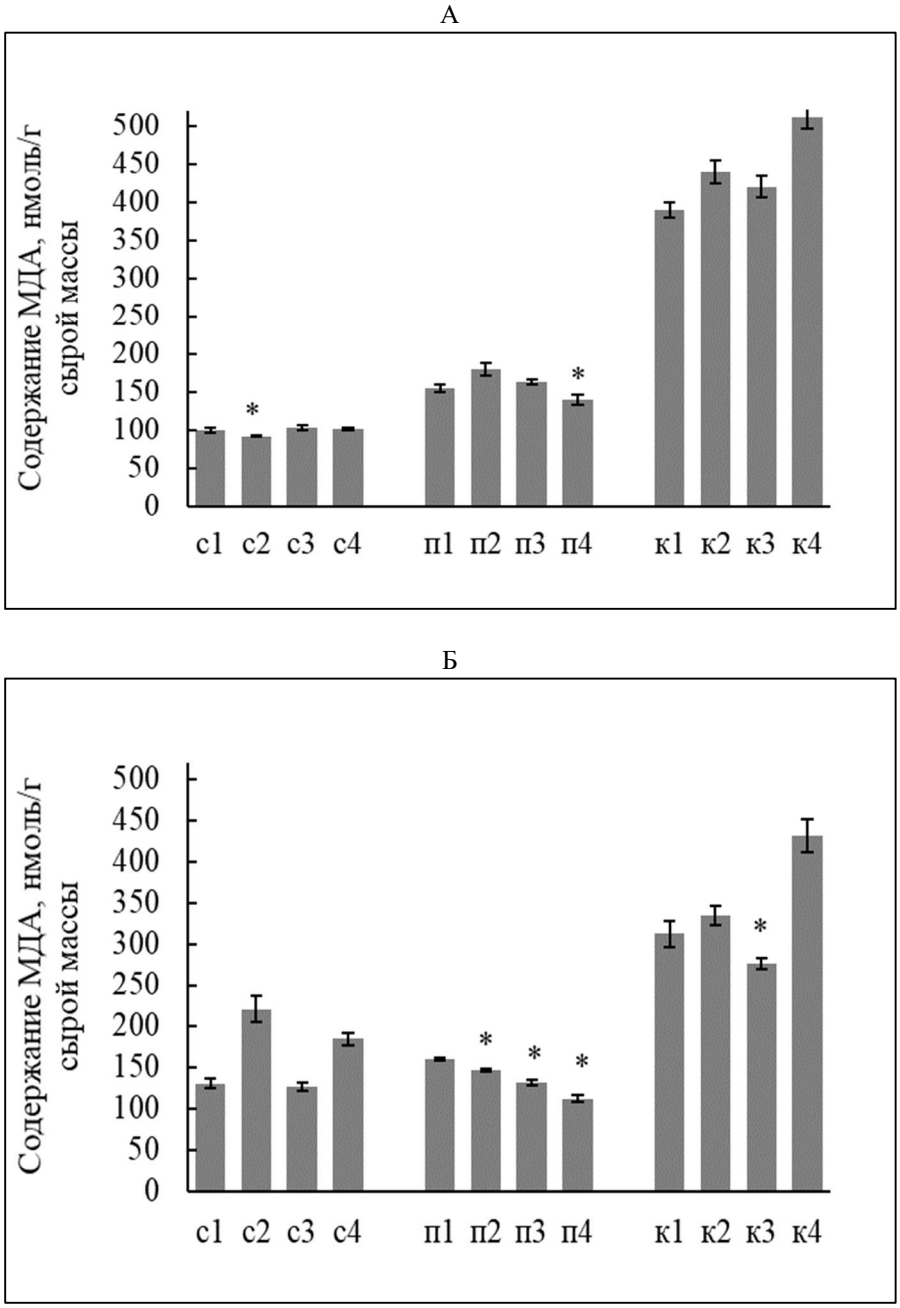
В ответ на стресс в растениях происходит стимуляция биосинтеза фенолов, которые могут выполнять сигнальные функции и запускать адаптивные механизмы. Многие из этих соединений обладают антиоксидантными свойствами, связывают свободные радикалы и предотвращают активацию ПОЛ в клеточных мембранах.

В проведенном исследовании отмечено повышение общего содержания фенольных соединений в листьях спиреи серой при использовании препаратов «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» как в фазе распускания почек (на 11,1% и 15,2% соответственно), так и в фазе цветения (на 17,41% и 21,69% соответственно), в то время, как обработка препаратом «ЭКОСИЛ»

повысила содержание фенолов только в фазе цветения на 23,75% (рис. 7А,Б).

У пузыреплодника калинолистного значимое повышение общего содержания фенольных соединений в листьях обнаружено при использовании всех препаратов в фазе цветения (максимальное значение составило 102,94% при применении препарата «ИММУНАКТ-ГК»), в фазе распускания почек только при использовании препаратов «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» на 13,04% и 11,3% соответственно (см. рис. 7А,Б).

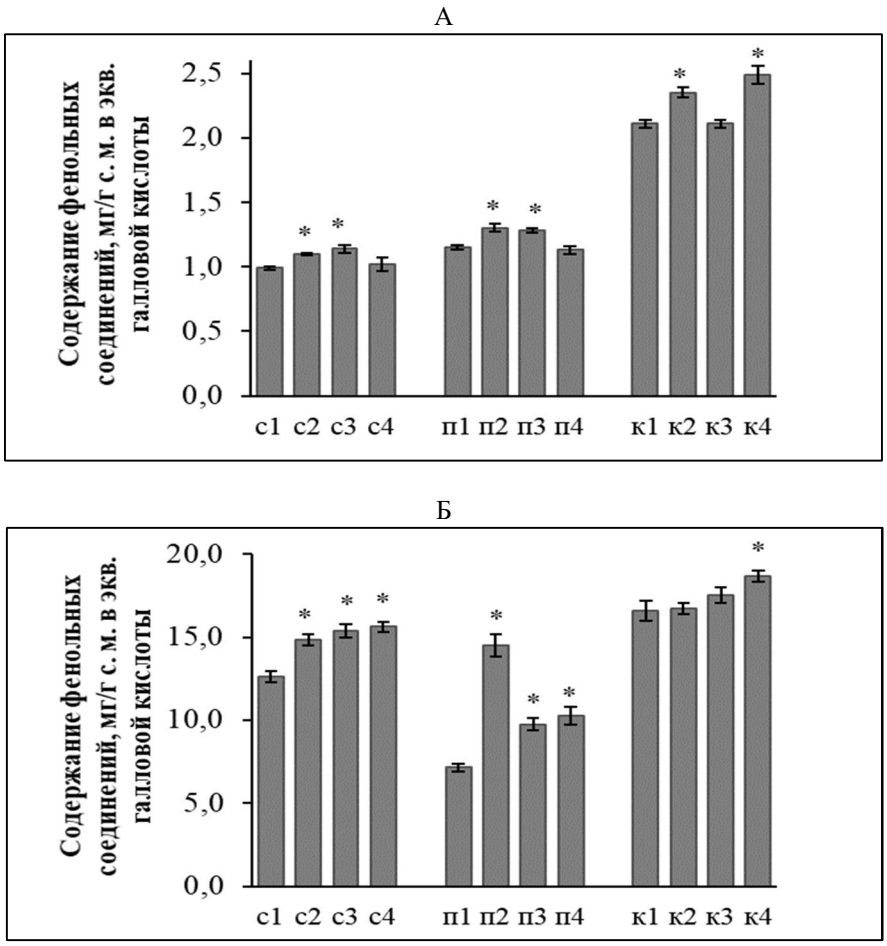
Повышение содержания полифенолов у кизильника блестящего в фазе распускания почек наблюдалось только после обработки препаратами «ИММУНАКТ-ГК» (на 11,37%) и «ЭКОСИЛ» (на 18,00%), а в фазе цветения только после обработки препаратом «ЭКОСИЛ» (на 12,41%), (см. рис. 7).




* – значения достоверно отличаются от контроля при $p \leq 0,05$; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ» А – исследования проводили в фазе распускания почек, Б – исследования проводили в фазе цветения

**Рис. 6.** Влияние обработки препаратами на содержание МДА в листьях декоративных кустарников

**Fig. 6.** The effect of drug treatment on the content of MDA in the leaves of ornamental shrubs




* – значения достоверно отличаются от контроля при $p \leq 0,05$; С – спирея серая, П – пузыреплодник калинолистный, К – кизильник блестящий; 1 – контроль, 2 – «ИММУНАКТ-ГК», 3 – «ИММУНАКТ-БИО», 4 – «ЭКОСИЛ» А – исследования проводили в фазе распускания почек, Б – исследования проводили в фазе цветения

**Рис. 7.** Влияние обработки препаратами на общее содержание фенольных соединений в листьях декоративных кустарников

**Fig. 7.** The effect of drug treatment on the total content of phenolic compounds in the leaves of ornamental shrubs

## Заключение

Показано, что препараты «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» на основе β-1,3-глюкана проявляют многостороннее положительное действие на физиолого-биохимические характеристики декоративных кустарников (спирея серая, пузыреплодник калинолистный, кизильник блестящий), произрастающих на урбанизированных территориях г. Минска. Изученные препараты стимулируют развитие фотосинтетического аппарата растений за счет увеличения содержания хлорофиллов и каротиноидов, индуцируют накопление в растениях фенольных соединений, что имеет существенное значение для укрепления клеточной стенки растительных клеток и способствует стабилизации уровня окислительных процессов в листовых тканях. Препараты «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» обладают иммуномодулирующей способностью, благоприятно влияют на рост и развитие растений, в связи с чем их можно рекомендовать для повышения устойчивости декоративных кустарников, произрастающих на урбанизированных территориях.

Проведенные исследования доказали, что препараты «ИММУНАКТ-ГК» и «ИММУНАКТ-БИО» по эффективности превосходят регулятор роста «ЭКОСИЛ». С учетом таких важных характеристик как срок хранения и стоимость, явное преимущество имеет препарат «ИММУНАКТ-ГК».

## Литература

1. Полякова, Н. В. Декоративные кустарники в ландшафтных композициях / Н. В. Полякова, Ф. К. Мурзабулатова // HORTUS Bot. – 2017. – Т. 12, № 12. – С. 761–771.

2. Ильминских, Н. Г. Особенности флорогенеза в условиях урбанизированной среды / Н. Г. Ильиминских // Состояние и перспективы исследования флоры средней полосы европейской части СССР : сб. тр. / МОИП. – Москва, 1984.

3. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.

4. Bastías, E. Interactive effects of excess boron and salinity on histological and ultrastructural leaves of *Zea mays* amylacea from the Lluta Valley (Arica-Chile) / E. Bastías, M. B. González-Moro, C. González-Murua // Cienc. E Investig. Agrar. – 2013. – Vol. 40, № 3. – P. 581–595.

5. Skórzyńska-Polit, E. Lipid peroxidation in plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress / E. Skórzyńska-Polit // Acta Soc. Bot. Pol. – 2011. – Vol. 76, № 1. – P. 49–54.

6. Чеснокова, Н. П. Механизмы структурной и функциональной дезорганизации биосистем под влиянием свободных радикалов / Н. П. Чеснокова, Е. В. Понукалина, М. Н. Бизенкова // Фундаментальные Исследования. – 2007. – № 4. – С. 110–121.

7. Владимиров, Ю. А. Свободнорадикальное окисление липидов и физические свойства липидного слоя биологических мембран / Ю. А. Владимиров // Биофизика. – 1987. – Т. 32, № 5. – С. 830–844.

8. Препараты нового поколения для защиты растений / Л. Ф. Горовой, И. И. Кошевский, В. В. Редько, В. В. Теслюк. – М. : Наука, 2010. – 45 с.

9. Leubner-Metzger, G. Functions and regulation of β-1,3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening / G. Leubner-Metzger // Seed Sci. Res. – 2003. – Vol. 13, № 1. – P. 17–34.

10. Багирова, С. Ф. Фундаментальная фитопатология / С. Ф. Багирова ; под ред. Ю. Т. Дьякова. – Красанд, 2012. – 508 с.

11. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений : [сайт]. – Минск, 2008–2025. – URL: https://ggiskzr.by/reestr-szr/ (дата обращения: 01.10.2025).

12. Шлык, А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – М. : Наука. – 1971. – С. 154–170.

13. Активность антиокислительной системы и интенсивность перекисного окисления липидов в растениях пшеницы в связи с сортовой устойчивостью к переувлажнению почвы / Ю. А. Калашников, Т. И. Балахнина, Р. Н. Беннингелли [и др.] // Физиол. раст. – 1999. – Т. 46. – С. 218–222.

14. Николаева, Т. Н. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение / Т. Н. Николаева, П. В. Лапшин, Н. В. Загоскина // Химия растительного сырья. – 2021. – №2. – С. 291–299.

15. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйш.школа, 1973. – 320 с.

16. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки / М. Н. Мерзляк. – М. : ВИНИТИ, 1989. – 168 с.

*Поступила в редакцию 13.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Лукша Виктория Ивановна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Кабашникова Людмила Федоровна*** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Пашкевич Любовь Валерьевна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Шпилевский Святослав Николаевич*** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Даркович Марина Андреевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Артемчук Яна Николаевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Гордиенко Софья Сергеевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Прохоров Валерий Николаевич*** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, главный научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Карасёва Елена Николаевна*** – кандидат биологических наук, заведующая сектором экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Бабков Алексей Владимирович*** – научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Сак Михаил Михайлович*** – старший научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Влияние препаратов «Иммунакт-ГК», «Иммунакт-БИО» и «Экосил» на фотосинтетический аппарат и окислительный статус в листьях декоративных кустарников на урбанизированных территориях / В. И. Лукша, Л. Ф. Кабашникова, Л. В. Пашкевич [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 214–223.

УДК 504.062.4; 581.524.34; 579.64

Е. А. МАСЛЮКОВ, А. А. ЛЕШКОВ, Г. И. БУЛАВКО, А. П. ЯКОВЛЕВ

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИАЗОТРОФНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В УСЛОВИЯХ ОБЕДНЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ СУБСТРАТОВ

*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,*
*Минск, Беларусь, e-mail: massl2001@yandex.by*

**Аннотация.** В ходе работы проведена оценка воздействия штаммов *Enterobacter*, *Rahnella* и *Pseudomonas* на физиолого-биохимические показатели растений редиса (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin) и агрохимические характеристики песчаного субстрата, симулирующего условия обедненных почв. Раскрыты основные морфофизиологические реакции растений редиса при выращивании в условиях поставленного модельного эксперимента. Отмечено положительное влияние препарата «Бактопин» на некоторые морфометрические показатели; оба препарата повышали общее содержание фенольных соединений и содержание растворимого белка; в значениях общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневых систем значимых различий обнаружено не было. Общее количество редуцирующих сахаров в корнеплодах опытных групп было снижено, что, вероятно, говорит о перераспределении углеводов. При анализе субстрата отмечалось повышение содержания подвижного фосфора и обменного калия в опытных вариантах; количество аммиачного азота значимо снижалось. В опытном варианте «Бактопин» наблюдалось повышение микробной биомассы и усиление почвенного дыхания.

**Ключевые слова:** бактериальные препараты, эдафические условия, биомасса, почвенное дыхание.

E. A. MASLYUKOV, A. A. LESHKOV, G. I. BULAVKO, A. P. YAKOVLEV

# PHYSIOLOGICAL AND AGROCHEMICAL EFFECTS OF DIAZOTROPHIC BACTERIAL COMPOSITIONS APPLIED IN NUTRIENT-POOR SOIL SUBSTRATES

*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,*
*Minsk, Belarus, e-mail: massl2001@yandex.by*

**Annotation.** The study assessed the impact of *Enterobacter*, *Rahnella*, and *Pseudomonas* strains on the physiological and biochemical parameters of (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin) plants and agrochemical characteristics of a sandy substrate simulating depleted soil conditions. The main morphophysiological responses of radish plants grown in the model experiment were described. A positive effect of the "Bactopin" preparation on some morphometric parameters was observed; both preparations increased the total content of phenolic compounds and soluble protein content; no significant differences were found in the values of the total and working absorbing surface of the root systems. The total amount of reducing sugars in the root crops of the experimental groups was reduced, which probably indicates a redistribution of carbohydrates. Analysing the substrate, an increase in the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium was noted in the experimental variants; the amount of ammonia nitrogen was significantly reduced. In the "Bactopin" experimental variant, an increase in microbial biomass and soil respiration was observed.

**Key words:** bacterial preparations, edaphic conditions, biomass, soil respiration.

## Введение

Одна из центральных проблем в области охраны и воспроизводства природных ресурсов – восстановление и введение и хозяйственную деятельность территорий, нарушенных в ходе добывающих работ. В последние 10 лет в Беларуси наблюдается тенденция к снижению площадей нарушенных земель (порядка 6% в год) [1], однако рекультивация территорий остается востребованной, поскольку, например, на территории Гродненской и Минской областей удельный вес рекультивированных территорий в общей площади сельскохозяйственных земель составляет 0,8% [2]. В целом же по данным НИИ почвоведения и агрохимии НАН Беларуси на 2018 год общая площадь эродированных и эрозионно опасных почв на сельскохозяйственных землях составляла более 4 млн. га, в том числе на пахотных – около 2,6 млн. га [3]. Более того, широкомасштабное освоение территорий зачастую влечет за собой и прочие негативные тенденции:

уменьшение плодородия почв, усиление водной и ветровой эрозии, дисбаланс гумуса, усиление внутриполевой неоднородности почвенного покрова [4]. Таким образом, трансформация земель, в том числе в процессе добычи ископаемых, может наносить серьезный экологический урон и препятствовать естественному восстановлению растительного покрова. Так, задача, сформулированная в последние годы – минимальное изъятие земель и скорейшее вовлечение в народнохозяйственный оборот ранее не используемых территорий [5].

Биологическая рекультивация с применением почвенных микроорганизмов – один из механизмов восстановления растительного покрова и эдафических характеристик на эродированных и/или обедненных территориях. Так, например, известен способ рекультивации земель, нарушенных при добыче угля, включающий в себя инокуляцию бактериями родов *Rahnella* и *Enterobacter*. Предполагается, что в процессе происходит ускоренное образование гумуса, что способствует увеличению сапрофитной микрофлоры. Более того, данные роды бактерий могут усиливать гнилостные процессы, повышать pH кислых грунтов, а также относятся к разряду азотфиксирующих, способных повышать в ризосфере концентрацию гуминовых, карбоновых и аминокислот, витаминов группы В [6]. С другой стороны, бактерии рода *Pseudomonas* способны мобилизировать фосфор из фосфорсодержащих белков и нуклеиновых кислот среды, что улучшает минеральное питание растения [7].

Создание двухкомпонентных бактериальных препаратов – один из способов повышения ризосферного потенциала. Так, ассоциация микроорганизмов, значимо повышающих доступность азота и фосфора для корневой системы, положительно влияет на ростовые процессы, а штаммы ризосферных микроорганизмов, входящих в них, принято называть PGPR (Plant Growth Promotion Rhizosphere). Данные бактерии способны воспроизводить ряд экзометаболитов, включая антибиотики, сидерофоры, ферменты, репелленты. Основные требования, выдвигающиеся к данным микроорганизмам – вирулентность, специфичность, конкурентоспособность; также необходим высокий титр активных клеток, транспортабельность и экологичность [8].

***Pseudomonas.*** Сегодня широкий ряд бактериальных добавок разрабатывается на основе рода *Pseudomonas*, штаммы которого могут обладать комплексной антагонистической активностью. По отношению к усваиванию азота псевдомонады относятся к свободноживущим диазотрофам, ассоциативным азотфиксаторам. Итак, известно, что псевдомонады способны синтезировать такие регуляторы роста, как ауксины, цитокинины и гиберрелины. С другой стороны, они могут улучшать фосфорное питание растения путем гидролиза органических фосфатов под воздействием фосфатаз или растворения минеральных фосфатов за счет продуцирования органических кислот. Также псевдомонады синтезируют широкий спектр антибиотиков, способных замедлять рост и развитие фитопатогенных грибов и бактерий: феназины, пиолютеорины, флюроглюцины, оомицины; общий перечень антибиотиков включает порядка 50 наименований. К противомикробной системе защиты относится и выработка цианистого водорода – супрессора фитопатогенов. Зачастую функционал псевдомонад включает в себя выработку сидерофоров, успешно связывающих ионы железа, тем самым, лишающих фитопатогены необходимого макроэлемента [9]. Круг питания псевдомонад очень широк, также они способны к деградации пестицидов, содержащих бром, фтор и ртуть. Специфической чертой псевдомонад является возможность денитрификации – обратного перевода нитратного азота в наиболее стабильную, газообразную форму, при этом возникает риск потери местообитанием общего содержания азота.

***Rahnella.*** *Rahnella aquatilis*, используемая в рецептуре препарата «Бактопин», относится к ассоциативным диазотрофам. Это микроорганизм, часто выделяемый из ризосферы, эндосферы и филлосферы пшеницы, рапса и других культур. *R. aquatilis* также выделяют из ризосферной почвы и корней цветочных культур, картофеля, арахиса, кофе и кукурузы. Данные бактерии имеют широкий спектр применения: от древесных до посевных; демонстрируют положительное влияние на ростовые показатели и приживаемость. Так, например, в [10] бактерия называется «агентом биологического контроля»: при сочетанном использовании с *Trichoderma orientale* в условиях *in vitro* способствует усвоению цинка и фосфора, подавляет действие патогенов и повышает всхожесть семян вплоть до 92%. Отмечалось, что инокуляция корней и оболочек семян способствует защите от фитопатогена *Xanthomonas axonopodis*, вызывающего язвенную болезнь и бактериальное увядание. Nif-опероны позволяют участвовать в азотфиксации. В [11] описана способность повышения устойчивости к солевому стрессу и утечке электролитов при инокуляции *R. aquatilis*. Также при обработке NaCl в зеленой массе наблюдается снижение продукции малонового альдегида и усиление активности супероксиддисмутазы.

***Enterobacter.*** Энтеробактерии – один из доминирующих видов в прикорневой среде, представленный в ризобиоме многих сельскохозяйственных культур. Отличительные особенности – синтез гормона АСС (1-аминоциклопропан, 1-карбоксилатдезаминазы), способного снижать уровень этилена в корнях ювенильных растений, минерализация фосфатов и образование ИУК. Также род способен стимулировать рост растений посредством выделения активных летучих соединений (2,3-бутандиол и ацетоин) [12]. В [13] также указывается на способность рода защищать растение от окислительного стресса за счет увеличения количества антиоксидантных ферментов. На базе НПЦ НАН Беларуси по земледелию проводилось тестирование *Enterobacter*-содержащего препарата «Гордебак» для предпосевной обработки семян рапса. Выявлено повышение некоторых морфометрических показателей и масличности семян, параллельно с этим инкрустация препаратом значимо повысила рентабельность и снизила себестоимость полученной продукции [11].

Таким образом, в заданных препаратах содержатся бактериальные композиции, зарекомендовавшие себя как эффективные при применении на широком спектре культур и обладающие выраженными азотфиксирующими, фосфатмобилизирующими и антипатогенными свойствами.

## ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

***Тест-объект.*** Редис (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin) – однолетнее крестоцветное растение, обладающее высокой пищевой ценностью и зачастую используемое в качестве модельного тест-объекта. Растение отличается высоким содержанием белка в вегетативной массе, наличием в корнеплоде лизоцима, клетчатки, холина, аскорбиновой кислоты и витамина В1. Редис является не только популярной овощной культурой, но и часто применяемым типовым тест-объектом, использующимся в экологическом мониторинге. Так, редис используется при оценке фитотоксичности почв, водного режима, аллелопатической активности.

Формирование первых листьев и начало фотосинтеза приходится на первую неделю культивирования. Во время 2–3 недель происходит наращивание вегетативной массы за счет активности апикальных меристем и углубление корня. Начиная с 3 недели появляются боковые корни, корневые волоски и происходит наращивание корнеплода.

При проведении работы использовали однолетний раннеспелый сорт «Дуро». В качестве субстрата применяли песчаную смесь с добавлением грунта «Двина» в соотношении 3:1 с целью имитации территории, обедненной в результате технических мероприятий. Семена высаживали на глубину ≈3 см в контейнеры V=1 л. Культивирование проводили на протяжении 2 месяцев с трехкратной прикорневой обработкой 2%-ми растворами препаратов «Гордебак» и «Бактопин» в объеме 10 мл/растение. Выращивание производили без досветки, в условиях естественного дневного освещения при продолжительности светового дня 11–12 часов.

Основой препарата «Бактопин» являлись совместно культивируемые бактерии диазотрофа *Rahnella aquatilis* БИМ В-704Д (2,3*$10^9$ КОЕ/мл) и гетеротрофного ростстимулирующего фосфатмобилизующего микроорганизма *Pseudomonas putida* БИМ В-702Д (1,8*$10^9$ КОЕ/мл) с добавлением популяции АМГ. Препарат «Гордебак» получен путем совместного глубинного культивирования ассоциативного *Enterobacter sp.* В-402Д и фосфатмобилизующего *Enterobacter sp.* В-409Д ((5,0-6,0)*$10^9$ КОЕ/мл). Производство – Институт микробиологии НАН Беларуси.

После окончания периода выращивания растения извлекали из грунта, определяли массу надземной части, массу клубня и подземного корня, площадь листовой поверхности (ImageJ, NIH, США).

Методом Фолина-Чокальтеу с экстракцией в 96%-м этаноле определяли общее содержание фенольных соединений в листовых пластинах редиса [14]. Методом Брэдфорда определяли содержание растворимого белка [15], по методу Сабинина-Колосова определяли общую и рабочую адсорбирующую поверхность корневых систем (ПЭ-5300ВИ, РФ) [16]. Методом пламенной фотометрии определяли содержание электролитов в листовых пластинках растений и содержание биодоступного калия и фосфора в субстрате (BWB Flash, Великобритания). Фенол-сернокислым методом определяли содержание редуцирующих сахаров в корнеплодах редиса [17]. Из почвенно-микробиологических показателей общепринятыми методами определяли почвенное дыхание [18], биомассу микроорганизмов [19] и коэффициент метаболической активности [20].

Статистическую обработку данных проводили в MS Excel 2010.

## Результаты исследования и их обсуждение

Ключевые морфометрические показатели контрольных и опытных растений, измеренные по окончании культивирования, представлены на рис. 1. Из графиков на рис. 1 следует, что в группе, обрабатываемой препаратом «Бактопин», наблюдается рост вегетативной части и корневой системы; в этой же группе закономерно увеличивается площадь листовой поверхности, что является стратегической адаптацией к условиям обедненной почвы.

На рис. 2 приведены физиологические показатели исследуемых растений. Известно, что биологическая активность фенольных соединений заключается в связывании ионов тяжелых металлов, катализирующих окислительные процессы, с образованием устойчивых неактивных комплексов. Фенольные соединения также взаимодействуют с высокоактивными свободными радикалами и способны гасить цепные свободнорадикальные процессы [21]. Таким образом, увеличение содержания фенольных соединений в опытных группах говорит о повышении антиоксидантного статуса. Синхронное повышение содержания общего белка в обеих опытных группах сигнализирует об усилении продуктивности растений и активизации метаболических путей. С другой стороны, не выявлено значимых различий в площади общей и рабочей поверхности корней.

Примечательно, что в растениях опытных вариантов значительно снижался уровень редуцирующих сахаров (рис. 3). С другой стороны, это согласуется с повышением концентраций фенольных соединений и белка. Известно, что перераспределение редуцирующих сахаров из корнеплода в надземную часть растений происходит через флоэмный транспорт сахарозы с последующим преобразованием в гексозу, которая питает верхушечные органы. Так, подобная мобилизация углеводных запасов из корнеплода является естественной реакцией на биотический и физический стресс [22], что на рис. 1 подтверждается увеличением листовой поверхности и сырой массы надземной части в опытной группе «Бактопин» относительно контрольных растений при отсутствии значимых различий в массе корнеплода.

В ходе макроэлементного анализа (рис. 4) зеленой массы получены неоднозначные результаты: в опытных группах был повышен уровень кальция, что, как правило, увеличивает прочность и эластичность клеточных стенок, улучшает контроль мембранной проницаемости и усиливает сигнальную функцию за счет присутствия элемента в кальмодулине [23]. Повышение калия также говорит о более благоприятных условиях роста, однако резкое снижение натрия еще предстоит интерпретировать.

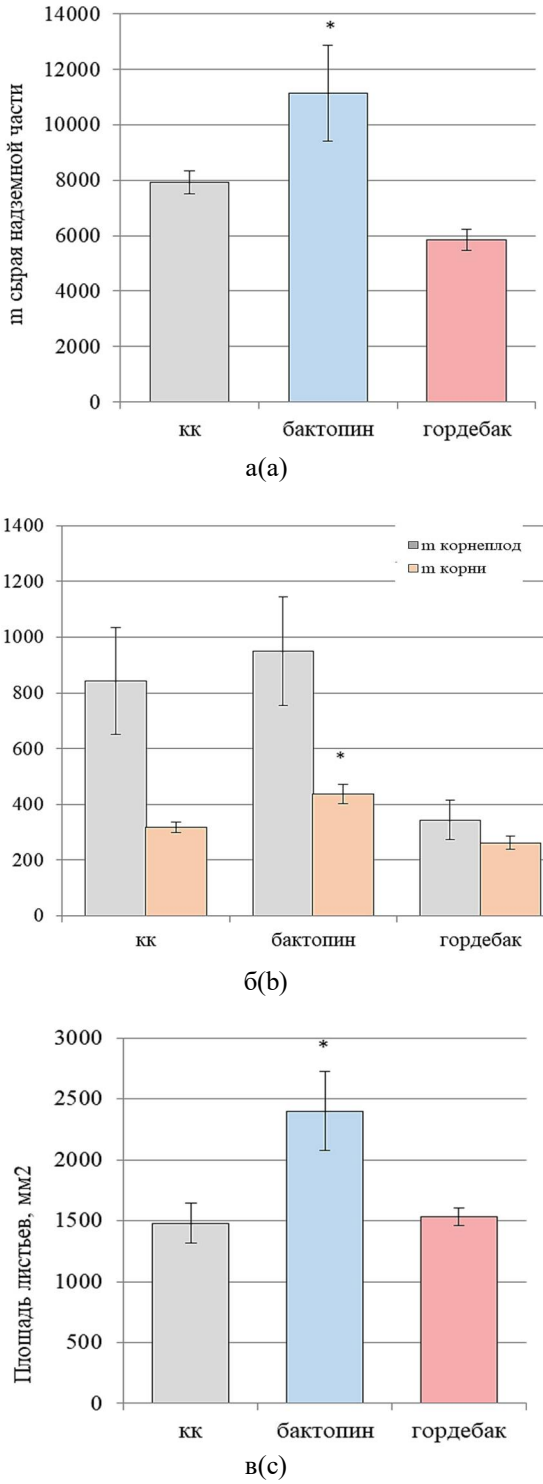



**Рис. 1.** Морфометрические показатели растений редиса: а – сырая масса надземной части, б – сырая масса корнеплодов и корней, в – площади листовых поверхностей

**Fig. 1.** Morphometric parameters of radish plants: a – fresh mass of the aboveground part, b – fresh mass of root-crops and roots, c – leaf surface area

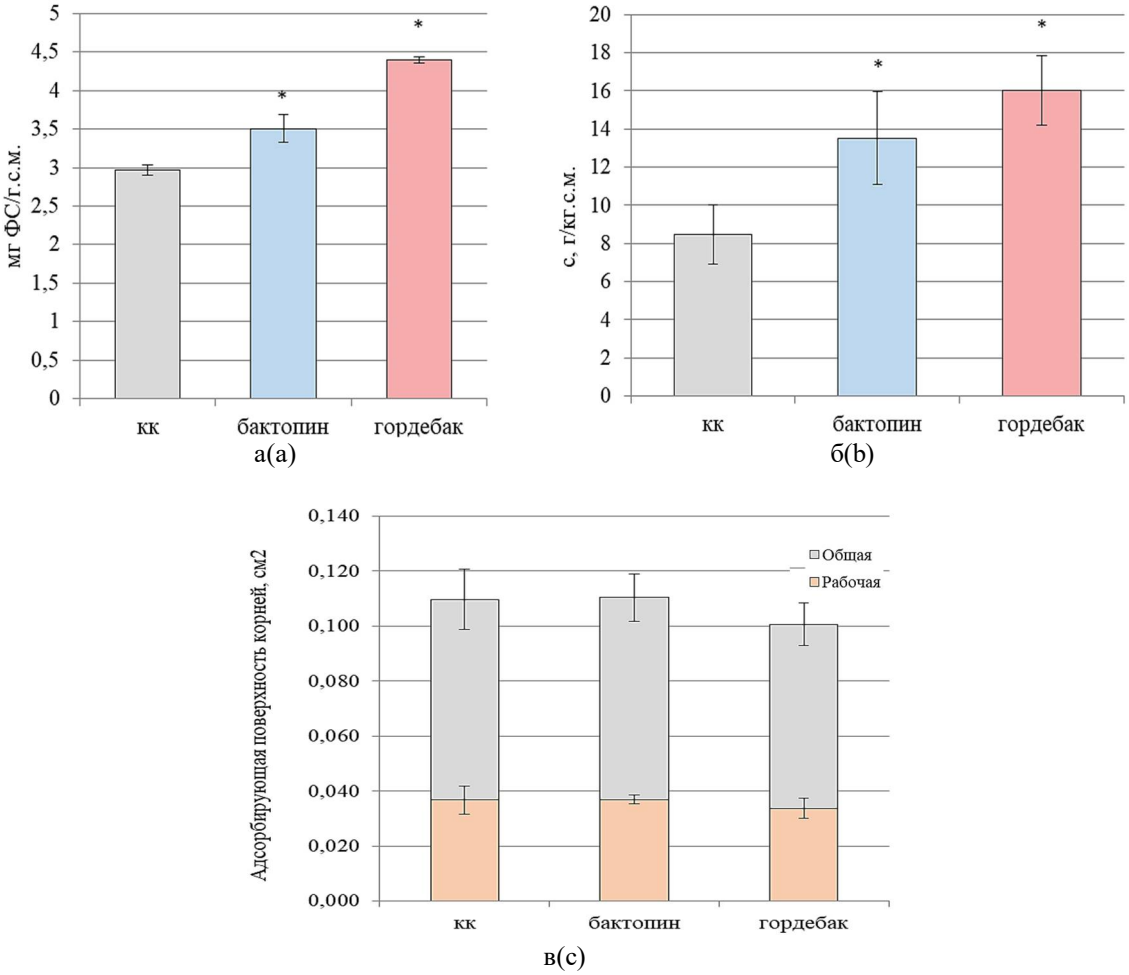



**Рис. 2.** Физиологические показатели растений редиса:
а – общее содержание фенольных соединений, б – общее содержание белка,
в – площадь общей и рабочей адсорбирующей поверхности корней

**Fig. 2.** Physiological parameters of radish plants:
a – total content of phenolic compounds, b – total protein content, c – total and working adsorbing roots' surface are

Далее проанализированы основные агрохимические показатели (табл. 1). Содержание подвижного фосфора и обменного калия играет немаловажную роль: фосфор способствует развитию корневой системы и интенсивности углеводного обмена; калий регулирует степень раскрытия устьиц, а также стимулирует $H^+$-транспортный аппарат клеток [24]. В обоих опытных вариантах их содержание было значимо повышено. Снижение аммиачного азота в ризосфере может свидетельствовать о протекающих процессах нитрификации.

Согласно микробиологическим показателям, препарат «Бактопин» увеличивает биомассу микроорганизмов в прикорневой зоне и, соответственно, усиливает почвенное дыхание. Это сигнализирует о закреплении в ризосфере микробного сообщества и повышении ферментативной активности почвенной микробиоты (табл. 2).

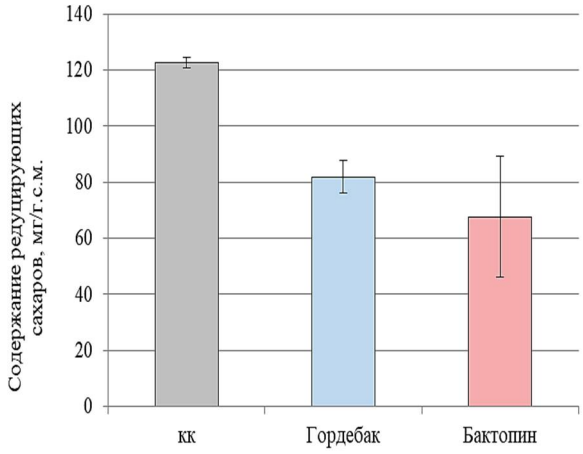
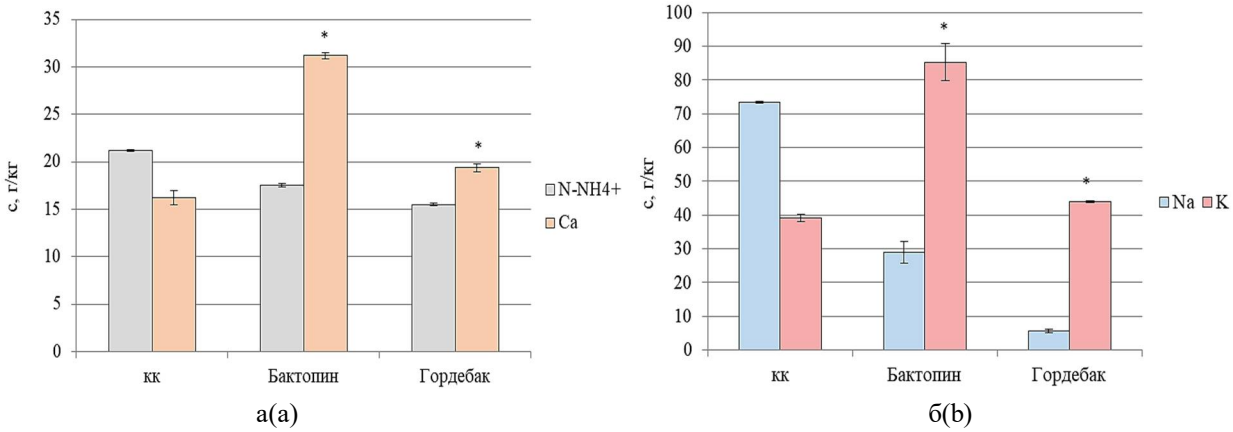



**Рис. 3.** Общее содержание редуцирующих сахаров в корнеплодах редиса

**Fig. 3.** Total content of reducing sugars in radish root-crops




а(a) б(b)

**Рис. 4.** Макроэлементный состав листовых пластин растений редиса:
а – содержание кальция и аммиачного азота, б – содержание натрия и калия

**Fig. 4.** Macroelement composition of radish plant leaves:
a – calcium and ammonia nitrogen content, b – sodium and potassium content

**Таблица 1.** Агрохимические показатели песчаного субстрата

**Table 1.** Agrochemical indicators of sandy substrate

| Вариант | $pH_{H2O}$ | $pH_{KCl}$ | $m(N\text{-}NO_3)$, мг/кг$_{почв.}$ | $m(N\text{-}NH_4)$, мг/кг$_{почв.}$ | $m(P_2O_5)$, мг/кг$_{почв.}$ | $m(K_2O)$, мг/кг$_{почв.}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| кк | 7,3 | 7,1 | 17,6 ± 0,9 | 74,2 ± 2,1 | 214,0 ± 2,4 | 43,9 ± 1,4 |
| Бактопин | 7,6 | 7,2 | 13,2 ± 0,9 | 55,3 ± 2,7 | 222,0 ± 3,1 | 47,5 ± 1,2 |
| Гордебак | 7,7 | 7,2 | 32,0 ± 2,6 | 35,7 ± 2,4 | 267,7 ± 3,3 | 49,0 ± 1,0 |

**Таблица 2.** Микробиологические показатели песчаного субстрата

**Table 2.** Microbiological indicators of sandy substrate

| Вариант | Дыхание почвы, мкг $CO_2$ / г почвы / ч | Биомасса, мкгС / г почвы | Коэффициент метаболической активности микроорганизмов (Q) |
|---|---|---|---|
| кк | 0,56±0,02 | 150,1±16,2 | 0,28 |
| Бактопин | 0,66±0,02 | 168,1±6,2 | 0,3 |
| Гордебак | 0,56±0,02 | 124,1±2,9 | 0,34 |

## Заключение

Проведенные агрохимические и физиологические анализы позволяют проследить, каким образом прикорневое внесение заданных бактериальных препаратов изменяет качественный состав субстрата и продуктивность тест-культуры. Выявлено, что добавление 2%-го раствора препарата «Бактопин» при культивировании растений *Raphanus sativus* в условиях закрытого грунта создает более благоприятные условия для адаптации растений и накопления биомассы.

Ни в контрольной, ни в опытных группах не был полностью реализован потенциал продуктивности растений, однако отмечается, что в опытных вариантах наблюдается ряд физиологических предпосылок к более успешному развитию вегетативной части и корнеплода. Отмечали, что форма, размеры и массы корнеплодов опытных вариантов имеют большую вариативность по сравнению с контрольными растениями.

Таким образом, бактериальный препарат «Бактопин» следует рассматривать как перспективное экологичное биоудобрение в условиях обедненных почв и продолжать изучение его эффектов на прочие растительные культуры.

## Литература


1. Другаков, Е. А. Динамика образования нарушенных земель в Республике Беларусь / Е. А. Другаков // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, Могилев,18–19 апреля 2024 г. / Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: БГУТ, 2024. – С. 428.
2. Антропогенное преобразование почв Беларуси / Г. С. Цытрон, Т. Н. Азаренок, В. А. Калюк, Е. В. Горбачева // Земля Беларуси. – 2011. – №. 2. – С. 37–40.
3. Белых, Е. С. Деградация земель в Республике Беларусь / Е. С. Белых, Ю. А. Королькова // Культура и экология – основы устойчивого развития России. Человеческий капитал как ключевой ресурс зеленой экономики : материалы Международного форума, Екатеринбург, 13-16 апреля 2018 г. - Екатеринбург: УрФУ, 2018. – Ч. 1. – С. 155–158.
4. Червань, А. Н. Методические подходы и практическое применение результатов оценки деградации земель/почв Беларуси / А. Н. Червань, Н. Н. Цыбулько, В. М. Яцухно // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86. – №. 1. – С. 55–68.
5. Лашук, В. О. Современное состояние земельных ресурсов Беларуси / В. О. Лашук // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. – 2016. - №4. – С. 406–409.
6. Патент № 2072756 C1 Российская Федерация, МПК A01B 79/02. способ рекультивации нарушенных при добыче угля земель : № 94023111/15 : заявл. 15.06.1994 : опубл. 10.02.1997 / А. П. Красавин, И. В. Катаева, С. В. Васильева [и др.] ; заявитель Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт охраны окружающей среды в угольной промышленности, Производственное объединение «Челябинскуголь».
7. Баймухамбетова, А. С. Разработка и перспективы использования удобрения-фитостимулятора «Бактосойл» для сельскохозяйственных культур на основе бактерий рода *Bacillus* / А. С. Баймухамбетова, Д. К. Магзанова // ББК 60© ООО «Центр научных исследований и консалтинга». – 2017. – С. 69.
8. Сытников, Д. М. Биотехнология микроорганизмов азотфиксаторов и перспективы применения препаратов на их основе / Д. М. Сытников // Biotechnologia Acta. – 2012. - №5(4). – С. 34–35.
9. Боронин, А. М. Биологические препараты на основе псевдомонад / А. М. Боронин, В. В. Кочетков //Агро XXI. – 2000. – №. 3. – С. 3–5.
10. Sallam, N. M. A. Synergistic effects of *Rahnella aquatilis* and *Trichoderma orientale* in biocontrol of common bacterial blight in bean / N. M. A. Sallam, M. F. Aldayel // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2025. – Т. 35. – №. 1. – С. 9.
11. Эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян рапса ярового / И. М. Наумович, Я. Э. Пилюк, В. М. Белявский, Е. П. Решетник // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №. 1. – С. 102–105.
12. Enterobacter: role in plant growth promotion / C. K. Jha, A. Aeron, B. V. Patel [et al.] // Bacteria in agrobiology: Plant growth responses. – 2011. – P. 159–182.
13. Милентьева, И. С. Перспективы использования микробных препаратов для снижения окислительного стресса сельскохозяйственных растений / И. С. Милентьева, М. Ю. Жарко, Л. А. Проскурякова // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – №. 4. – С. 750–761.
14. Singleton, V. L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent / V. L. Singleton, R. Orthofer, R. M. Lamuela-Raventos // Methods in enzymology. – 1999. – Vol. 299. – P. 152–178.
15. Hammond, J. B. The bradford method for protein quantitation / J. B. Hammond, N. J. Kruger // New protein techniques. – 1988. – P. 25–32.
16. Нюкалова, М. А. К методике определения поглотительной емкости корней растений / М. А. Нюкалова // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс], Красноярск, 15–25 апреля 2013 года / отв. ред. О. А. Краев. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. – [б/с]. – http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section093.html.
17. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances / M. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton [et al.] // Analytical Chemistry. – 1956. – Vol. 28. – P. 350-356.
18. Микробное дыхание почв подтайги и лесостепи европейской части России: полевой и лабораторный подходы / Н. Д. Ананьева, С. В. Сушко, К. В. Иващенко, В. И. Васенев // Почвоведение. – 2020. – № 10. – С. 1276–1286.
19. Anderson, J. P. E. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J. P. E. Anderson, K. H. Domsch // Soil Biol. Biochem. – 1978. – Vol. 10. – № 3. – P. 215–221.
20. Ананьева, Н. Д. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания / Н. Д. Ананьева, Е. А. Сусьян, Е. Г. Гавриленко // Почвоведение. – 2011. – № 11. – С. 1327–1333.
21. Особенности накопления фенольных соединений европейскими и азиатскими разновидностями редиса (*Raphanus sativus* L.) / А. Б. Курина, А.М. Артемьева, А.Е. Соловьёва [и др.] // Фенольные соединения: функциональная роль в растениях: Сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума, Москва, 14–19 мая 2018 года / отв. ред. Н.В. Загоскина. – Москва: PRESS-BOOK.RU, 2018. – С. 233–237.
22. Генетический контроль развития запасающего корня / К. А. Кузнецова, И. Е. Додуева, А. А. Паутов [и др.] // Физиология растений. – 2020. – Т. 67. – №. 4. – С. 339–356.

23. Битюцкий, Н. П. Минеральное питание растений: учебник / Н. П. Битюцкий. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2022. – 540 с.

24. Богдан, М. М. Взгляд на проблему: исследование роли макро- и микроэлементов в метаболизме растительных организмов / М. М. Богдан // Исследования в области естественных наук. – 2012. – № 8 [Электронный ресурс]. – URL: https://science.snauka.ru/2012/08/1020 (дата обращения: 03.06.2025).

*Поступила в редакцию 14.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Маслюков Евгений Анатольевич*** – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений и агрохимии Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Лешков Алексей Алексеевич*** – младший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений и агрохимии Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Булавко Галина Ивановна*** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений и агрохимии Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Яковлев Александр Павлович*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией экологической физиологии растений и агрохимии Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

Физиологические и агрохимические эффекты применения диазотрофных бактериальных композиций в условиях обедненных почвенных субстратов / Е. А. Маслюков, А. А. Лешков, Г. И. Булавко, А. П. Яковлев // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 224–231.

УДК 58.04

П. А. НЕБЫШИНЕЦ, К. Р. КЕМ, Т. В. САМОВИЧ, Н. А. ЛАМАН

# ВЛИЯНИЕ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТА И ОРГАНИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ

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

**Аннотация.** Исследовано влияние полимерных покрытий семян на основе поливинилацетата в органическом растворителе с включенными в компонентный состав брассиностероидами (брассинолид и эпибрассинолид) на рост и развитие проростков льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.), выращенных в условиях водного дефицита, и кукурузы (*Zea mays* L.) в условиях солевого стресса (NaCl). Выявлено, что базовый и комплексный пленкообразующие составы с брассиностероидами стимулируют увеличение длины надземной части у льна в среднем на 21% по сравнению со стрессовым контролем и пленкообразующим составом без брассиностероидов в условиях водного дефицита, а также на 3–4% увеличивают всхожесть семян. В опытах с кукурузой варианты с добавлением брассиностероидов также показали положительные результаты. Так, длина надземной части увеличилась на 22% при выращивании проростков на солевом растворе с концентрацией 0,5% NaCl, тогда как при концентрации соли 1% этот показатель не имел достоверных отличий от контрольного варианта. Средняя длина главного корня в вариантах с брассиностероидами увеличилась на 113% относительно стрессового контроля при NaCl 0,5%, и на 30% при NaCl 1%.

**Ключевые слова:** адаптация к стрессу, засухоустойчивость растений, солевой стресс, брассинолид, эпибрассинолид, регуляция роста.

P. A. NEBYSHINETS, K. R. KEM, T. V. SAMOVICH, N. A. LAMAN

# THE INFLUENCE OF SEED INCRUSTATION WITH FILM-FORMING COMPOSITIONS BASED ON POLYVINYL ACETATE AND AN ORGANIC SOLVENT ON THE GROWTH OF SEEDLINGS UNDER STRESS CONDITIONS

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

**Annotation.** The effect of polymer seed coatings based on polyvinyl acetate in an organic solvent with the brassinosteroids (brassinolide and epibrassinolide) included in the component composition on the growth and development of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) seedlings grown under water deficit conditions and maize (*Zea mays* L.) under salt (NaCl) stress was studied. It was found that the basic and complex film-forming compositions with brassinosteroids stimulated an increase in the length of the above-ground part of flax by an average of 21% compared to the stress control and the film-forming composition without brassinosteroids under water deficit conditions, and also increased seed germination by 3–4%. In experiments with maize, variants with the addition of brassinosteroids also showed positive results. Thus, the length of the aboveground part increased by 22% when seedlings were grown in a saline solution with a concentration of 0.5% NaCl, while at a salt concentration of 1%, this indicator did not differ significantly from the control. The average length of the main root in the treatments with brassinosteroids increased by 113% relative to the stress control at 0.5% NaCl, and by 30% at 1% NaCl.

**Keywords:** stress adaptation, plant drought tolerance, salt stress, brassinolide, epibrassinolide, growth regulation.

## Введение

Использование высококачественных семян является одним из лучших способов получения максимальной урожайности сельскохозяйственных культур. Такие семена позволяют получать высокие результаты даже при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды в период вегетации, что достигается за счет их высокой полевой всхожести, дружности прорастания и устойчивости проростков на начальном этапе развития [1]. Однако любые культуры, даже вы-

ращенные из качественного посевного материала, подвергаются широкому спектру биотических и абиотических стрессов, приводящих к снижению продуктивности растений [2].

Одним из главных способов защиты растений является предпосевная обработка семян пленкообразующими составами (ПС). В зависимости от компонентов смеси такая обработка может стимулировать рост и фактическую продуктивность растений. Покрытие семян используется для внесения биостимуляторов, питательных веществ и других агентов (включая инокуляты), которые могут снижать негативное воздействие биотических и абиотических стрессов.

Брассиностероиды (БС) – это класс растительных стероидов природного происхождения, которые играют ключевую роль в широком спектре общебиологических и клеточных механизмов, включая удлинение стебля, развитие пыльцевой трубки, скручивание листьев, созревание плодов, синтез этилена, работу протонной помпы, сегментацию ксилемы, содержание хлорофилла и т. д. [3, 4]. Идентификация эндогенных стероидных гормонов растений была результатом почти 30-летних усилий по выявлению новых стимулирующих рост веществ, присутствующих в пыльцевых зернах различных видов растений [5]. Митчелл и др. [4] обнаружили, что экстракт пыльцы *Brassica napus* обладает ростостимулирующей активностью, а неустановленное активное соединение было названо брассином. Специфическое стимулирующее рост действие брассина выявлено во многих биологических исследованиях, включая биотест на втором междоузлии фасоли [5]. Основываясь на способности данных веществ вызывать заметные изменения в росте и дифференцировке тканей при низких концентрациях, авторы [6] предположили, что брассины представляют собой новое семейство растительных гормонов, ныне известных как брассиностероиды. С 1980-х годов проводятся исследования, направленные на изучение потенциальных экономических преимуществ БС в сельскохозяйственном производстве. Химический синтез аналогов БС открывает путь к коммерческому производству разнообразных форм данных соединений для последующих исследований связи между их структурой и активностью [7, 8]. Эпибрассинолид (ЭБЛ) и гомобрассинолид (ГБЛ) являются одними из наиболее эффективных ростостимуляторов среди БС. Детальные исследования в этой области показали, что экзогенное применение данных БС может значительно повышать урожайность и качество конечной продукции некоторых культур [9]. Однако результаты могут несколько отличаться в зависимости от способа применения, стадии развития и внешних факторов. В целом, благодаря применению БС у растений повышается устойчивость к таким стрессовым факторам, как водный дефицит, засоление почвы, воздействие низких и высоких температур [10, 11]. Учитывая большой потенциал использования БС в качестве стимуляторов роста и стрессовых адаптогенов растений и важность получения высоких урожаев для устойчивого производства, можно предположить наличие потенциальной экономической выгоды от применения в сельском хозяйстве данных фитогормонов, как по отдельности, так и в многокомпонентных смесях [12, 13].

Целью данной работы являлось изучение влияния инкрустации семян кукурузы и льна-долгунца ПС на основе поливинилацетата (ПВА) и органического растворителя (изопропанол) на рост и развитие растений в условиях солевого стресса (кукуруза) и при водном дефиците (лен-долгунец).

## Объекты (материалы) и методы

В Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси нами создан ПС на основе ПВА и органического растворителя (изопропанола) [14–16]. Метод основан на использовании растворителя, как способа доставки веществ внутрь семян; в это же время ПВА, благодаря высокой адгезии, формирует прочное тонкое покрытие (рис. 1).

Ключевые преимущества: безводная среда растворителя позволяет вводить гидрофобные соединения (протравители, регуляторы роста и др.), а также наносить большие дозы препарата. При этом растворенное вещество проникает под семенную оболочку, а испаряющийся растворитель не изменяет влагосодержания семян.

Объектами исследования являлись семена и проростки кукурузы (*Zea mays* L.) сорта Полесский 121СВ, и льна-долгунца (*Línum usitatissimum* L.) сорта Грант.

В качестве экспериментальной схемы использована полная рандомизированная схема с трехкратной повторностью. Обработанные семена льна и кукурузы проращивали 10 суток (кукуруза) и 7 суток (лен) при освещенности 23–26 клк (световой период: 14 ч свет / 10 ч темнота), температуре 23±1°С и влажности почвы 65–70%. Для выращивания использовали пластиковые контейнеры с крышкой (0,5 л). Наполнение: лен – грунт универсальный (pH – 6,0–7,0), кукуруза –

кварцевый песок (фракция 0,8–1,6 мм). Влажность грунта и песка строго контролировали весовым методом с ежедневной корректировкой до постоянной массы. При появлении первых всходов кукурузы, контейнеры поливали питательным раствором Хогланда в количестве ¼ от полной дозы. Контролем служили варианты с необработанными семенами (оптимальный и стрессовый контроли). В опыте со льном, все варианты кроме оптимального контроля подвергали водному дефициту (50% от полной влагоемкости). Солевой стресс для кукурузы создавали поливом помещенных в песок семян соответствующими растворами хлорида натрия (0,5 и 1%).

*Варианты обработок:*

1) лен-долгунец: 1. Контроль оптимальный; 2. Контроль (засуха); 3. 10% уксусная кислота (УК); 4. Изопропанол; 5. ПС базовый (ПСб); 6. ПСб + брассинолид (БЛ) $1 \cdot 10^{-6}$ М; 7. ПСб + ЭБЛ $2 \cdot 10^{-7}$ М; 8. ПС комплексный (ПСк); 9. ПСк + БЛ $1 \cdot 10^{-6}$ М; 10. ПСк + ЭБЛ $2 \cdot 10^{-7}$ М.

2) кукуруза: 1. Контроль оптимальный; 2. Контроль (NaCl); 3. ТМТД ВСК[1]; 4. 10% УК; 5. ПСб; 6. ПСб + БЛ 10-8 М; 7. ПСб + ЭБЛ 10-8 М; 8. ПСк + БЛ 10-8 М; 9. ПСк + ЭБЛ 10-8 М.

*Виды ПС:*

1) базовый – 40 г/л ПВА (ДФ51/15В[2]), 100 мл/л ледяной УК, 40 г/л ТМТД[3], изопропанол[4], pH 5,5−6,5;

2) комплексный – 40 г/л ПВА (ДФ51/15В), 100 мл/л ледяной УК, 40 г/л ТМТД, 0,36 г/л $K_2HPO_4$, 0,1 мл/л раствора микроэлементов (м/э)[5] по Хатнеру [17, 18], изопропанол, pH 5,5−6,5.

Статистическую значимость анализировали с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и post-hoc теста Тьюки ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$).

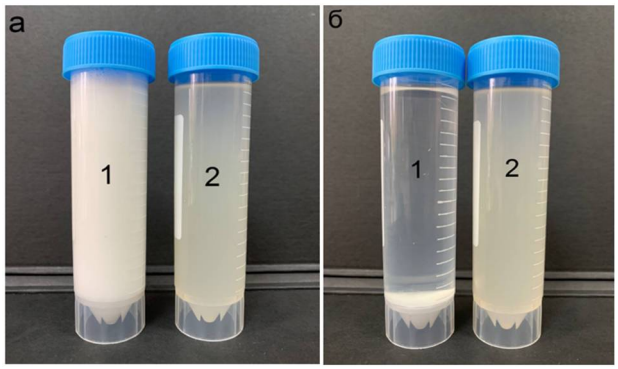



**Рис. 1.** Внешний вид 2% водной суспензии ПВА (1) и пленкообразующего состава: 2% ПВА в изопропаноле в форме коллоида (2) свежеприготовленных (а) и при длительном хранении (б)

**Fig. 1.** Appearance of a 2% aqueous PVA suspension (1) and film-forming composition: 2% PVA in isopropanol in colloidal form (2) freshly prepared (a) and after prolonged storage (b)

## Результаты исследования и их обсуждение

Фото, представленное на рис. 2 демонстрирует различие проростков льна разных вариантов опыта. Несмотря на то, что все растения, за исключением оптимального контроля, выращены в условиях стресса, проростки льна, семена которых предварительно обработаны базовым составом с БЛ и ЭБЛ (№ 5 и 6) имеют более насыщенный цвет и широкие семядольные листья по сравнению с вариантами без БС. Проростки вариантов с комплексным ПС и добавлением БС (№ 8 и 9), визуально неотличимы от оптимального контроля.

При исследовании всхожести семян льна-долгунца выявлено, что вариант № 9 превышал показатель стрессового контроля на 4,7% и находился на уровне оптимального контроля. В остальных вариантах опыта показатель всхожести соответствовал уровню стрессового контроля № 1 (табл. 1).

[1] ТМТД ВСК – коммерческий препарат (водно-суспензионный концентрат) в соответствующей инструкции применения дозировке;

[2] ДФ51/15В – заводская маркировка ПВА, соответствующая гомополимерной, грубодисперсной, поливинилацетатной дисперсии, пластифицированной дибутилфталатом, стабилизированной поливиниловым спиртом;

[3] ТМТД – диметилкарбамотиоилсульфанил N, N-диметилкарбамодитиоат, действующее вещество, чистое, в порошкообразном виде;

[4] Во всех пленкообразующих составах готовили некоторое количество смеси всех компонентов, доводили до метки (1 л) изопропанолом;

[5] В качестве микроудобрений взят раствор микроэлементов по Хатнеру, содержащий (мг/л): бор – 2, железо – 1, медь – 0,4, цинк – 5, марганец – 1,4, кобальт – 0,4, молибден – 0,6. Раствор м/э выбран из множества других из-за оптимального соотношения элементов и длительного срока хранения, что важно для дальнейших исследований и внедрения в практику. Расчет необходимого количества фосфора (гидрофосфата калия) и м/э осуществляли исходя из требований сельскохозяйственных культур в питательных элементах при посеве.




**Рис. 2**. Внешний вид 7-дневных проростков льна, выращенных в условиях водного дефицита:
К – оптимальный контроль, 1. Контроль засуха, 2. УК, 3. Изопропанол,
4. ПС базовый (ПСб), 5. ПСб + БЛ $1 \cdot 10^{-6}$ М, 6. ПСб + ЭБЛ $2 \cdot 10^{-7}$ М,
7. ПС комплексный (ПСк), 8. ПСк + БЛ $1 \cdot 10^{-6}$ М, 9. ПСк + ЭБЛ $2 \cdot 10^{-7}$ М

**Fig. 2.** Appearance of 7-day-old barley seedlings grown under water deficit conditions:
K – optimal control, 1 – drought control, 2. AA, 3. Isopropanol, 4. FFC base (FFCb),
5. FFCb + BL $1 \cdot 10^{-6}$ M, 6. FFCb + EBL $2 \cdot 10^{-7}$ M, 7. FFC complex (FFCc),
8. FFCc + BL $1 \cdot 10^{-6}$ M, 9. FFCc + EBL $2 \cdot 10^{-7}$ M

**Таблица 1.** Влияние обработок на всхожесть семян льна, выращенных в условиях водного дефицита

**Table 1.** The effect of treatments on the germination of flax seeds grown in conditions of water scarcity

| № п.п. | Вариант | Всхожесть, % |
|---|---|---|
| К | Контроль оптимальный | 95,56 |
| 1 | Контроль засуха | 91,11 |
| 2 | УК | 92,22 |
| 3 | Изопропанол | 92,22 |
| 4 | ПСб | 91,11 |
| 5 | ПСб+БЛ | 93,33 |
| 6 | ПСб+ЭБЛ | 92,22 |
| 7 | ПСк | 90,00 |
| 8 | ПСк+БЛ | 93,33 |
| 9 | ПСк+ЭБЛ | 95,56 |
| Примечание: за оптимальный контроль принимали вариант, где необработанные семена выращивали при полноценном поливе, без стресса засухи. | | |

Что касается проростков кукурузы, выращенных в условиях солевого стресса, то процент всхожести при концентрации NaCl 0,5% несколько варьирует, но выраженных закономерностей не наблюдается (табл. 2). Замечено, что при концентрации NaCl 1% в вариантах с обработкой базовым ПС и гормонами, всхожесть снижалась на 3–6% по сравнению с контролем (0,5% NaCl) и другими вариантами.

Что касается длины надземной части проростков льна-долгунца, то выявлено достоверно значимое увеличение данного показателя в вариантах с обработкой комплексным и базовым ПС с гормонами. Так, в вариантах ПСб+БЛ и ПСб+ЭБЛ длина надземной части увеличилась на 14% относительно стрессового контроля, а в вариантах ПСк+БЛ и ПСк+ЭБЛ на 28% и 26% соответственно (рис. 3). Все остальные варианты были на уровне стрессового контроля.

**Таблица 2.** Влияние обработок на всхожесть семян кукурузы, выращенных в условиях солевого стресса

**Table 2.** The effect of treatments on the germination of corn seeds grown under salt stress

| № п.п. | Вариант | Всхожесть, % | |
|---|---|---|---|
| | | *Концентрация NaCl, %* | |
| | | *0,5* | *1,0* |
| 1 | Контроль | 100,00 | 94,67 |
| 2 | ТМТД ВСК | 96,00 | 97,33 |
| 3 | УК | 100,00 | 96,00 |
| 4 | ПСб | 100,00 | 97,33 |
| 5 | ПСб+БЛ | 98,67 | 96,00 |
| 6 | ПСб+ЭБЛ | 97,33 | 93,33 |
| 7 | ПСк+БЛ | 98,67 | 92,00 |
| 8 | ПСк+ЭБЛ | 100,00 | 96,00 |
| Примечание: за 100% принят вариант, выращенный при 0,5% NaCl. | | | |

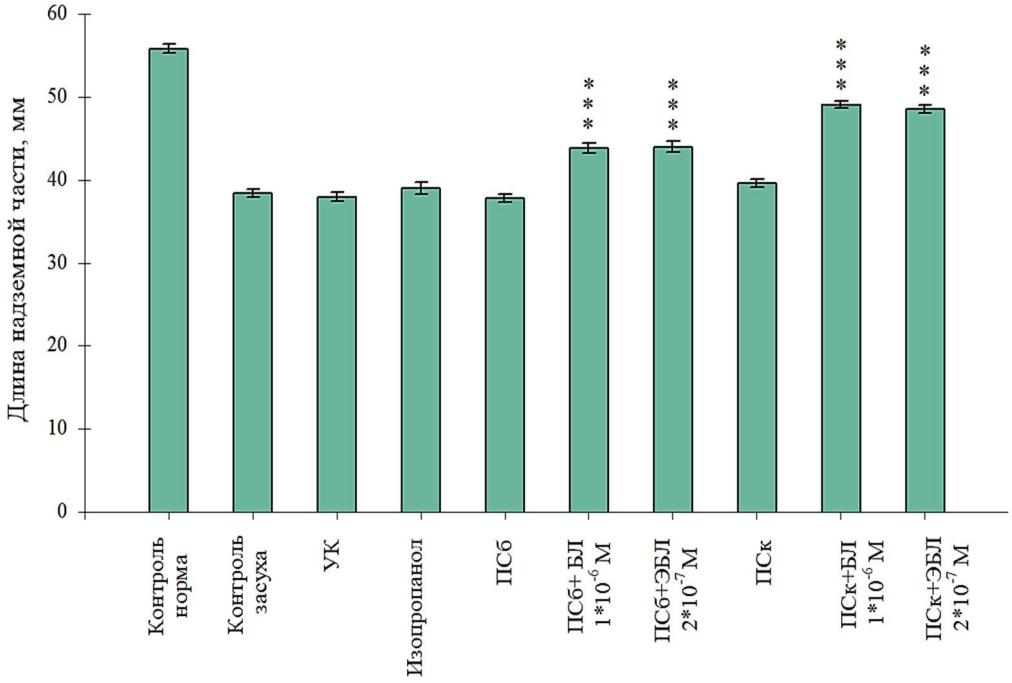



**Рис. 3**. Длина надземной части проростков льна, выращенных в условиях водного дефицита; звездочка указывает на статистически значимое отличие от стрессового контроля (*** p≤0,001)

**Fig. 3**. The length of the aboveground part of flax seedlings grown in conditions of water scarcity; an asterisk indicates a statistically significant difference from stress control (*** p<0,001)

В опытах с проростками кукурузы установлено, что при меньшем солевом стрессе (0,5%) во всех вариантах обработок семян прирост длины надземной части составил 15–29% и главного корня 87–140% относительно стрессового контроля. Самый высокий прирост отмечен в вариантах обработок ПСб+ЭБЛ и ПСк+ЭБЛ (рис. 4). В опыте с 1% раствором соли длина надземной части ингибировалась при обработке семян ТМТД ВСК и УК, а для остальных вариантов обработок оставалась на уровне стрессового контроля. Длина главного корня стимулировалась для всех вариантов обработок, кроме обработки УК. Наибольшее среднее значение длины выявлено в вариантах ПСб+БЛ (29% к стрессовому контролю) и ПСк+ЭБЛ (32% к стрессовому контролю).

Для выяснения влияния ПС на развитие проростков, и выявления стимулирующих эффектов, взвесили по 10 проростков льна и кукурузы каждого варианта опыта на завершающих этапах экспериментов (взвешивали целые растения). Определили, что наибольшая масса проростков у льна и кукурузы (рис. 5) была также в вариантах с БС в составе, что согласуется с данными по морфологии (см. рис. 3 и 4).

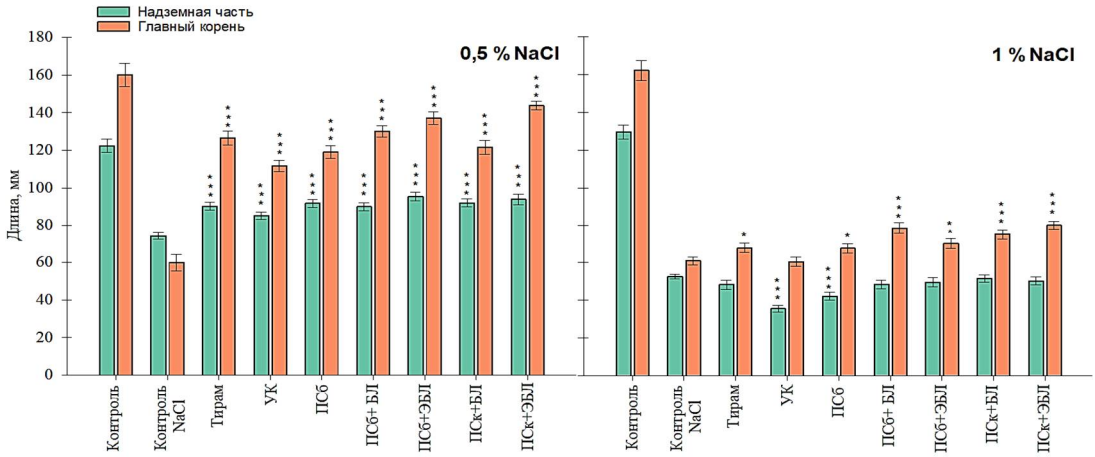



**Рис. 4**. Длина надземной и подземной части растений кукурузы, выросших в условиях солевого стресса; звездочки указывают на статистически значимое отличие от стрессового контроля (* p≤0,05, ** p≤0,01, *** p≤0,001)

**Fig. 4**.Length of the above-ground and below-ground parts of corn plants grown under salt stress conditions; the asterisk indicates a statistically significant difference from the stress control (* p≤0,05, ** p≤0,01, *** p≤0,001)

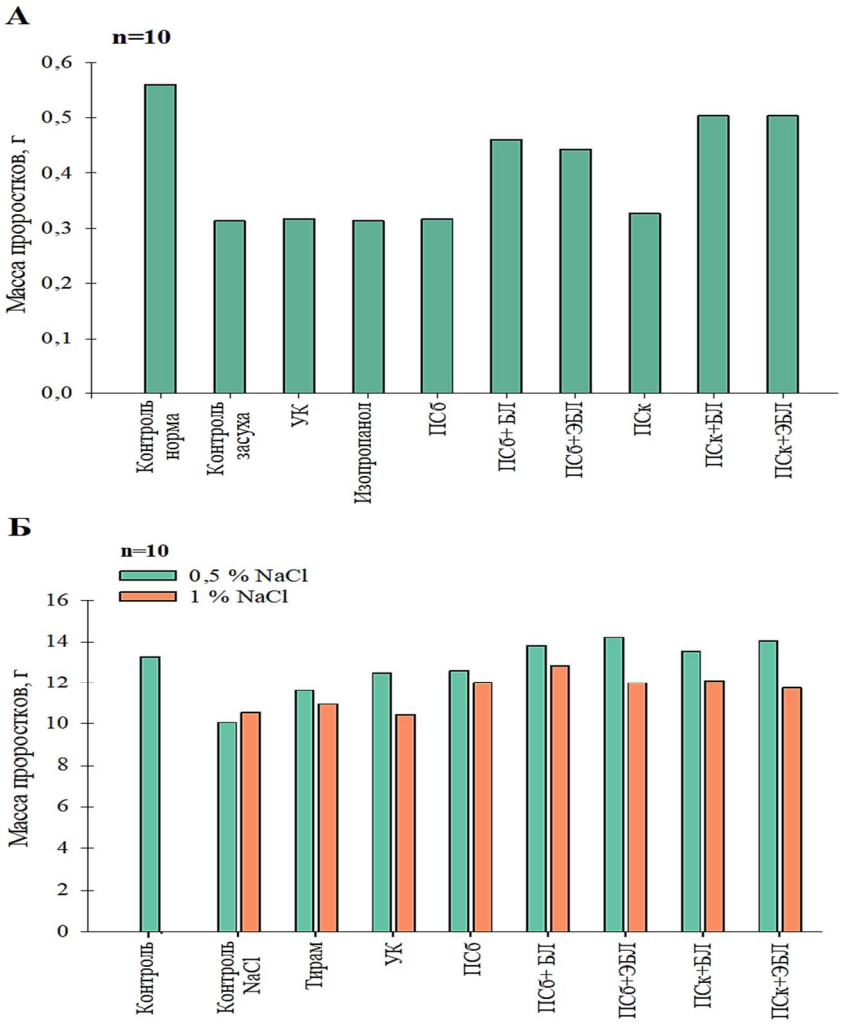



**Рис. 5**. Масса десяти проростков льна (А) и кукурузы (Б), выращенных в условиях стресса засухи и засоления

**Fig. 5**. The mass of ten flax (A) and corn (Б) seedlings grown under stress of drought and salinity

## Заключение

Согласно полученным экспериментальным данным, покрытие семян поливинилацетатными пленкообразующими композициями, обогащенными БС (БЛ, ЭБЛ) позволяет существенно снижать негативное воздействие стресса засухи на проростки льна-долгунца и солевого стресса на проростки кукурузы. Так, в опытах со льном, в вариантах с инкрустацией семян брассиностероид-содержащими ПС (базовым и комплексным), всхожесть выше по сравнению со стрессовым контролем на 2–5%, а также наблюдалось выраженное визуальное отличие от других вариантов опыта. Выявлено, что добавление брассиностероидов БЛ и ЭБЛ в состав ПС (как базового, так и комплексного), стимулирует увеличение длины надземной части проростков льна-долгунца на 14–28%. Стимуляция длины надземной части и корневой системы проростков кукурузы в данных вариантах при NaCl 0,5% составляла 15–29% и 87–140% соответственно; длина главного корня проростков кукурузы при NaCl 1% превышала показатели стрессового контроля на 29–32%. Что касается массы проростков, то у обеих культур она согласовывалась с данными по морфологии и была выше в вариантах с базовым и комплексным ПС, содержащими БС.

## Литература

1. Tillmanm, M. A. A. Análise de sementes / M. A. A. Tillmanm, D. M. Miranda // Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos / ed. S. T. Peske, O. A. Lucca Filho, A. C. S. A. Barros. –Pelotas, 2006. – P. 159 – 255.

2. Systemin peptide application improves tomato salt stress tolerance and reveals common adaptation mechanisms to biotic and abiotic stress in plants / V. Cirillo, D. Molisso, M. Maggio [et al.] // Environ. Exp. Bot. – 2022. – Vol. 199. – Issue 5055. – P. 104865.

3. Steffens, G. L. US department of agriculture Brassins project: 1970–1980 / G. L. Steffens // Brassinosteroids: chemistry, bioactivity, and applications / ed. H. G. Cutler, T. Yokota, G. Adam. – Washington, 1991. – P. 2–17.

4. Brassins − a new family of plant hormones from rape pollen / J. W. Mitchell, N. B Mandava, J. F. Worley [et al.] – Nature. – 1970. – Vol. 255. – P. 1065–1066.

5. Mandava, N. B. Plant growth-promoting brassinosteroids / N. B. Mandava // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant mol. Biol. – 1988. – Vol. 39. – P. 23–52.

6. Bajguz, A. Brassinosteroids - occurence and chemical structures in plants / A. Baiguz // Brassinosteroids: a class of plant hormone / ed. S. Hayat, A. Ahmad. – Dordrecht: Springer, 2011. – P. 1–27.

7. Altmann, T. Molecular physiology of brassinosteroids revealed by the analysis of mutants / T. Altmann // Plant. – 1999. – Vol. 208. – P. 1–11.

8. Rhaman, M. S. Seed priming with phytohormones: an effective approach for the mitigation of abiotic stress / M. S. Rhaman, S. Imran, F. Rauf // Plants, 2020. – Vol 10. – P. 1–17.

9. Tarkowská, D. Protocol for extraction and isolation of brassinosteroids from plant tissues / D. Tarkowská, M. Strnad // Brassinosteroids – methods in molecular biology / ed. E. Russinova, A. Caño-Delgado. – NY: Humana Press, 2017. – Vol. 1564. – P. 1–7.

10. Krishna, P. Brassinosteroid-Mediated Stress Responses / P. Krishna // Journal of Plant Growth Regulation. – 2003. – Vol. 22. – P. 289–297.

11. Influências pleiotrópicas de brassinosteroides em fruteiras: uma revisão / M. Baghel, A. Nagaraja, M. Srivastav [et al.] // Regulamento de crescimento de plantas. – 2019. – Vol. 87. –Issue 2. P. 375–388.

12. Altmann, T. Recent advances in brassinosteroid molecular genetics / T. Altmann // Current Opinion in Plant Biology. – 1998. – Vol. 1. – P. 378–383.

13. Sultan, A. Steroids: a diverse class of secondary metabolites / A. Sultan, A. R. Raza // Medicinal Chemistry. – 2015. – Vol. 5. – P. 310–317.

14. Влияние протравителя тирам в пленкообразующих составах на прорастание семян и развитие проростков / П. А. Небышинец, Н. А. Ламан, Т. В. Самович, К. Р. Кем // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы X Международной научной конференции (г. Минск, 23–25 октября 2024 года) / Ин-т экспериментальной ботаники НАН Беларуси; редкол.: А. Ф. Судник [и др.]. – Минск, 2024. – С. 85.

15. Влияние макро- и микроэлементов, включенных в пленкообразующие составы для инкрустации семян на рост проростков льна / Т. В. Самович, П. А. Небышинец, К. Р. Кем, Н. А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы X Международной научной конференции (г. Минск, 23–25 октября 2024 года) / Ин-т экспериментальной ботаники НАН Беларуси; редкол.: А. Ф. Судник [и др.]. – Минск, 2024. – С. 106.

16. Влияние покрытия пленкообразующими полимерными составами на основе поливинилацетата и уксусной кислоты на фотосинтетические параметры листьев Zea mays L. при водном дефиците / П. А. Небышинец, Т. В. Самович, К. Р. Кем, Н. А. Ламан // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Минск, 2025. – Вып. 55. – С. 226–236.

17. High salt medium (HSM) with Hutner's Trace Elements Solution [site]. – URL: https://uwaterloo.ca/canadian-phycological-culture-centre/cultures/culture-media/high-salt-medium-hutners#htes. (date of access: 20.11.2025).

18. Some Approaches to the Study of the Role of Metals in the Metabolism of Microorganisms /. S. H. Hutner, L. Provasoli, A. Schatz [et al.] // Proceedings of the American Philosophical Society. – 1950. – Vol. 94. – Issue 2. – P. 152–170.

*Поступила в редакцию 29.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Небышинец Полина Алексеевна*** – младший научный сотрудник лаборатории роста и развития растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Кем Карина Робертовна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории роста и развития растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Самович Татьяна Викторовна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории роста и развития растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Ламан Николай Афанасьевич*** – академик Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук профессор, заведующий лабораторией роста и развития растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Влияние инкрустации семян пленкообразующими составами на основе поливинилацетата и органического растворителя на рост проростков в стрессовых условиях / П. А. Небышинец, К. Р. Кем, Т. В. Самович, Н. А. Ламан // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 232–239.

УДК 581.2:632.938

Л. В. ПАШКЕВИЧ[1], Л. Ф. КАБАШНИКОВА[1], В. И. ЛУКША[1],
И. Н. ДОМАНСКАЯ[1], С. Н. ШПИЛЕВСКИЙ[1], М. А. ДАРКОВИЧ[1],
Я. Н. АРТЕМЧУК[1], С. С. ГОРДИЕНКО[1], Г. С. БОРОДИЧ[2], Н. Л. БЕЛОУСОВА[2]

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ РАЗНЫХ СОРТОВ ИРИСОВ (*IRIS* L.)

[1]*Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: ljubi.k87@gmail.com, kabashnikova@mail.ru*
[2]*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

**Аннотация.** На основе комплексного анализа физиолого-биохимических показателей и степени поражения растений ириса грибными заболеваниями разработаны критерии для оценки ответной реакции растений с разной степенью восприимчивости к грибным инфекциям. Полученные данные показали возможность использования для биоиндикации устойчивости растений *Iris* L. нескольких компонентов из широкого спектра биохимической защиты – содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a, b* и каротиноидов), активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и общего пула фенольных соединений, изменение которых связано с потенциально повышенной устойчивостью либо восприимчивостью. Установлено, что для неустойчивых сортов характерно снижение содержания фотосинтетических пигментов, увеличение активности ПОЛ на фоне уменьшения общего пула фенольных антиоксидантов.

**Ключевые слова:** хлорофилл, каротиноиды, перекисное окисление липидов, фенолы, болезнеустойчивость, ирис (*Iris* L.), грибные заболевания.

L. V. PASHKEVICH[1], L. F. KABASHNIKOVA[1], V. I. LUKSHA[1],
I. N. DOMANSKAYA[1], S. N. SHPILEUSKY[1], M. A. DARKOVICH[1],
Y. N. ARTEMCHUK[1], S. S. GORDIENKO[1], G. S. BORODICH[2], N. L. BELOUSOVA[2]

# PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS TO ESTIMATION DISEASE RESISTANCE OF DIFFERENT *IRIS* L. VARIETIES

[1]*Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: ljubi.k87@gmail.com, kabashnikova@mail.ru;*
[2]*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**Annotation.** Based on a comprehensive analysis of physiological and biochemical parameters and degree of damage to iris plants by fungal diseases, criteria were developed for assessing the protective response of plants with varying degrees of susceptibility to fungal infections. The obtained data showed the possibility of using several components from a wide range of biochemical protection for bioindication of resistance of *Iris* L. plants – the content of photosynthetic pigments (chlorophylls *a*, *b* and carotenoids), lipid peroxidation activity (LPO) and the total pool of phenolic compounds, changes in which are associated with potentially increased resistance or susceptibility. It has been established that unstable varieties are characterized by a decrease in the content of photosynthetic pigments, an increase in the activity of LPO against the background of a decrease in the total pool of phenolic antioxidants.

**Keywords:** chlorophyll, carotenoids, lipid peroxidation, phenols, disease resistance, *Iris* L., fungal diseases.

## ВВЕДЕНИЕ

Ирис (*Iris* L.) в большинстве стран мира с умеренным климатом является культурой промышленного цветоводства. Цветки растений отличаются изящной формой, разнообразием окраски, тонким ароматом. После окончания цветения декоративный эффект сохраняется до осени благодаря зеленым листьям мечевидной формы, собранным в веерообразные пучки. Ирисы сравнительно легко размножаются отрезками корневищ и не требуют частых пересадок. В коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси успешно интродуцированы 2 сорта *I. sibirica* и 28 сортов *I. hybrida hort.* По результатам комплексной оценки выделены сорта ирисов, наиболее перспективные для озеленения. Это 2 сорта ириса сибирского (*Snow Crest* и *Regency*

*Buck*), 13 низкорослых ирисов гибридных (*April Accent, Blue Beret, Cherry Garden, Baby Snowflake, Bayberry Candle, Bright White, Circlette, Eye Shadow, Laced Lemonade, Little Buccaneer, Mini Dynamo, Skip Stitch, Velvet Caper*) и 15 высокорослых (*Blue Baron, Dancers Veil, Emma, Fatum, Harbor Blue, Memphis Lass, Old Vienna, Pearl Chiffon, Sunset Serenade*, *Людмила Пахомова, Марина Раскова, Москва Златоглавая, Олимпийский, Русская Зима, Славянский Базар*) [1].

Однако данная группа растений относится к числу наиболее поражаемых фитопатогенными микромицетами, что связано со спецификой их возделывания и произрастания. Расположение растений крупными массивами, изменение экологических факторов при интродукции ирисов из Европейских питомников в более суровые климатические условия Беларуси, а также многолетнее отсутствие севооборотов нередко приводит к тому, что ирисы оказываются подвержены воздействию фитопатогенной микобиоты. Болезни ирисов, вызываемые патогенными грибами, весьма разнообразны. Они поражают посадочный материал, корневую систему, а также надземные органы. На пораженных листьях появляются пятнистости. Дальнейшее развитие заболевания приводит к слиянию пятен и омертвлению тканей, пораженные органы преждевременно засыхают и деформируются. В результате растение отстает в росте, желтеет, увядает и, в конечном итоге, погибает. Заболевания, спровоцированные фитопатогенами, порой распространяются весьма широко и быстро, носят характер эпифитотий, что может привести к частичной, а иногда и к полной потере посадок [2, 3].

Поскольку кроме Центрального ботанического сада НАН Беларуси ирисы широко культивируются по всей территории Беларуси (коллекции на приусадебных участках, цветники и клумбы в озеленении городов) и довольно сильно поражаются фитопатогенными микромицетами, то особый интерес представляет исследование возможности использования физиолого-биохимических показателей для оценки болезнеустойчивости разных генотипов растений *Iris* L. В дальнейшем применение разработанных критериев устойчивости растений может быть использовано в качестве научной основы для отбора генотипов, обладающих повышенной устойчивостью к грибным болезням, для определения сортовой устойчивости ирисов к фитопатогенным грибам, а также для оценки эффективности приемов защиты коллекционного материла от грибной инфекции.

Целью исследования являлось определение применимости физиолого-биохимических критериев (содержание фотосинтетических пигментов и фенольных соединений, активность ПОЛ) в листьях ириса для оценки болезнеустойчивости разных сортов в естественных условиях выращивания и при искусственном инфицировании грибным патогеном *Bipoaris sorokiniana* Sacc. Shoem.

## ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования отобраны из коллекционного фонда лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Список объектов исследования, представленный в табл. 1, включает сорта бородатых и японских ирисов разных сроков цветения (весенне- и летнецветущие).

**Таблица 1**. Объекты исследования

**Table 1.** Research objects

| Объекты исследования | |
|---|---|
| Бородатые ирисы (весеннецветущие) | Японские ирисы (летнецветущие) |
| 1. *Динамит* | 5. *Верхне-Обский* |
| 2. *Первый зазимок* | 6. *Синильга* |
| 3. *Tomeko* | 7. *Алтай* |
| 4. *Dotted swiss* | 8. *Алтайская снегурочка* |

Работы по сбору материала, лабораторный анализ биохимических параметров и учет поражаемости растений *Iris* L. комплексом микромицетов выполняли в коллекции сортовых ирисов (лаборатория интродукции и селекции орнаментальных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси) во время осенней фазы развития растений в 2024 г. Поскольку физиолого-биохимическое состояние растений в осенний период наиболее полно охватывает иммунологический потенциал растений ириса, закономерности, полученные в этот период, являются основанием для отбора более устойчивых генотипов.

**Оценка степени поражения растений комплексом микромицетов.** Для визуальной оценки степени поражения (по характерным для инфекционного поражения внешним признакам) применяли шкалу, где интенсивность поражения выражают баллами или процентами [4].

Шкала для учета пятнистостей налетов и засыхания листьев:

0 – отсутствие поражения.

1 – поражено до 1/5 поверхности листа или до 20%.

2 – поражено от 1/5 до 1/3 поверхности листа или 20–30%.

3 – поражено от 1/3 до 2/3 поверхности листа или 30–70%.

4 – поражено более 2/3 поверхности листа или более 70%.

**Лабораторный экспресс-метод листовых проб с искусственным заражением.** Для моделирования грибного заражения в качестве тест-культуры патогена использован возбудитель корневых гнилей – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. (штамм 4.34) из коллекции чистых культур лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Культивирование микромицета *Bipolaris sorokiniana* проводили на синтетической агаризованной среде Чапека (глюкоза – 20,0 г, сульфат магния – 0,5 г, хлорид калия – 0,5 г, карбонат кальция- 3,0 г, гидроортофосфат калия – 1,0 г, сульфат железа – 0,1 г, агар – 20,0 г, вода – 1000 мл; с режимом стерилизации 30 мин. при 0,5–0,8 атм вследствие содержания в ней сахара в низкомолекулярной форме) в течение 2 недель.

Для экспериментов отбирали визуально здоровые молодые листья *Iris* L. Листья промывали слабым раствором перманганата калия, небольшие отрезки погружали в стерильные чашки Петри на слой увлажненной фильтровальной бумаги. На каждом листовом отрезке стерильным пинцетом делали надрез, в который наносили мицелий гриба *Bipolaris sorokiniana* размером 1×1 мм. Накрытую стеклом чашку Петри выдерживали в течение 3 суток на полихроматическом белом свету (120 мкмоль квантов $м^{-2}с^{-1}$) с фотопериодом 16 ч свет/ 8 ч темнота, при температуре 22°С.

По результатам учета на 4-е сутки после инфицирования листовых тканей, сорта *Iris* L. подразделяли на группы устойчивости в соответствии со следующей шкалой [5]:

0 – иммунные;

1 балл – устойчивые (У) – поражено до 10% диска;

2 балла – среднеустойчивые (СУ) – поражено 11–25%;

3 балла – восприимчивые (В) – поражено 26–50%;

4 балла – высоковосприимчивые (ВВ) – поражено более 50%.

**Определение содержания фотосинтетических пигментов.** Для экстракции пигментов использовали навеску листьев 30–40 мг. Экстракцию хлорофиллов (Хл) и каротиноидов производили 99,5%-м ацетоном [6]. Количество пигментов в экстрактах определяли по спектрам поглощения. Экстракцию проводили в 3-х кратной повторности. Содержание пигментов рассчитывали по формулам (1–3):

$$Ca = 9{,}784 \times E662 - 0{,}99 \times E644, \quad (1)$$

$$Cb = 21{,}426 \times E644 - 4{,}65 \times E662, \quad (2)$$

$$Ccar = 4{,}695 \times E440{,}5 - 0{,}268 \times (Ca + Cb), \quad (3)$$

где Ca – концентрация Хл *a*, мкг/мл;
Cb – концентрация Хл *b*, мкг/мл;
Ccar – концентрация каротиноидов, мкг/мл;
E – экстинкция при соответствующей длине волны.

Содержание фотосинтетических пигментов рассчитывали в мг/г сырой массы и мкг/$см^2$ площади листа.

**Определение активности перекисного окисления липидов.** Перекисное окисление липидов (ПОЛ) тестировали по количеству стабильного продукта переокисления липидов мембран − малонового диальдегида (МДА), определенного спектрофотометрически по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [7]. Растительный материал гомогенизировали в 5 mM фосфатном буфере (pH 7,2) и к полученному гомогенату добавляли равный объем 0,5% ТБК в 20% трихлоруксусной кислоте. Полученные образцы нагревали на кипящей водяной бане в течение 20 минут, охлаждали и центрифугировали при 7000 об/мин (центрифуга Microfuge 16, Beckman Coulter, США). Оптическую плотность супернатанта регистрировали фотометрически при 532 нм. Количество МДА рассчитывали с учетом миллимолярного коэффициента экстинкции комплекса МДА с ТБК, который с поправкой на неспецифическое поглощение при $\lambda = 650$ нм составил $1{,}55 \cdot 10^5\ М^{-1} \cdot см^{-1}$.

**Определение общего содержания фенольных соединений.** Содержание фенольных соединений определяли спектрофотометрическим методом путем определения суммы фенольных соединений (при длине волны 765 нм) с помощью комплексообразующих реагентов [8]. Фенольные соединения экстрагировали из растительного материала 96%-ным спиртовым раствором. Для этого 0,1 г растительного материала растирали до гомогената при температуре жидкого азота, добавляли 1,5 мл 96%-го спиртового раствора. Затем проводили инкубацию при $45^0$С в течении 45 минут и центрифугировали 10 мин при 13000 об/мин (центрифуга Microfuge 16, Beckman Coulter, США). К 75 мкл надосадка после центрифугирования экстракта добавляли 1,2 мл дистиллированной воды и 75 мкл готовой коммерческой смеси Фолина-Чокальтеу. Через три минуты к полученной смеси добавляли 0,15 мл $Na_2CO_3$ (20%). В контроле вместо экстракта используют 75 мкл 96%-го спиртового раствора. Реакция проходит в темноте в течении суток при комнатной температуре. Содержание фенолов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре «СОЛАР-2201» (Беларусь) по поглощению при 765 нм продуктов окисления фенольных соеди-

нений вольфрамовой кислотой в щелочной среде, используя в качестве калибровочного стандарта галловую кислоту в соответствии с рис. 1. Суммарное содержание фенольных соединений выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты в пересчете на г сырой массы листьев.

**Статистическая обработка данных.** Исследования проводили в 3-кратной биологической повторности. Для статистической обработки экспериментальных данных и учета полученных результатов использованы стандартные пакеты программ «Excel 2013», «Statistica 10.0» и статистические методы, принятые в области биологических исследований [9]. Корреляционный анализ проводили путем расчета ранговых корреляций Спирмена. Статистическая обработка данных состояла в определении стандартной ошибки среднего квадратичного. Достоверность различий средних значений определяли по t-критерию Стьюдента и уровню значимости *p*. Статистически достоверными считали различия между показателями при $p \leq 0{,}05$ (отмечены * в таблицах).

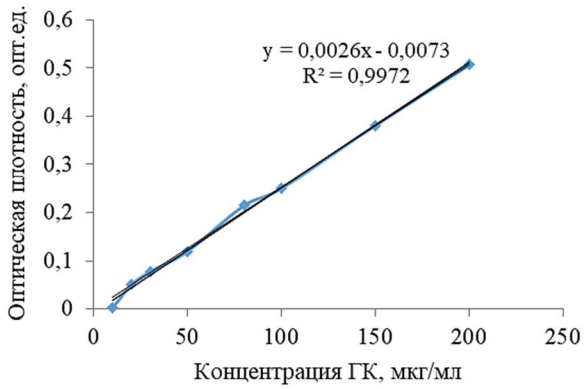



**Рис. 1.** Калибровочная кривая для определения содержания галловой кислоты

**Fig. 1.** Calibration curve for determination of gallic acid content

## Результаты исследования и их обсуждение

**Оценка степени поражения ириса грибными микромицетами.**

В коллекции сортовых ирисов Центрального ботанического сада НАН Беларуси учеными Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси на 35 сортах растений семейства *Iridaceae* идентифицировано 9 видов микромицета из 8 родов: *Alternaria, Aureobasidium, Cladosporium, Embellisia, Heterosporium, Sporidesmium, Stemphylium, Ulocladium* [3]. В культурах, отмечались поражения, охватывающие от 20 до 70% поверхности того или иного органа растения-хозяина, что соответствует 2–3 баллам по пятибалльной шкале оценки развития болезни (0–4). Распространенность заболеваний при этом составила от 20 до 30% в начале июня и от 31% до 97% в конце июля. Больше всего растения ириса поражались следующими гифомицетами: *Heterosporium iridis (35 из 35 сортов), Cladosporium herbarum (20 сортов из 35), Alternaria tenuissima (16 сортов из 35), Sporidesmium cladosporii (9 из 35)* [3].

В 2024 г. на территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси проведена визуальная оценка степени поражения 8 сортов коллекционных ирисов комплексом микромицетов, которая позволила выделить среди 8 исследуемых сортов ириса как наиболее устойчивые формы, так и наиболее подверженные грибным заболеваниям. Исходя из анализа данных табл. 2 среди сортов бородатых ирисов самыми устойчивыми являются *Динамит* (американская селекция) и *Первый зазимок* (сорт белорусской селекции). Самым чувствительным к действию указанных факторов среди бородатых ирисов являлся сорт *Tomeko* (США). Процент поражения листьев у данного сорта колебался от 30–35 в начале летнего периода и до 70–80% в ранне-осенний период. Среди четырех сортов японской садовой группы три сорта обладают хорошей степенью устойчивости к грибным патогенам, один сорт (*Алтайская снегурочка*) – низкой степенью устойчивости (30–50% поражения листовой поверхности за период вегетации). В целом, как показал мониторинг, сорта японской группы более подвержены грибным заболеваниям, в связи с чем процессы акклиматизации у них проходят в разы сложнее, чем у бородатых ирисов.

В связи с высокой вредоносностью грибных болезней возникает необходимость в выявлении иммунологического потенциала анализируемых сортов *Iris* L. Для этой цели применяли модифицированный лабораторный экспресс-метод листовых проб с искусственным заражением. В лабораторных модельных опытах создавали оптимальные условия для фитопатогенного микромицета *Bipolaris sorokiniana* – возбудителя корневых гнилей, исключающие негативное влияние на него абиотических факторов, поэтому степень устойчивости листовой ткани к заражению зависела от ее генотипических и биохимических особенностей. Равномерно высокая инфекционная нагрузка на поверхность листовых отрезков обеспечила возможность сравнения сортовых иммунологических реакций.

По результатам учета на 4-е сутки, сорта *Iris* L. подразделяли на группы устойчивости (от 0 до 4 баллов) в соответствии с ранее приведенной шкалой [5].

**Таблица 2.** Оценка степени поражения растений *Iris* L. комплексом микромицетов

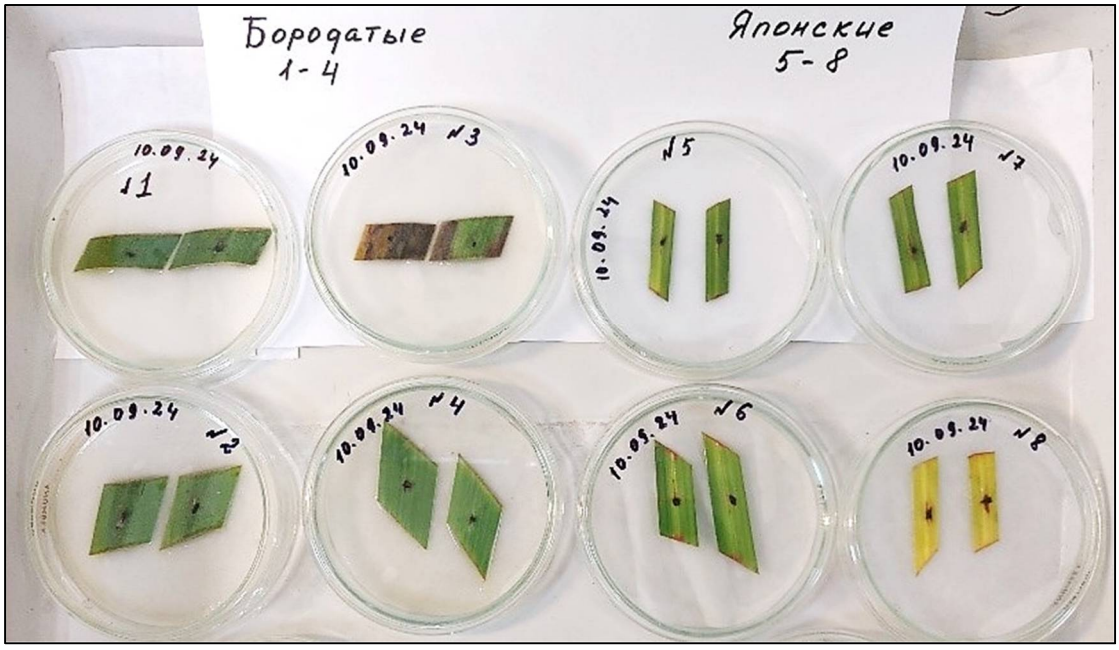
**Table 2.** Assessment of the degree of damage to Iris L. plants by a complex of micromycetes

| Вариант (сорт) | % поражения листа | | Степень поражения, баллы | | Степень устойчивости (+++ высокая степень устойчивости) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Июнь-июль | Сентябрь | Июнь-июль | Сентябрь | |
| Бородатые ирисы | | | | | |
| *1.Динамит* | 15–20 | 20–30 | 1 | 2 | +++ |
| *2. Первый зазимок* | 15–20 | 20–30 | 1 | 2 | +++ |
| *3. Tomeko* | 30–35 | 70–80 | 3 | 4 | + |
| *4. Dotted swiss* | 20 | 20–30 | 1 | 2 | +++ |
| Японские ирисы | | | | | |
| *5. Верхне-Обский* | 20 | 20–30 | 1–2 | 2 | ++ |
| *6. Синильга* | 20–30 | 30–35 | 2 | 3 | ++ |
| *7. Алтай* | 20–30 | 30–35 | 2 | 3 | ++ |
| *8. Алтайская снегурочка* | 30–35 | 40–50 | 3 | 3 | + |

Результаты модельного эксперимента с искусственным заражением подтвердили полученные в полевых условиях характеристики устойчивости большинства сортов ирисов (рис. 2). Это дает основание предположить, что указанные сорта имеют физиолого-биохимические особенности, препятствующие их природному заражению. Высковосприимчивыми к патогенному микромицету *Bipolaris sorokiniana* оказались те же сорта, у которых ранее выявлена низкая устойчивость к комплексу микромицетов: *Tomeko* (группа бородатых ирисов) и *Алтайская снегурочка* (группа японских ирисов).

**Определение физиолого-биохимических критериев болезнеустойчивости растений *Iris* L.**

На основании проведенной в ранне-осенний период визуальной оценки поражения 8 сортов ириса грибными микромицетами отобраны в каждой цветочной группе по два сорта с разной степенью устойчивости. В группе бородатых ирисов в качестве устойчивого (У) исследовался сорт *Первый зазимок*, восприимчивого (В) – *Tomeko*. Среди японских ирисов выбран устойчивый сорт *Синильга* и восприимчивый – *Алтайская снегурочка*. С использованием указанных сортов с разной степенью восприимчивости к




*1 –Динамит; 2 – Первый зазимок; 3 – Tomeko; 4 – Dotted swiss; 5 – Верхне-Обский; 6 – Синильга; 7 – Алтай; 8 – Алтайская снегурочка*

**Рис. 2.** Определение сортовой устойчивости *Iris* L. к патогенному микромицету *Bipolaris sorokiniana* методом листовых отрезков

**Fig. 2.** Determination of varietal resistance of *Iris* L. to the pathogenic micromycete *Bipolaris sorokiniana* using the leaf cuttings method

грибным инфекциям на основе проведенных физиолого-биохимических исследований в осенней фазе вегетации подобраны критерии для оценки болезнеустойчивости растений.

Развитие патогенных процессов в растении затрагивает целый ряд биохимических параметров, и в первую очередь сказывается на функционировании первичных метаболических процессов в растительной клетке. Известно, что содержание пигментов, участвующих в процессах фотосинтеза, подвержено колебаниям при появлении инфекций вследствие не только повреждения хлоропластов активными формами кислорода, но и общего нарушения процессов метаболизма в растении. С увеличением количества Хл и каротиноидов закономерно повышается интенсивность фотосинтеза, а в случае их снижения происходит обратное. При низкой эффективности фотосинтеза наблюдается резкое сокращение количества пластических веществ в тканях растения, что негативно отражается на способности растительного организма противостоять атаке патогенов [11].

Данные по анализу содержания фотосинтетических пигментов в устойчивых и восприимчивых сортах *Iris* L. представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Содержание фотосинтетических пигментов в устойчивых (У) и восприимчивых сортах (В) *Iris* L., мг/г сырой массы.

**Table 3.** Content of photosynthetic pigments in resistant (R) and susceptible (S) varieties of *Iris* L., mg/g fresh weight

| Вариант | Хл *a* | Хл *b* | Хл *(a+b)* | каротиноиды | Хл *a*/Хл *b* | Хл *(a+b)* / карот. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Группа бородатых ирисов | | | | | | |
| *Первый зазимок* (У) | 0,429±0,027 | 0,096±0,010 | 0,525±0,037 | 0,212±0,006 | 4,51±0,18 | 2,48±0,13 |
| *Tomeko* (В) | 0,229±0,056 | 0,038±0,013 | 0,267±0,069 | 0,14±0,03 | 6,03±0,56 | 1,98±0,11 |
| У/В | 1,9* | 2,5* | 2,0* | 1,6* | 0,75* | 1,3* |
| Группа японских ирисов | | | | | | |
| *Синильга* (У) | 0,579±0,046 | 0,105±0,008 | 0,684±0,053 | 0,32±0,02 | 5,50±0,10 | 2,13±0,08 |
| *Алтайская снегурочка* (В) | 0,261±0,022 | 0,051±0,007 | 0,311±0,025 | 0,16±0,02 | 5,34±0,74 | 2,00±0,15 |
| У/В | 2,2* | 2,1* | 2,2* | 2,0* | 1,03 | 1,07 |

В наших исследованиях показано, что для восприимчивых к грибной инфекции сортов *Tomeko* и *Алтайская снегурочка* характерно снижение содержания Хл *a* в 1,9–2,2 раза, Хл *b* – в 2,1–2,5 раза и каротиноидов – в 1,6–2,0 раза относительно устойчивых сортов в каждой ботанической группе. По соотношению пигментов отмечены достоверные изменения в группе бородатых ирисов: увеличение отношения Хл *a*/Хл *b* и снижение отношения Хл *(a+b)*/ карот. у восприимчивого сорта *Tomeko* относительно устойчивого сорта *Первый зазимок*. В группе японских ирисов соотношение зеленых и желтых пигментов практически одинаково у двух изученных сортов. Следовательно, устойчивость сорта к болезням коррелирует с уровнем содержания фотосинтетических пигментов: для восприимчивых сортов отмечается четкое снижение пула пластидных пигментов.

Согласно имеющимся в настоящее время данным, устойчивость растительных организмов к разнообразным воздействиям во многом определяется состоянием их окислительно-восстановительной системы. Важнейшую роль в протекании патологических реакций выполняют активные формы кислорода (АФК), провоцирующие окислительный стресс и нарушения структурных элементов клетки. Постоянное образование АФК является физиологической нормой в растительной клетке, однако в ответ на действие стрессоров их количество резко возрастает, а естественные антиоксидантные системы уже не могут поддерживать окислительный баланс, что зачастую приводит к разрушению и гибели клеток [10]. Одной из главных мишеней для АФК при их излишнем содержании является фотосинтетический аппарат. Под действием АФК нарушаются структура и функции хлоропластов, происходит инактивация работы фотосистемы II, снижается активность ферментов фотосинтеза, уменьшается концентрация Хл и каротиноидов. Повреждение фотосинтетического аппарата вызывает еще большее накопление АФК и, как следствие, окислительное повреждение мембран, цитоскелета, нарушение водного обмена клеток [12].

Активность ПОЛ в тканях отражает характер структурных перестроек, происходящих в липидном матриксе клеточных мембран под действием стрессовых факторов, включая возбудителей болезней. Накопление продуктов ПОЛ в растительных тканях свидетельствует о развивающемся патологическом процессе. Определение уровня малонового диальдегида (МДА) – конечного продукта и маркера ПОЛ – в листьях вос-

приимчивых сортов ириса показало заметное увеличение интенсивности перекисной деградации липидов мембран растительных клеток в сравнении со значениями, полученными для устойчивых сортов. Так, содержание МДА у сортов с низкой устойчивостью (*Алтайская снегурочка* и *Tomeko*) на 23–25% превышало уровень ТБК-продуктов, диагностируемый в устойчивых сортах (*Синильга* и *Первый зазимок*) как показано в табл. 4.

Исходя из вышесказанного, очевидно, что высокое содержание продуктов ПОЛ (ТБК-продукты) в растительном организме указывает на избыточное образование АФК и активное развитие болезней, в свою очередь, низкое значение данного показателя говорит об эффективной реализации адаптационно-защитного потенциала растения, что характерно для устойчивых форм.

Как известно, вторичные метаболиты являются важным звеном в формировании механизмов устойчивости растений к действию стрессовых факторов. В частности, уровень отдельных групп вторичных метаболитов существенно повышается при действии неблагоприятных факторов среды, а также атаке фитопатогенов и насекомых-вредителей, что способствует формированию фитоиммунитета [12].

Фенольные соединения являются одним из самых распространенных классов вторичных метаболитов в растениях. Эти вещества обладают высокой антиоксидантной активностью и относятся к компонентам неспецифической защиты. В ответ на стрессовое воздействие в растительном организме запускаются процессы, направленные на снижение последствий окислительного стресса, усиливается выработка защитных соединений фенольной природы [14]. На присутствие фенольных метаболитов в растениях большое влияние оказывают условия окружающей среды, а также генетический контроль [15].

Как видно из представленных в табл. 5 данных, содержание полифенолов в листьях восприимчивых сортах на 17–20% ниже, чем у потенциально устойчивых. Полученные различия по содержанию этих метаболитов в листьях устойчивых и восприимчивых сортов могут свидетельствовать о наличии защитных механизмов, позволяющих устойчивым формам лучше адаптироваться в неблагоприятных гидротермических, эдафических и биотических условиях. Накопленные в литературе сведения подтверждают, что устойчивые формы растений обладают более высоким содержанием антиоксидантных ферментов и других соединений, прерывающих цепные окислительные реакции. Следовательно, содержание фенольных соединений может служить критерием потенциальной устойчивости вида к среде обитания, и, в частности, к грибному поражению.

Для подтверждения возможности использования ряда биохимических показателей (содержание фотосинтетических пигментов, активность ПОЛ и общее содержание фенольных соединений) в качестве критериев болезнеустойчивости растений ириса к грибной инфекции рассчитаны коэффициенты корреляции между этими показателями у 8 исследованных генотипов ириса и степенью поражения растений грибными патогенами (табл. 6, 7).

**Таблица 4.** Уровень МДА в устойчивых и восприимчивых сортах *Iris* L.

**Table 4.** MDA level in resistant and susceptible *Iris* L. varieties

| Вариант | Содержание МДА, нМ / г с.м | В/У, % |
|---|---|---|
| Группа бородатых ирисов | | |
| *Первый зазимок* (У) | 73,1±2,4 | 100 |
| *Tomeko* (В) | 91,5±3,6* | 125* |
| Группа японских ирисов | | |
| *Синильга* (У) | 409,7±20,5 | 100 |
| *Алтайская снегурочка* (В) | 502,4±34,6* | 123* |

**Таблица 5.** Содержание полифенолов в листьях устойчивых и восприимчивых сортов *Iris* L.

**Table 5.** Polyphenol content in leaves of resistant and susceptible *Iris* L. varieties

| Вариант | Содержание полифенолов, мг-экв. галловой кислоты/г сырой массы | В/У, % |
|---|---|---|
| Группа бородатых ирисов | | |
| *Первый зазимок* (У) | 6,56±0,07 | 100 |
| *Tomeko* (В) | 5,25±0,22* | 80* |
| Группа японских ирисов | | |
| *Синильга* (У) | 9,05±0,38 | 100 |
| *Алтайская снегурочка* (В) | 7,84±0,65 | 87 |

**Таблица 6.** Значения биохимических показателей и степени поражения растений грибной инфекцией для расчета корреляционных зависимостей

**Table 6.** Values of biochemical indicators and the degree of damage to plants by fungal infection for calculating correlation dependencies

| Вариант | Хл *(a+b)*, мкг/см$^2$ | Каротиноиды, мкг/см$^2$ | Содержание МДА, нмоль/г сырой массы | Содержание фенольных соединений, мг-экв. галловой кислоты /г сырой массы | Степень поражения, балл |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. *Динамит* | 37,66 | 15,04 | 75,60 | 6,71 | 2 |
| 2. *Первый зазимок* | 34,13 | 13,83 | 73,06 | 6,56 | 2 |
| 3. *Tomeko* | 18,71 | 9,42 | 91,48 | 5,25 | 4 |
| 4. *Dotted swiss* | 25,99 | 11,62 | 60,58 | 7,25 | 2 |
| 5. *Верхне-Обский* | 17,50 | 8,59 | 439,67 | 11,14 | 2 |
| 6. *Синильга* | 24,72 | 11,61 | 409,70 | 9,05 | 2 |
| 7. *Алтай* | 19,07 | 9,68 | 301,66 | 8,45 | 2 |
| 8. *Алтайская снегурочка* | 13,68 | 6,89 | 502,35 | 7,84 | 3 |

**Таблица 7.** Парные коэффициенты корреляции (Спирмена) биохимических показателей и степени поражения растений комплексом микромицетов в ранне-осенний период вегетации

**Table 7.** Paired correlation coefficients (Spearmen) of biochemical parameters and the degree of plant damage by a complex of micromycetes in the early autumn growing season

| Показатель | Содержание | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Хл *(a+b)* | каротиноидов | МДА (уровень ПОЛ) | полифенолов |
| N | 8 | 8 | 8 | 8 |
| R | -0,59* | -0,59* | 0,31 | -0,44* |

Как показал проведенный корреляционный анализ, для растений с большей степенью поражения грибной инфекцией будет характерно снижение содержания пула фотосинтетических пигментов (Хл, каротиноидов) и защитных веществ вторичного обмена (фенольных соединений) с тенденцией к росту уровня окислительного стресса (увеличение содержания продуктов перекисной деградации липидов биомембран).

На основании установленных в осенний период корреляционных закономерностей между структурно-функциональными показателями и степенью поражения растений комплексом микромицетов отобраны относительно устойчивые генотипы растений *Iris* L.: сорта *Динамит, Первый зазимок*, *Dotted swiss* из бородатых ирисов и сорта российской селекции *Синильга, Верхне-Обский и Алтай* из группы японских ирисов. Среди бородатых ирисов наиболее восприимчивый к микозам сорт – *Tomeko*, среди японских – *Алтайская снегурочка*. Степень болезнеустойчивости растений ириса разных сортов обусловлена комплексом физиолого-биохимических показателей, характерных для разных генотипов.

Таким образом, несмотря на то, что механизм защиты растений представляет комплекс разнообразных ответных реакций, наши данные показывают возможность использования для биоиндикации устойчивости растений *Iris* L. к грибной инфекции нескольких компонентов из широкого спектра биохимической защиты – уровень фотосинтетических пигментов, содержание продуктов ПОЛ и общий пул фенольных соединений, изменения которых коррелируют с потенциально повышенной устойчивостью либо восприимчивостью сорта.

## Заключение

На основе комплексного анализа физиолого-биохимических показателей и визуально измеренной степени поражения растений ириса грибными заболеваниями разработаны критерии для оценки болезнеустойчивости растений. Несмотря на то, что механизм защиты растений представляет собой комплекс разнообразных ответных реакций, полученные данные показали возможность использования для биоиндикации устойчивости растений *Iris* L. нескольких компонентов ответа из широкого спектра биохимической защиты – содержание фотосинтетических пигментов, продуктов ПОЛ и фенольных соединений, изменения которых связаны с потенциально повышенной устойчивостью либо восприимчивостью сорта. Для неустойчивых сортов *Iris* L. характерно снижение содержания фотосинтетических пигментов, увеличение активнос-

ти ПОЛ на фоне уменьшения общего пула антиоксидантов фенольной природы. Лабораторный экспресс-метод листовых проб с искусственным заражением позволяет проводить раннюю диагностику устойчивости либо восприимчивости разных генотипов *Iris* L.

## Литература

1. Многолетние растения для цветников Беларуси / Н. Л. Белоусова, Г. С. Бородич, В. В. Гайшун [и др.] // Цветоводство: история, теория, практика : сб. статей IX Междунар. науч. конф., 7–13 сентября 2019 г., г. Санкт–Петербург / Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН. – СПб., 2019. – С.24–28.

2. Бородич, Г. С. Особенности агротехники бородатых ирисов в связи с их физиологией / Г.С. Бородич, Л.И. Белякова. — Мн. : Колорград, 2018. – 96 с.

3. Кориняк, С. И. Фитопатогенные грибы возбудители болезней сортовых ирисов в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси / С. И. Кориняк, Н. Л. Белоусова, Г. С. Бородич // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество. – Мн., 2024. – Выпуск 53. – С. 214–220.

4. Доспехов, Б. А. Основы методики полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 1-е изд. – М. : Просвещение, 1967. – 176 с.

5. Козлова, Е. А. Биологическое обоснование использования новых биопрепаратов в защите смородины черной от американской мучнистой росы в условиях Орловской области : автореф. дис. … канд. биол. наук : 06.01.11 / Козлова Елена Александровна ; Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений РАСХН. – СПб., 2009 – 16 с.

6. Шлык, А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – М. : Наука. – 1971. – С. 154–170.

7. Активность антиокислительной системы и интенсивность перекисного окисления липидов в растениях пшеницы в связи с сортовой устойчивостью к переувлажнению почвы / Ю. А. Калашников, Т. И. Балахнина, Р. Н. Беннингелли [и др.] // Физиол. раст. – 1999. – Т. 46. – С. 218–222.

8. Николаева, Т. Н. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение / Т. Н. Николаева, П. В. Лапшин, Н. В. Загоскина // Химия растительного сырья. – 2021. – №2. – С. 291–299.

9. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Мн. : Вышэйш.школа, 1973. – 320 с.

10. Гарифзянов, А. Р. Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках растений / А. Р. Гарифзянов, Н. Н. Жуков, В. В. Иванищев // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 2. – С. 100−120.

11. Волынец, А. П. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А. П. Волынец, В. П. Шуканов. – Мн. : Беларуская навука, 2016. 252 с.

12. Колупаев, Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции / Ю. Е. Колупаев // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Биология. – 2007. – № 3 (12). – С. 6−26.

13. Полякова, Л. В. Повышение устойчивости лесозащитных полос с участием сосны обыкновенной на основе изучения особенностей метаболизма веществ вторичного обмена / Л. В. Полякова, Н. Ф. Кузнецова // Бюллетень ГНБС. – 2020. – № 136. – С. 140–147.

14. Phenolic acid content of fruits commonly consumed and locally produced in Scotland / W. R. Russell, A. Labat, L. Scobbie [et al.] // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 115. – P. 100–104.

15. Changes in phenolic content induced by infection with Didymella applanata and Leptosphaeria coniothyrium, the causal agents of raspberry spur and cane blight / M. Mikulic-Petkovsek, V. Schmitzer, F. Stampar [et al.] // Plant pathology. – 2014. – Vol. 63. – P. 185–192.

*Поступила в редакцию 25.07.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Пашкевич Любовь Валерьевна*** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Кабашникова Людмила Федоровна*** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Лукша Виктория Ивановна*** – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Доманская Ирина Николаевна*** – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Шпилевский Святослав Николаевич*** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Даркович Марина Андреевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Артемчук Яна Николаевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Гордиенко Софья Сергеевна*** – младший научный сотрудник лаборатории прикладной биофизики и биохимии Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»

***Бородич Галина Сергеевна*** – научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Белоусова Наталья Леонидовна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией интродукции и селекции орнаментальных растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

Использование физиолого-биохимических показателей для оценки болезнеустойчивости разных сортов ирисов (*Iris* L.) / Л. В. Пашкевич, Л. Ф. Кабашникова, В. И. Лукша [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 240–249.

УДК 581.14:(632.51+633/635)

В. Н. ПРОХОРОВ, Е. Н. КАРАСЁВА, Т. В. ФРОЛОВА, А. В. БАБКОВ,
М. М. САК, А. Н. ГРИЦ, Д. С. КОРЖОВА, А. Ф. СУДНИК

# ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА МЕЛКОЛЕПЕСТНИК (*ERIGERON* L.)

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

**Аннотация.** В статье приведены результаты оценки аллелопатической активности двух чужеродных видов – мелколепестника канадского (*Erigeron canadensis* L.), мелколепестника однолетнего (*Erigeron annuus* (L.) Pers.S.L.) и одного аборигенного – мелколепестника едкого (*Erigeron acris* L.) с использованием различных методов определения. Сравнение трех разных методов показало сходные результаты. Установлено, что наибольшей аллелопатической активностью обладают чужеродные виды рода мелколепестник, наименьшей аборигенный вид – мелколепестник едкий. Полученные результаты хорошо согласуются с уровнем инвазионной активности изученных видов на территории Беларуси. Наиболее сильное аллелопатическое влияние проявляет мелколепестник однолетний; близкие значения аллелопатической активности имеют водные экстракты из растений мелколепестника канадского. Экстракты из надземной биомассы аборигенного вида – мелколепестника едкого в меньшей степени проявляют аллелопатическую активность по сравнению с его инвазивными сородичами. Значения юглонового индекса в основном тесно коррелируют с инвазионной активностью чужеродных видов растений.

**Ключевые слова:** аллелопатическая активность, сэндвич-метод, юглоновый индекс, чужеродные виды, мелколепестник канадский, мелколепестник однолетний, мелколепестник едкий.

V. N. PROKHOROV, E. N. KARASIOVA, T. V. FROLOVA, A. V. BABKOV,
M. M. SAK, A. N. GRITS, D. S. KARZHOVA, A. F. SUDNIK

# ALLELOPATHIC ACTIVITY ASSESSMENT OF SOME *ERIGERON* L. PLANT SPECIES

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

**Annotation.** The article presents the results of assessing the allelopathic activity of two alien species, *Erigeron canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers.S.L.), and one native species, Erigeron acris L., using different determination methods. Comparison of three different methods showed similar results. It was found that the alien species of the genus *Erigeron canadensis* have the highest allelopathic activity, while the native species, Erigeron acris L., has the lowest. The obtained results are in good agreement with the level of invasive activity of the studied species in Belarus. *Erigeron annuus* (L.) exhibits the strongest allelopathic effect; aqueous extracts from Erigeron acris L. plants have similar allelopathic activity values. Extracts from the aboveground biomass of the native species, the common acrid fleabane, exhibit less allelopathic activity than its invasive relatives. Juglone index values generally correlate closely with the invasive activity of alien plant species.

**Keywords:** allelopathic activity, sandwich method, juglone index, alien species, common acrid fleabane, common acrid fleabane, common acrid fleabane.

## Введение

В последние годы на территории Республики Беларусь и других стран мира на фоне глобального изменения климата отмечается существенное увеличение численности популяций инвазивных видов. Это приводит не только к существенному снижению биоразнообразия, но и наносит огромный экономический вред. 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 родном, является центральным вопросом инвазионной биологии растений [1].

Существуют различные гипотезы объяснения повышенной конкурентоспособности инвазивных видов растений [2–5], среди которых большая фенотипическая пластичность [6–8], отсутствие естественных врагов [2, 4], высокая конкурентоспособность [5, 9–11], выделение алелло-

патических активных соединений [12–14] и др. Отмечается, что во многих случаях аллелопатия является ключевым механизмом проявления инвазионности у растений [15, 16, 17, 18, 19, 20] и может способствовать чужеродным видам стать доминирующими в новых растительных сообществах [21–22].

Аллелопатия также может опосредовать конкурентные взаимодействия между растениями [23–25]. Метаанализ, проведенный группой китайских ученых на основе изучения 384 научных статей, опубликованных с 1900 по 2020 гг. по влиянию аллелопатии на продуктивность растений, показал, что в результате действия на нее, ее снижение достигает в среднем 25% [26]. Для сравнения, конкуренция, которая также может включать аллелопатический эффект, снижает продуктивность растений на 43% [27]. Исследования китайских ученых показали, что золотарник канадский во вторичном ареале на территории Китая обладает более высокой конкурентоспособностью, чем в США, и что ее повышение на 46,1% обусловлено аллелопатией [28].

Проведенный анализ свойств 524 инвазивных видов растений показал, что большинство из них обладают высокой аллелопатической активностью во вторичном ареале. Так аллелопатическая активность отмечена у 72% из 113 изученных семейств растений, что позволяет предположить, что этот механизм проявления инвазии заслуживает все большего внимания по мере увеличения экспансии инвазии во всем мире. Многие авторы рассматривают аллелопатическое влияние инвазивных растений как основной фактор, влияющий на скорость их распространения [29]. В этой связи, отмечается важность проведения скрининга растений на выявление у них аллелопатической активности [30], в том числе путем оценки аллелопатической активности экстрактов, полученных из тканей инвазивных видов, как быстрого способа ее определения [31–33].

О проявлении аллелопатии в растительном мире известно с древних времен. Самые ранние, известные в настоящее время письменные упоминания аллелопатии относятся к 300 г. до н.э., в которых греческий философ Теофраст заметил, что растения зернобобовой культуры нута не только «истощают» почву, но и уничтожают сорную растительность. Демокрит сообщал, что деревья можно убить, обработав их корни смесью цветов люпина, пропитанных соком болиголова. Древнеримский писатель Плиний Старший (23–79 гг. н.э.) привел примеры аллелопатических взаимодействий при выращивании нута, ячменя и пажитника [34]. Особенно он выделил ингибирующее влияние ореха черного, и утверждал, что «тень орехового дерева является ядом для всех растений, находящихся в его пределах». В настоящее время известно, что этот эффект обусловлен аллелопатически активным химическим веществом 5-гидрокси-1,4-нафтохиноном, – юглоном [35], а на его основе разработан способ оценки аллелопатической активности растений. Для оценки аллелопатического потенциала растений используют юглоновый индекс Ij [36], который основан на сравнении влияния 1mM раствора юглона [35] с водными экстрактами, полученными из других видов растений на скорость прорастания семян, длину побега и корня горчицы белой (*Sinapis alba* L.). Индекс юглона представляет собой частное, основанное на скорости прорастания, длины побега и длины корня горчицы белой, обработанной юглоном и веществом с неизвестным аллелопатическим потенциалом.

В работе венгерских учёных [37] при помощи юглонового индекса проведено определение аллелопатической активности большого количества инвазивных видов растений: *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amorpha fruticose* L., *Asclepias syriaca* L., *Aster lanceolatus* agg. Willd., *Celtis occidentalis* L., *Erigeron canadensis* L., *Echinocystis lobate* (Mich.) Torr.et Gray, *Elaeagnus angustifolia* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr., *Fallopia x bohemica* (Chrtek & Chrtkova) J.P. Bailey, *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. *var. austini* Fern., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. *var. subintegerrima* (Vahl) Fern., *Helianthus tuberosus* L. s.l., *Heracleum mantegazzianum* Somm.et Lev., *Helianthus tuberosus* L.s.l., *Heracleum mantegazzianum* Somm.et Lev., *Impatiens balfourii* Hook.F., *Impatiens glandulifera* Royle., *Impatiens parviflora* DC., *Juglans nigra* L., *Morus alba* L., *Parthenocissus inserta* (A.Kern) Fritsch, *Phytolacca americana* L., *Phytolacca esculenta* Van Houtte, *Prunus serotine* Ehrh., *Ptelea trifoliate* L., *Ribes aureum* Pursh, *Robinia pseudoacacia* L., *Rudbeckia hirta* L., *Rudbeckia laciniata* L., *Solidago canadensis* L., *Solidago gigantea* Arr., *Thladiantha dubia* Bunge., *Vitis riparia* Michx. Это позволило получить результаты по ранжированию их аллелопатического потенциала в зависимости от концентрации раствора. Максимальный юглоновый индекс определен у *Phytolacca esculenta* Van Houtte и *Amorpha fruticose* L.

Одними из широко распространенных инвазивных видов в настоящее время являются мелколепестник канадский и мелколепестник однолетний из семейства Астровые (*Asteraceae*). Целью данной работы является оценка аллелопатической активности этих видов различными способами при сравнении с аборигенным видом мелколепестником едким.

## МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служили чужеродные виды с высокой инвазионной активностью: мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), мелколепестник однолетний (*Erigeron annuus* (L.) Pers.S.L.) и аборигенный вид мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.) (рис. 1).

Отбор растительных проб проводили в течение вегетационного периода на основных фазах роста и развития: всходы или начало весенней вегетации (начало отрастания растений), фаза интенсивного линейного роста, бутонизация, начало цветения, окончание цветения – начало образования семян, плодоношение, окончание вегетации.

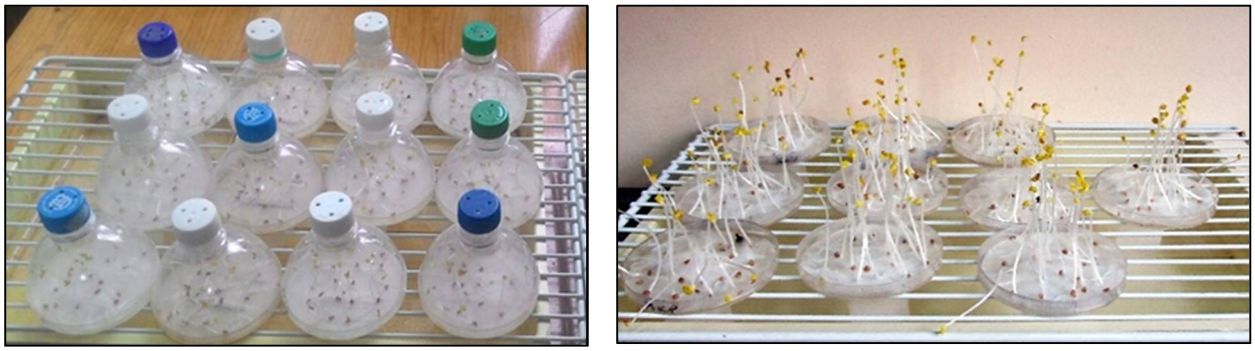
***Аллелопатическую активность*** определяли несколькими способами. По модифицированной методике А.М. Гродзинского [2] путем изучения влияния водных экстрактов, полученных из различных органов модельных видов на прорастание и рост проростков тест-культур стандартных (редис, сорт Французский завтрак; кресс-салат) и зерновых культур (яровой ячмень, сорт Батька; озимая пшеница, сорт Августина). Семена тест-культур проращивали в чашках Петри в термостате при температуре 22°С (рис. 2). В каждую чашку Петри помещали по 30 семян тест-культур и добавляли по 2 мл водного экстракта различной концентрации, в контрольные чашки – 2 мл дистиллированной воды. В чашках Петри были сделаны по 2 продольные прорези в которые закладывали полосу фильтровальной бумаги, концы её опускали в воду, залитую в поддон, над которым на специальных решетках находились чашки Петри. При закладке опытов, или их повторении использовали семена только с одной партии. Повторность лабораторных опытов – 3-х кратная.



мелколепестник канадский мелколепестник однолетний мелколепестник едкий

**Рис. 1**. Внешний вид растений мелколепестника

**Fig. 1.** Appearance of *Erigeron* plant species



а б

**Рис. 2.** Вид лабораторных опытов по изучению влияния водных экстрактов, полученных из сухой надземной биомассы изучаемых видов растений на прорастание и рост проростков тест-культур (а – общий вид вариантов опыта, б – общий вид проростков редиса посевного во время съема информации)

**Fig. 2.** View of laboratory experiments to study the effect of aqueous extracts obtained from dry above-ground biomass of the studied plant species on the germination and growth of test crop seedlings (a – general view of the experimental variants, b – general view of radish seedlings during data collection)

Параллельно проводили определение аллелопатической активности с использованием сэндвич – метода (рис. 3), разработанного известным японским ученым Y.Fujii для определения аллелопатии в лабораторных условиях [30, 38].




**Рис. 3.** Вид лабораторных опытов по изучению влияния водных экстрактов на прорастание семян и рост проростков тест–культуры (редиса посевного) с использованием сэндвича-метода

**Fig. 3.** Type of laboratory experiments to study the effect of aqueous extracts on seed germination and growth of test crop sprouts (radish) using the sandwich method

При этом методе помещают 10, или 50 мг высушенного материала в каждую лунку многолуночного пластикового планшета. Количество (10 или 50 мг на лунку (10 см $^2$) считается основанным на оценке среднего количества опавших листьев на один гектар в год [38]. Для использования сэндвич-метода для роста проростков тест-культуры лучше всего подходит агаровая среда. Для приготовления агарового раствора добавляют 7,5 г агара (порошок) с низкой температурой плавления к 1000 мл дистиллированной воды и помещают в автоклав. Время автоклавирования – 15 минут при температуре 115ºС. После агаровый раствор достают из автоклава, осторожно встряхивают и во время эксперимента держат на водяной бане при 40ºС.

Пинцетом переносят растительный материал в чашки и пипеткой добавляют в каждую из них 5–10 мл 0,75% автоклавированного агара. Автоклавированный агар без растительного материала в нескольких чашках используют в качестве контроля. Далее в каждую чашку добавляют еще 5 мл агара поверх первого застывшего слоя. После того, как второй слой агара застывает, пинцетом на поверхности раскладывают семена тест-культуры.

После посева в каждую лунку многодискового планшета, планшет закрывают крышкой, края заклеивают пластиковой лентой, чтобы избежать внешнего загрязнения или взаимодействия с газовой средой, отмечают соответствующей этикеткой и помещают в термостат при температуре 20–25ºС (в зависимости от вида тест-культуры) в полностью темных условиях. На 3-й день измеряют длину (мм) корешка и гипокотиля и определяют процент проросших семян.

Одновременно определяли юглоновый индекс. В отличие от методики, разработанной венгерскими учеными в опытах в качестве тест-культуры, вместо горчицы белой использовали семена редиса посевного. Индекс юглона (Ij /x) вещества с неизвестным аллелопатическим потенциалом определяли по формуле:

$$\mathbf{Ij\ /x = (Hj + Rj + Gj) / (Hx + Rx + Gx),}$$

где **Hj** – средняя длина побегов 3х10 семян редиса посевного, обработанных 1 мМ юглона (мм),

**Rj** – средняя длина корней 3х10 семян редиса посевного, обработанных 1 мМ юглона (мм),

**Gj** – средняя всхожесть 3х100 семян редиса посевного, обработанных 1 мМ юглона (количество),

Hx – среднее длин побегов 3х10 семян редиса посевного, обработанных веществом вида «х» с неизвестным аллелопатическим потенциалом (мм),

**Rx** – среднее длин корней 3×10 семян редиса посевного, обработанных веществом вида «х» с неизвестным аллелопатическим потенциалом (мм),

**Gx** – средняя скорость прорастания 3×100 семян редиса посевного, обработанных веществом вида «х» с неизвестным аллелопатическим потенциалом (число).

Сумма в числителе относится к эффекту 1 мМ юглона, а сумма в знаменателе относится к эффекту данного аллелохимического вещества (1 мМ, 1 или 5 г растительного материала, экстрагированного 100 мл дистиллированной воды).

Если юглоновый индекс вещества «х» больше 1 (Ij/x > 1), то торможение сильнее, чем у юглона (более выражен аллелопатический потенциал), если меньше 1 (Ij/x < 1) ингибирование слабее, чем у юглона (менее выражен аллелопатический потенциал). Если Ij/x меньше 0,5, то говорить об аллелопатическом потенциале практически нельзя.

Полученные данные демонстрируют относительную активность исследованных аллелохимических веществ и экстрактов, а полученные значения дают достоверную ориентацию об аллелопатическом потенциале.

Водные экстракты готовили путем замачивания 1 г высушенного растительного материала (листьев и стеблей) видов-доноров в 100 мл дистиллированной воды при 20°С в течение часа, встряхивания каждые 10 минут и фильтровали через фильтровальную бумагу.

Семена редиса посевного проращивали между двумя листами фильтровальной бумагами, смоченными 5 мл экстракта, в темноте, и помещенных в биологический термостат при 20°C. В каждую чашку Петри помещали по 10 семян редиса посевного, опыт повторяли с каждой концентрацией и видом растений трижды. Всхожесть, длину побегов и корней регистрировали на 6-й день от начала набухания.

Одновременно влияние экстрактов, полученных из различных видов растений на скорость прорастания, длину побегов и корней редиса посевного сравнивали с обработкой дистиллированной водой (контроль).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Аллелопатические свойства растений из рода мелколепестник мало изучены, однако, как показали исследования Y.Lu et al. и J.Sun, аллелопатическая активность, некоторых из них, например, мелколепестника однолетнего даже выше, чем у золотарника канадского [39–40] (рис. 4).

По результатам других исследований, установлено ингибирующее влияние экстрактов из семян и соцветий, и надземной части мелколепестника канадского на энергию прорастания, всхожесть и рост проростков сосны обыкновенной. Наибольшее ингибирующее влияние на рост проростков оказывает экстракт из семян и соцветий (длина побега у проростков составила 53,1% от контроля) [41].

Проведенные нами лабораторные опыты показали наличие высокой аллелопатической активности водных экстрактов, полученных из надземной части растений рода мелколепестник. Установлено, что высокие концентрации (10%) водных экстрактов, полученные из надземной биомассы изученных видов из рода мелколепестник вызывают сильное ингибирующее действие на рост проростков редиса посевного. Низкие концентрации (от 0,001% до 0,1%) в основном не оказывают достоверного влияния на рост проростков тест-культуры (табл. 1). В то же время следует подчеркнуть, что аллелопатическая активность экстрактов меняется в течение вегетационного периода, что связано с различным содержанием биологически активных веществ на разных фазах онтогенеза. Максимальная аллелопатическая активность наблюдается в начале интенсивного роста растений, наименьшая после фазы плодоношения. Наибольший диапазон варьирования аллелопатической активности в течение вегетации отмечается при 10%-й концентрации экстрактов. С уменьшением концентрации происходит снижe-

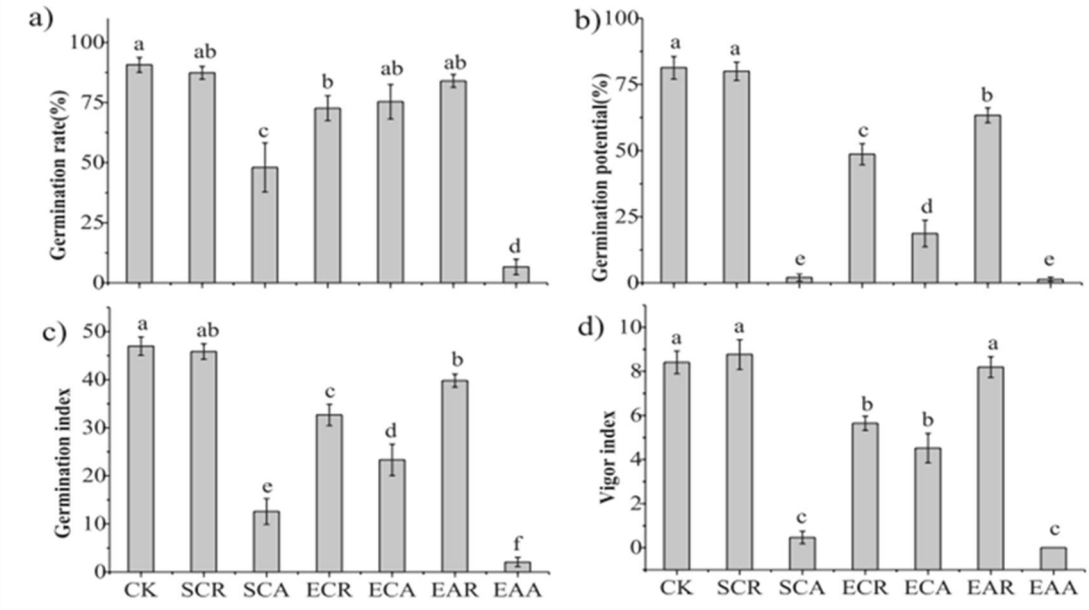



**Рис. 4.** Влияние водных экстрактов из трех инвазивных видов семейства астровые на семена салата
Условные обозначения: a – скорость прорастания, b – потенциал всхожести, c – индекс всхожести, d – индекс энергии. CK – контроль, SCR – экстракт корня золотарника канадского, SCA – экстракт травы золотарника канадского, ECR – экстракт корня мелколепестника канадского, ECA – экстракт травы мелколепестника канадского, EAR – экстракт корня мелколепестника однолетнего, EAA – экстракт травы мелколепестника однолетнего [39]

**Fig. 4.** Effect of aqueous extracts from three invasive species of the *Asteraceae* family on lettuce seeds
Legend: a – germination rate, b – germination potential, c – germination index, d – energy index. CK – control, SCR – Canadian goldenrod root extract, SCA – Canadian goldenrod herb extract, ECR – Canadian fleabane root extract, ECA – Canadian fleabane herb extract, EAR – Annual fleabane root extract, EAA – Annual fleabane herb extract [39]

**Таблица 1.** Диапазон влияния различных концентраций водных экстрактов, полученных из надземной биомассы растений рода мелколепестник на длину побегов и корней тест-культуры (min-max), %

**Table 1.** The range of influence of different concentrations of aqueous extracts obtained from the aboveground biomass of plants of the genus *Erigeron* on the length of shoots and roots of the test culture (min-max), %

| Орган растения | Концентрация водного экстракта, % | | |
|---|---|---|---|
| | 10 | 1 | 0,001 |
| Мелколепестник канадский | | | |
| Корни | 49,3–64,0 | 91,5–93,2 | 100,1–100,4 |
| Побег | 50,1–58,5 | 89,6–95,7 | 85,9–100,4 |
| Мелколепестник однолетний | | | |
| Корни | 38,8–60,1 | 78,8–85,5 | 110,1–115,0 |
| Побег | 39,4–52,8 | 72,7–81,2 | 99,4–100,4 |
| Мелколепестник едкий | | | |
| Корни | 56,0–72,1 | 92,6–101,8 | 101,5–102,8 |
| Побег | 65,9–67,8 | 96,2–97,1 | 95,6–101,7 |

ние различий в аллелопатической активности экстрактов, полученных из растений на разных фазах вегетации.

Степень аллелопатического влияния экстрактов в значительной мере зависит не только от фазы вегетации, но и от органов растений из которых они получены. Так результаты лабораторных опытов показали, что 10% водные экстракты, полученные из стеблей мелколепестника канадского, сильнее ингибируют рост корней и побегов проростков тест-культур по сравнению с экстрактами, полученными из листьев и надземной биомассы в целом. В свою очередь 0,001% водные экстракты, полученные из стеблей, оказывали стимулирующее влияние на рост корней и побегов тест-культур по сравнению с экстрактами из листьев и надземной биомассы. Это указывает на то, что чем выше степень ингибирования 10%-м экстрактом, тем выше вероятность получения стимулирующего эффекта при обработке самой низкой концентрацией (0,001%) (рис. 5).

При обработке 10%-ми водными экстрактами, полученными из различных органов растений мелколепестника однолетнего, также наблюдается значительный ингибирующий эффект. Однако в этом случае, в отличие от мелколепестника канадского наибольшую ингибирующую активность проявили 10%-е экстракты, полученные из листьев, которые тормозили длину корней и побегов тест-культур на 90% и на 94%, соответственно.

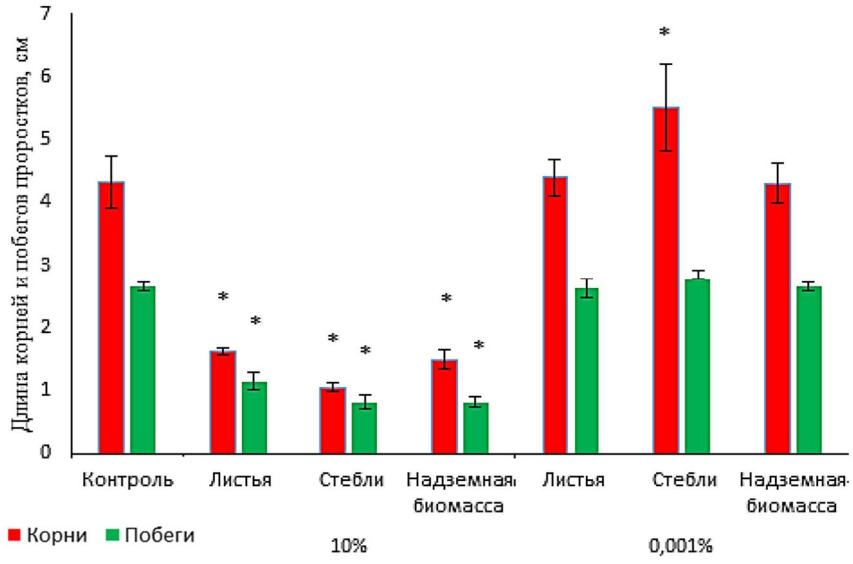



**Рис. 5.** Влияние 10%-х и 0,001%-х водных экстрактов, полученных из различных органов растений мелколепестника канадского на длину корней и побегов проростков редиса
(* – статистически значимые различия при $p < 0,05$)

**Fig. 5.** The effect of 10% and 0.001% aqueous extracts obtained from various organs of canadian fleabane on the length of roots and shoots of radish seedlings
(* – statistically significant differences at $p < 0.05$)

10%-е экстракты, полученные из стеблей и надземной биомассы мелколепестника однолетнего, также статистически значимо ингибировали рост проростков редиса посевного. Статистически значимых отличий между контролем и экстрактами из различных органов растений мелколепестника однолетнего с концентрацией 0,001% не выявлено (рис. 6).

Также изучено влияние экстрактов, полученных из растений различных видов рода мелколепестник на рост проростков ярового ячменя сорта Батька и озимой пшеницы сорта Августина (табл. 2). Самая высокая изученная в лабораторных опытах концентрация экстрактов (10%), рода мелколепестник оказывает сильное ингибирующее действие на рост и развитие проростков культурных хлебных злаков (см. табл. 2). Максимальное ингибирующее влияние на линейные размеры как корней, так и побегов хлебных злаков оказывает 10%-я концентрация экстракта из надземной биомассы мелколепестника однолетнего (соответственно значения этих показателей в опытных вариантах по сравнению с контролем составили 26,0% и 11,7% у ярового ячменя и 17,0% и 7,4% у озимой пшеницы). Наименее выражено было влияние экстракта, полученного из надземной биомассы растений аборигенного вида мелколепестника едкого (соответственно у ярового ячменя 48,7% и 39,6%, у озимой пшеницы 40,7% и 52,5%). Другой инвазивный вид – мелколепестник канадский занимал промежуточное положение по этому показателю (соответственно яровой ячмень 40,3% и 34,7%; озимая пшеница 31,4% и 32,4%). Полученные результаты подтверждают, что инвазивные виды по сравнению с их аборигенными сородичами обладают более высокой аллелопатической активностью. Для мелколепестника однолетнего, который на территории Беларуси обладает более высокой инвазионностью характерна более высокая аллелопатическая активность в сравнении с другим инвазивным видом – мелколепестником канадским.

Установлено, что экстракты с самой высокой изученной в опытах концентрацией (10%), полученные из надземной биомассы всех трех видов из рода *Erigeron* L. в большей степени ингибируют рост проростков озимой пшеницы, по сравнению с яровым ячменем. В то же время низкие концентрации экстрактов в диапазоне 0,001–0,1% в основном, в отличие от ярового ячменя, оказывают небольшое стимулирующее действие (103,3% по сравнению с контролем, при диапазоне 97,8–111,7%) на проростки озимой пшеницы. Для ярового ячменя этот показатель составил 95,8% по сравнению с контролем, при диапазоне 83,1–104,0%. 1%-я концентрация всех экстрактов во всех случаях оказывала небольшое ингибирующее действие на рост проростков ярового ячменя и озимой пшеницы.

На энергию прорастания и всхожесть семян ярового ячменя сорта Батька и озимой пшеницы сорта Августина экстракты, полученные из надземной биомассы растений из рода мелколепестник, существенного влияния не оказывали.

Параллельно в лабораторных опытах проводили изучение влияния надземной биомассы близкородственных видов рода мелколепестник на энергию прорастания и рост проростков редиса посевного (сорт Французский завтрак) с использованием сэндвич-метода.

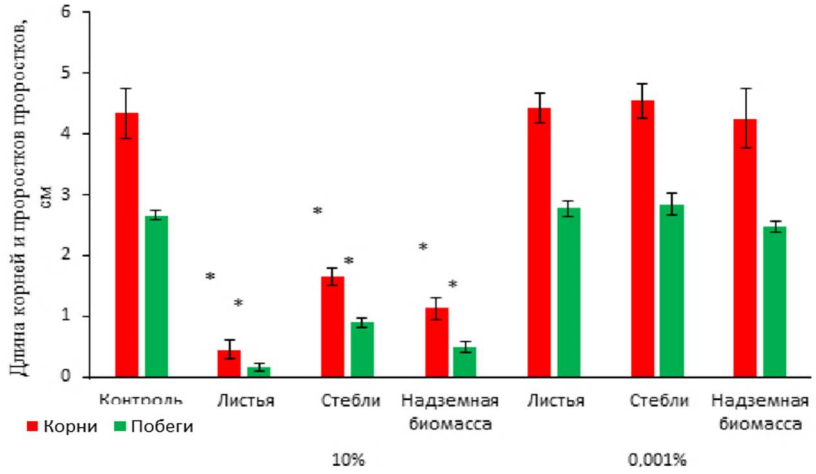



**Рис. 6.** Влияние 10%-х и 0,001%-х водных экстрактов, полученных из различных органов мелколепестника однолетнего на длину корней проростков редиса посевного
(* – статистически значимые различия при $p < 0,05$)

**Fig. 6.** The effect of 10% and 0.001% aqueous extracts obtained from various organs of annual small-petaled grass on the length of roots of radish sprouts.
(* – statistically significant differences at $p < 0.05$)

В ходе исследования также установлено наличие высокой аллелопатической активности надземной биомассы изучаемых видов. Как и в опытах, описанных выше наибольший ингибирующий эффект оказывает мелколепестник однолетний. Так, при использовании навески массой 0,05 г длина побегов редиса посевного снижалась на 32%, а рост корней на 35% по сравнению с контролем.

Сильный ингибирующий эффект на корни оказал мелколепестник канадский. Средняя длина корней 2,07 см, что составляет 75% по отношению к контролю. Мелколепестник едкий дозой 0,05 г оказал стимулирующий эффект на побеги и ингибирующий на корни (рис. 7).

Уменьшение навески до 0,1 г оказывает небольшой стимулирующий эффект на рост побегов мелколепестника едкого (рис. 8).

**Таблица 2.** Влияние концентраций водных экстрактов, полученных из надземной биомассы различных видов из рода мелколепестник на длину побегов и корней ярового ячменя и озимой пшеницы (в % к контролю)

**Table 2.** The effect of concentrations of aqueous extracts obtained from the aboveground biomass of various species of the genus *Erigeron* on the length of shoots and roots of spring barley and winter wheat (in % of the control)

| Вид растений из рода мелколепестник | Орган культурного вида растений | Концентрации экстрактов, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 1 | 0,1 | 0,01 | 0,001 |
| ***яровой ячмень*** | | | | | | |
| Мелколепестник однолетний | Корни | 26,0±0,5 | 81,5±1,2 | 99,9±1,3 | 83,1±0,7 | 96,7±0,7 |
| Мелколепестник канадский | | 40,3±0,3 | 88,6±0,9 | 101,2±2,2 | 101,6±2,4 | 100,4±1,2 |
| Мелколепестник едкий | | 48,7±0,7 | 93,4±2,1 | 99,9±1,6 | 97,2±1,8 | 98,1±1,3 |
| Мелколепестник однолетний | Побеги | 11,7±0,2 | 87,8±2,5 | 88,1±0,7 | 104,0±1,9 | 88,8±1,2 |
| Мелколепестник канадский | | 34,7±0,3 | 82,6±1,8 | 84,3±0,9 | 91,0±0,7 | 96,3±1,3 |
| Мелколепестник едкий | | 39,6±0,1 | 90,2±2,0 | 96,5±1,4 | 101,8±2,8 | 94,9±0,7 |
| ***озимая пшеница*** | | | | | | |
| Мелколепестник однолетний | Корни | 17,0±0,3 | 79,0±1,3 | 103,8±1,2 | 111,7±3,5 | 104,3±1,2 |
| Мелколепестник канадский | | 31,4±0,4 | 88,8±1,1 | 103,8±1,4 | 103,1±2,7 | 107,5±1,6 |
| Мелколепестник едкий | | 40,7±0,6 | 85,0±1,5 | 101,7±1,1 | 93,6±1,8 | 103,8±1,2 |
| Мелколепестник однолетний | Побеги | 7,4±0,1 | 99,5±1,6 | 104,8±2,0 | 105,4±2,2 | 105,4±0,7 |
| Мелколепестник канадский | | 32,4±0,3 | 100,7±2,4 | 103,1±1,3 | 102,6±1,7 | 107,5±1.3 |
| Мелколепестник едкий | | 52,5±0,6 | 94,7±1,9 | 99,0±1,2 | 97,8±0,9 | 100,1±0,9 |

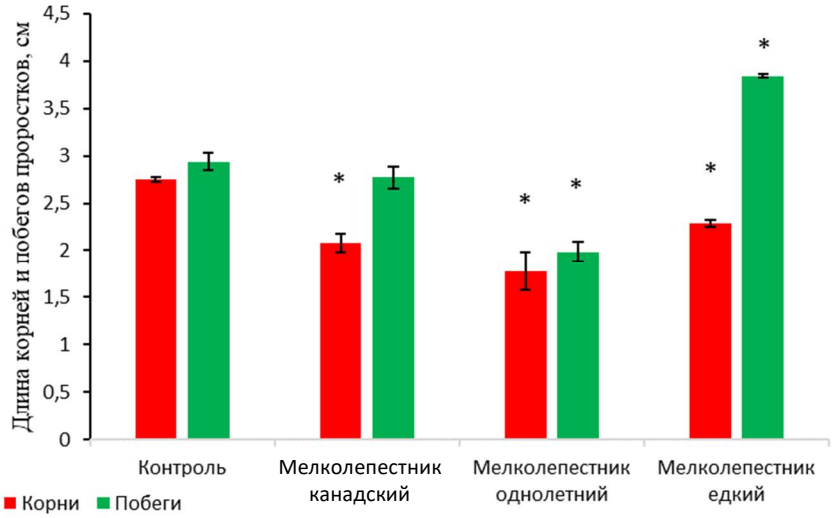



**Рис. 7.** Влияние аллелопатической активности надземной биомассы растений рода мелколепестник на длину корней и побегов проростков редиса посевного (доза 0,05 г)
(* – статистически значимые различия при $p < 0,05$)

**Fig. 7.** The effect of allelopathic activity of the aboveground biomass of plants of the genus *Erigeron* on the length of roots and shoots of radish seedlings (dose 0,05 g)
(* – statistically significant differences at $p < 0.05$)

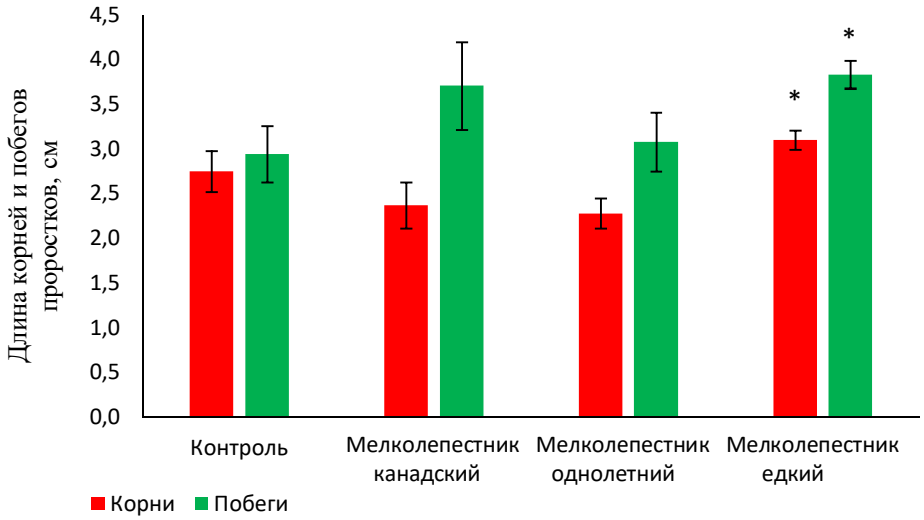



**Рис. 8.** Влияние аллелопатической активности надземной биомассы растений рода мелколепестник на длину корней и побегов проростков редиса посевного (доза 0,01 г) (* – статистически значимые различия при $p < 0,05$)

**Fig. 8.** The effect of aboveground biomass of plants of the genus *Erigeron* on the length of roots and shoots of radish seedlings (dose 0,01 g) (* – statistically significant differences at $p < 0.05$)

Для комплексной оценки аллелопатической активности определяли, предложенный венгерскими учеными юглоновый индекс [36]. Экспериментальные данные по влиянию водных экстрактов и юглона на длину корней, побегов и всхожесть семян растений рода мелколепестник представлены в табл. 3 и 4.

Полученные с использованием юглонового индекса результаты показали, что все исследуемые виды мелколепестника обладают определенным аллелопатическим потенциалом, так как юглоновый индекс у всех больше 0,5 (рис. 9). Мелколепестник едкий имеет низкий юглоновый индекс, который составляет 0,55. Наиболее выраженным аллелопатическим потенциалом обладает мелколепестник однолетний, у которого юглоновый индекс составляет 0,94. Мелколепестник канадский также обладает выраженной аллелопатической активностью (юглоновый индекс 0,74), но в меньшей степени, чем однолетний.

**Таблица 3.** Длина корней и побегов проростков редиса посевного, обработанных водными экстрактами растений рода мелколепестник и юглоном

**Table 3.** Length of roots and shoots of radish sprouts treated with aqueous extracts of plants of the genus *Erigeron* and juglone

| Вариант опыта | Корни, см | Побег, см |
|---|---|---|
| Мелколепестник канадский | 3,36±0,25 | 2,35±0,22 |
| Мелколепестник однолетний | 3,07±0,17 | 1,35±0,28 |
| Мелколепестник едкий | 4,19±0,18 | 3,8±0,17 |
| Юглон | 1,99±0,12 | 2,12±0,12 |

**Таблица 4.** Всхожесть семян редиса посевного, обработанных водными экстрактами растений рода мелколепестник и юглоном

**Table 4.** Germination of radish treated with aqueous extracts of plants of the genus *Erigeron* and juglone

| Вариант опыта | Всхожесть, % |
|---|---|
| Мелколепестник канадский | 93±1,11 |
| Мелколепестник однолетний | 82±2,25 |
| Мелколепестник едкий | 94±1,48 |
| Юглон | 80±2,64 |

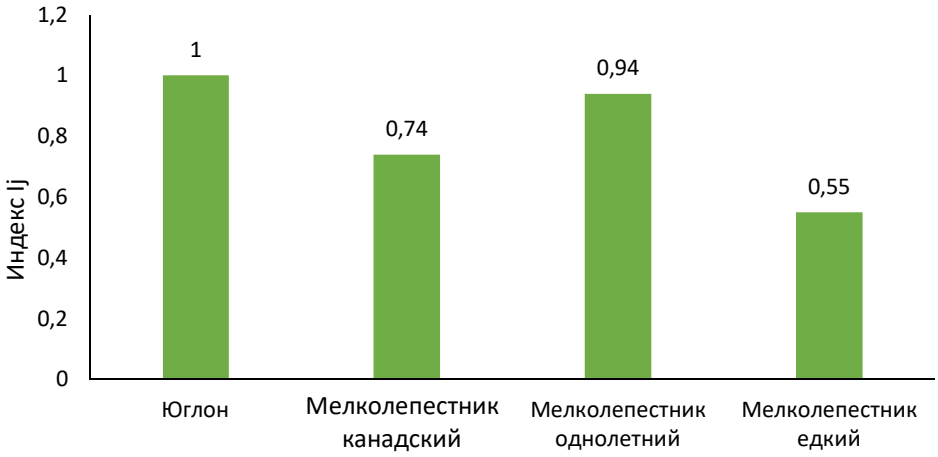



**Рис.9.** Юглоновый индекс растений из рода мелколепестник

**Fig. 9.** Juglone index of plants from the genus *Erigeron*

## Заключение

По результатам исследований установлено, что чужеродные виды растений с высокой инвазионной активностью значительно ингибируют рост проростков тест-культур редиса посевного и зерновых культур в высоких концентрациях. Наибольшей ингибирующей активностью обладают экстракты, полученные из листьев и побегов мелколепестника однолетнего. Снижение концентрации экстрактов, наоборот часто приводит к стимуляции роста проростков редиса посевного. Наибольший стимулирующий эффект имеют экстракты, полученные из стеблей мелколепестника канадского.

Исследование аллелопатической активности сэндвич-методом подтвердило наличие ингибирующего эффекта у инвазивных видов растений рода мелколепестник дозой 0,05 г. Наибольший ингибирующий эффект по сравнению с другими видами рода мелколепестник оказывает мелколепестник однолетний.

Значения юглонового индекса в основном тесно коррелируют с инвазионной активностью чужеродных видов растений.

Наиболее сильное аллелопатическое влияние проявляет мелколепестник однолетний, что хорошо согласуется с проявлением его высокой инвазионной активности на территории Беларуси в последние годы. Близкие значения аллелопатической активности имеют водные экстракты, полученные из растений мелколепестника канадского, который тоже является злостным инвазивным видом. Экстракты из надземной биомассы аборигенного вида – мелколепестника едкого в меньшей степени проявляют аллелопатическую активность по сравнению с его инвазивными сородичами.

## Литература

1. Инвазионная активность некоторых растений из рода Мелколепестник (*Erigeron* (L.) Crong., *Erigeron* L.) / В. Н. Прохоров, Е. Н. Карасева, А. В. Бабков [и др.]. // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – С. 194–201.

2. Гродзинский, А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ: основы химического взаимодействия растений / А. М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – 200 с.

3. Callaway, R. M. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion / R. M. Callaway, E. T. Aschehoug // Science. – 2000. – Vol. 290. – P. 521–523.

4. Elton, C. S. The ecology of invasions by plants and animals / C. S. Elton / London. – 1958. – 666 p.

5. Stockwell, C. A. Contemporary evolution meets conservation biology / C. A. Stockwell, A. P. Hendry, M. T. Kinnison // Trends Ecol Evol, 2003. – Vol. 18, № 2 – P. 94–101.

6. Гродзинский, А. М. О новой концепции аллелопатии / А. М. Гродзинский // Химическое взаимодействие растений: сб. науч. тр. / редкол.: А. М. Гродзинский (отв. ред.). – Киев, 1981. – С. 3–18.

7. Thompson, J. D. Population variation in *Spartina anglica* C. E. Hubbard. I. Evidence from a common garden experiment / J. D. Thompson, T. McNeilly, A. J. Gray // New Phytol. – 1991. – Vol. 117, № 1 – P. 115–128.

8. Williams, D. G. Ecophysiology of introduced *Pennisetum setaceumon* Hawaii: the role of phenotypic plasticity / D. G. Williams, R. N. Mack, R. A. Black // Ecology. – 1995. – Vol. 76, № 5 – P. 1569–1580.

9. Чернобривенко, С. И. Биологическая роль растительных выделений и межвидовое взаимоотношение в смешанных посевах / С. И. Чернобривенко. – М.: Совет. Наука, 1956. – 194 с.

10. Blossey, B. Evolution of increased competitive ability in invasive non-indigenous plants: A hypothesis / B. Blossey, R. Nötzold // J Ecol. – 1995. – Vol. 83, № 5 – P.887–889.

11. Lorenzo, P. Role of allelopathy during invasion process by alien invasive plants in terrestrial ecosystems / P. Lorenzo, M. I. Hussain, L. González // Allelopathy: Current Trends and Future Applications / ed. Z.A.Cheema, M.Farooq, A.Wahid. – Berlin, Heidelberg. – 2011. – P. 3–21.

12. Ламан, Н. А. Способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков: современное состояние проблемы / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров // Ботаника: (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 40. – С. 469–489.

13. Modern genomic approaches to improving allelopathic capability in wheat (*Triticum aestivum* L.) / H. Wu, J. Pratley, D. Lemerle, M. An [et al.] // Allelopathy J. – 2007. – Vol. 19, № 1. – P. 97–107.

14. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems / V.Vilà, M. Vilà, J. Espinar [et al.] // Ecol Lett. – 2011. – Vol. 14. – P. 702–708.

15. An cosystem-level perspective of allelopathy / D. A. Wardle, M-C. Nilsson, C. Gallet [et al.] // Biological Reviews. – 1998. – Vol. 73, № 3. – P. 305–319.

16. Chou, C. H. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture / C. H. Chou //Crit. Rev. Plant Sci. – 1999. – Vol. 18. – P. 609–636.

17. Field, B. First encounters–deployment of defence-related natural products by plants / B. Field, F. Jordan, A. Osbourn // New Phytol. – 2006. – Vol. 172. – P. 193–207.

18. Inderjit, I. Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? / I. Inderjit, R. M. Callaway, J. M. Vivanco // Trends Plant Sci. – 2006. – Vol. 11. – P.574–580.

19. Integrating novel chemical weapons and evolutionarily increased competitive ability in success of a tropical invader / Y. L. Zheng, Y-L. Feng, Li-K. Zhang [et al.] // New Phytol. – 2015. – Vol. 205. – P.1350–1359.

20. Mallik, A. U. Conifer regeneration problems in boreal and temperate forests with ericaceous understory: Role of disturbance, seedbed limitation, and keystone species change / A. U. Mallik // Crit. Rev. Plant Sci.– 2003. – Vol. 22. – P. 341–366.

21. Hierro, J. L. Allelopathy and exotic plant invasion / J. L.Hierro, R. M.Callaway // Plant Soil. – 2003. – Vol. 256, № 1. – P. 29–39.

22. Ridenour, W. M. The relative importance of allelopathy in interference: the effects of an invasive weed on a native bunchgrass / W. R. Ridenour, R. M. Callaway // Oecologia. – 2001. – Vol. 126. – P. 444–450.

23. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions / H. P. Bais, R.Vepachedu, S.Gilroy [et al.] // Science. – 2003. – Vol. 301, № 5638. – P. 1377–1380.

24. Invasive plant suppresses the growth of native tree seedlings by disrupting belowground mutualisms / K. A. Stinson, S. A. Campbell, J. R Powell [et al.] // PLoS Biol. – 2006. – Vol. 4. – P. 140.

25. Prati, D. Allelopathic inhibition of germination by *Alliaria petiolata* (*Brassicaceae*) / D. Prati, O. Bossdorf // Am J Bot. – 2004. – Vol. 91 – P. 285–288.

26. Zhang, Z. Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis / Z. Zhang // Ecol. Lett. – 2021. – Vol. 24. – P. 348–362.

27. Relative importance of competition and plant-soil feedback, their synergy, context dependency and implications for coexistence / Y. Lekberg, J. D. Bever, Re. A. Bunn [et al.] // Ecol. Lett. – 2018. – Vol. 21. – P. 1268–1281.

28. Enhanced allelopathy and competitive ability of invasive plant *Solidago canadensis* in its introduced range / Y. Yuan, B. Wang, Sh. Zhang [et al.] // Journal of Plant Ecology. – 2013. – Vol.6, № 3. – P. 253–263.

29. Кондратьев, М. Н. Вторичные соединения лекарственных растений как потенциальная основа для создания биогербицидов / М. Н. Кондратьев, Ю. С. Ларикова, А. Н. Давыдова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2017. – Т.20, № 5. – С.36–40.

30. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method / Y. Fujii, S. Parvez, M. Parvez, [et al.] // Weed Biology and Management.– 2003 – Vol. 3, № 4. – P. 233–241.

31. Allelopathic potential of *Acacia melanoxylon* on the germination and root growth of native species / M. Hussain, M. Hussain, L. González, M. Reigosa // Weed Biol. Manag. – 2011. – Vol. 11, №1. – P. 18–28.

32. Dorning, M. Leaf and root extracts of the invasive shrub, *Lonicera maackii*, inhibit seed germination of three herbs with no autotoxic effects / M. Dorning, D. Cipollini // Plant Ecol. 2006. – Vol. 184, № 2. – P. 287–296.

33. Yang, R. Y. Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native chinese plant species / R. Y. Yang, L. X. Mei, X. Chen // Allelopathy J. – 2007. – Vol. 19, № 1. – P. 241–247.

34. Rizvi, S. J. Allelopathy: Basic and applied aspect / S. J. Rizvi, V. Rizvi / Chapman and Hall, London, U.K. – 1992. – 480 p.

35. Soderquist, C. J. Juglone and allelopathy / C. J. Soderquist // Journal of Chemical Education. – 1973. – Vol. 50, № 11. – P.782–783.

36. Szabo, L. G. Y. Juglone index – a possibility for expressing allelopathic potential of plant taxa with various life strategies / L. G. Y. Szabo // Acta Botanica Hungarica. – 1999. – Vol. 42, № 1/4. – P. 295–305.

37. Study on Allelopathic Potential of Some Invasive and Potentially Invasive Neophytes / A. Csiszar, B. Kovács, A. Facskó [et al.] // International Scientific Conference March 26–27 2012 on Sustainable Development & Ecological Footprint Sopron, Hungary. 2012. – 6 p.

38. Assessment method for allelopathic effect from leaf litter leachates / Y. Fujii, T. Shibuya, K. Nakatani [et al.] // Weed Biol. Manag. – 2004. –№ 4. – P. 19–23.

39. Allelopathic effects of aqueous extracts from different plant parts of canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) on seed germination and seedling growth of Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.) / J. F. Sun, Q. J. Liang, N. Wu [et al.] // Appl. Ecol. Environ. Res. – 2022. – Vol. 20. – P. 1009–1022.

40. Allelopathy of three Compositae invasive alien species on indigenous *Lactuca sativa* L. enhanced under / Y. Lu, Y.Wang, B. Wu [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2020. – Vol. 267. – P. 1–9.

41. Купреев, В. Э. Влияние экстрактов из *Erigeron canadensis L.* на параметры роста сосны обыкновенной / В. Э. Купреев // Разнообразие растительного мира. – 2019. – № 1 (1). – С. 62–66.

*Поступила в редакцию 08.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Прохоров Валерий Николаевич*** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, главный научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Карасёва Елена Николаевна*** – кандидат биологических наук, заведующая сектором экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Фролова Татьяна Викторовна*** – младший научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Бабков Алексей Владимирович*** – научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Сак Михаил Михайлович*** – старший научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Гриц Александр Николаевич*** – научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Коржова Дарья Сергеевна*** – младший научный сотрудник сектора экологической физиологии фитоинвазий Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Судник Алла Федоровна*** – кандидат биологических наук, ученый секретарь Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Оценка аллелопатической активности некоторых видов растений рода мелколепестник (*Erigeron* L.) / В. Н. Прохоров, Е. Н. Карасёва, Т. В. Фролова [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 250–261.

634.737:581. 5:581.522.4 (476)

Ж. А. РУПАСОВА[1], Ф. И. ПРИВАЛОВ[1], Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ[1],
А. С. САЯН[1], А. В. УШАКОВА[1], С. Н. АВРАМЕНКО[1], Э. И. КОЛОМИЕЦ[2],
М. Н. МАНДРИК-ЛИТВИНКОВИЧ[2], З. М. АЛЕЩЕНКОВА[3]

# ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

[1]*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: rupasova@basnet.by*
[2]*ГНПО Химический синтез и биотехнологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*
[3] *Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: microbio@ mbio bas-net.by*

**Аннотация.** В статье приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне республики в рамках двух полевых опытов с более низким и более высоким уровнем плодородия почвы влияния биологических ростстимулирующих препаратов Ростмомент и Оксидат торфа «Голубика» с микроэлементами (каждого в концентрации 0,4%), а также нового бактериального препарата Экоберит в 1-, 2- и 5%-й концентрациях на биохимический состав плодов голубики высокорослой. Установлено значительное влияние испытываемых препаратов и агрохимических свойств почвы на содержание в них действующих веществ разной химической природы. Показано, что, независимо от уровня плодородия почвы, испытываемые рострегулирующие препараты оказывали существенное позитивное влияние на качество плодов голубики.

При этом в обоих экспериментах наиболее эффективными агроприемами, обеспечившими превышение контрольного уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик в 9,2–13,3 раза, оказались внесение Оксидата торфа и в меньшей (в 2–3 раза) степени 2%-го Экоберита , тогда как менее результативным в этом плане следовало признать использование бактериального препарата в максимальной и особенно минимальной концентрациях при ухудшении качества ягодной продукции в 1,3 раза относительно контроля при применении Ростмомента. На фоне внесения Оксидата торфа установлена более выраженная, чем при использовании Экоберита, зависимость степени трансформации биохимического состава плодов от эдафического фактора, наиболее значительная при менее высоком уровне плодородия почвы.

**Ключевые слова:** плодородие почвы, биологические ростстимулирующие препараты, Ростмомент, Оксидат торфа, Экоберит, микроэлементы.

J. A. RUPASOVA[1], F. I. PRIVALOV[1], N. B. PAVLOVSKY[1],
A. S. SAYAN[1], A. V. USHAKOVA[1], S. N. AVRAMENKO[1], E. I. KOLOMIETS[2],
M. N. MANDRIK-LITVINKOVICH[2], Z. M. ALESHCHENKOVA[3]

# INFLUENCE OF SOIL FERTILITY LEVEL ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF HIGH-GROWING BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) FRUITS AGAINST THE BACKGROUND OF APPLICATION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS WITH GROWTH-REGULATING EFFECT

[1]*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: rupasova@basnet.by*
[2]*Chemical Synthesis and Biotechnology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*
[3]*Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: microbio@ mbio bas-net.by*

**Annotation.** The article presents the results of a comparative study in the southern agroclimatic zone of the republic within the framework of two field experiments with a lower and higher level of soil fertility of the influence of biological growth-stimulating preparations Rostmoment and Peat Oxidate " Blueberry" with microelements (each at a concentration of 0.4%), as well as a new bacterial preparation Ecoberit in 1-, 2- and 5% concentrations on the biochemical composition of highbush blueberry fruits. A significant effect of the tested preparations and agrochemical properties of the soil on the content of active substances of different chemical nature in them was established. It was shown that,

regardless of the level of soil fertility, the tested growth-regulating preparations had a significant positive effect on the quality of blueberry fruits.

At the same time, in both experiments, the most effective agricultural practices that ensured an excess of the control level of nutritional and vitamin value of fruits for a set of 14 biochemical characteristics by 9,2–13,3 times were the introduction of Peat Oxidate and, to a lesser extent (2–3 times), 2% Ecoberit, while less effective in this regard should be recognized as the use of a bacterial preparation in maximum and especially minimum concentrations with a deterioration in the quality of berry products by 1.3 times relative to the control when using Rostmoment. Against the background of the introduction of Peat Oxidate, a more pronounced dependence of the degree of transformation of the biochemical composition of fruits on the edaphic factor was established than when using Ecoberit, which is most significant at a lower level of soil fertility.

**Key words:** soil fertility, biological growth-stimulating preparations, Rostmoment, Peat oxidate, Ecoberit, microelements.

## Введение

Общеизвестно, что плоды голубики высокорослой являются природными источниками широкого спектра органических соединений разной химической природы, оказывающих на организм человека многостороннее, в том числе, Р-витаминное действие при наиболее выраженной физиологической активности антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов [1]. При этом характерные для плодов данного вида прекрасные вкусовые свойства обусловлены значительным содержанием в них углеводов, в первую очередь, растворимых сахаров, что позволяет отнести их к продуктам премиум-класса, используемым в детском и диетическом питании населения. Вместе с тем сладость вкуса плодов голубики зависит не только от содержания сахаров, но и свободных органических кислот, соотношением количеств которых определяется показатель их сахарокислотного индекса.

Исследованиями ученых Центрального ботанического сада НАН Беларуси, выполненными в разные годы во всех агроклиматических зонах республики, подтверждена повышенная способность интродуцированных сортов голубики высокорослой к биосинтезу в плодах широкого спектра органических соединений, но вместе с тем показана выраженная зависимость параметров их накопления от воздействия как регулируемых, так и нерегулируемых абиотических факторов [2, 3].

В последние годы в мировой практике на промышленных плантациях данной культуры для повышения урожайности и получения высококачественной экологически чистой ягодной продукции широко практикуется применение биологических, в том числе, микробных препаратов ростстимулирующего и фитозащитного действия. Данный подход представляется весьма актуальным и для нашей республики, поскольку он согласуется с принятым в Беларуси в ноябре 2018 г. Законом «О производстве и обращении органической продукции», ограничивающим использование в растениеводческих технологиях любых химических средств, в том числе минеральных удобрений и химических средств защиты растений от фитофагов и фитопатогенов.

Это инициировало создание белорусскими учеными экологически безопасных отечественных рострегулирующих препаратов комплексного действия с фитозащитной активностью, одним из которых является микробный препарат *Экоберит.* Он представляет собой консорциум из штаммов бактерий рода *Bacillus* и обладает ростстимулирующей, фунгицидной, азотфиксирующей и фосфатмобилизующей активностями. Вместе с тем, учитывая экспериментально установленное авторами в более ранних исследованиях существенное влияние ряда микробных препаратов на темпы биосинтеза в плодах действующих веществ разной химической природы в зависимости от эдафического фактора [4–6], представлялось целесообразным выявить изменения в содержании наиболее ценных органических соединений, в значительной степени определяющих их лечебно-профилактические и вкусовые свойства – биофлавоноидов, органических кислот и растворимых сахаров под воздействием нескольких концентраций данного препарата при разном уровне плодородия почвы.

При этом для объективного суждения о степени влияния *Экоберита* на данные показатели в зависимости от последнего проведено сравнительное исследование воздействия на них еще двух известных видов биологических регуляторов роста – *Ростмомента* и *Оксидата торфа «Голубика» с микроэлементами*. Действующим веществом первого из них являются дрожжи *p.Saccharomyces* и продукты их метаболизма, а его препаративная форма представлена водорастворимыми гранулами (ВГ) с количеством жизнеспособных клеток в пределах 10 ±3%. Второй препарат представляет собой 4%-й водный концентрат биологически активных веществ, содержащихся в природном продукте – торфе. В со-

ставе препарата преобладают гуминовые и фульвовые кислоты (до 80%), а также в него входят 16 аминокислот, из которых 9 незаменимых, моно- и полисахариды, фенолы, хиноны, макро- и микроэлементы, а также производные витаминов группы B, $D_3$, PP.

## МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования выполнены в 2024 г. в южной агроклиматической зоне республики (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на примере модельного среднеспелого сорта *Bluecrop* голубики высокорослой в рамках двух полевых экспериментов с разным уровнем плодородия почвы. Один опыт проведен на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (ЭБ), а второй – на территории расположенного на 10 км севернее крестьянско-фермерского хозяйства «Ягодное лукошко» (КФХ). В первом эксперименте почва под опытными растениями – торфяно-глеевая, мелиорированная, развитая на слое пушицево-сфагнового верхового торфа, подстилаемого с глубины 50 см рыхлым, разнозернистым песком. Торф среднеразложившийся, с зольностью 15% и содержанием $P_2O_5$ – 131, $K_2O$ – 180, Ca – 246, Mg – 32 мг/кг. Реакция почвенного раствора ($pH_{H2O}$) в приствольной зоне посадок голубики варьировалась в диапазоне 4,9–6,2, тогда как у мульчирующего слоя (древесные опилки) она составляла 4,9–5,3, а в междурядьях – 4,7–5,1.

Почва на участке КФХ «Ягодное лукошко» – дерново-подзолистая, супесчаная, с содержанием гумуса 3,5%, $P_2O_5$ – 285, $K_2O$ – 74, Ca – 982, Mg – 124 мг/кг. Реакция почвенного раствора ($pH_{H2O}$) в приствольной зоне посадок голубики соответствовала области более низких, чем на предыдущем участке, значений – от 3,8 до 4,9 при pH мульчирующего слоя (древесные опилки) в пределах от 4,7 до 4,8, а в междурядьях – 5,0–5,7.

Схема опыта на территории ЭБ включала **6** вариантов внесения испытываемых препаратов путем полива приствольной зоны посадок голубики:

**1** – контроль – водой;

**2, 3** –водными растворами препаратов *Ростмомент* и *Оксидат торфа* (каждого в концентрации 0,4%);

**4, 5, 6 –** водным раствором *Экоберита* в концентрации 1, 2 и 5% соответственно.

На территории КФХ схема опыта включала **4** варианта внесения препаратов путем полива приствольной зоны посадок голубики:

**1** – контроль – водой;

**2** – водным раствором *Оксидата торфа* в 0,4%-й концентрации;

**3**, **4** – водным раствором *Экоберита* в 1- и 2%-й концентрациях соответственно.

Следует отметить, что в данном эксперименте перед высадкой растений голубики произведена вспашка почвы плугом ПКЛ-70 с формированием борозд шириной 1 м, глубиной 40 см, заполненных смесью верхового торфа и древесных опилок (1:1) из расчета 2 $м^3$ на 10 погонных метров.

Затем с помощью культиватора осуществляли перемешивание торфо-опилочной смеси с почвой на ширину 1,2 м. На подготовленном таким образом субстрате созданы посадки сходных по габитусу одновозрастных генеративных растений модельного сорта голубики по схеме 4,0×1,2 м, приствольная полоса которых замульчирована отходами деревообработки (опилки, щепа, кора) слоем 10 см на ширину 1,2 м, а сами посадки оборудованы капельным орошением, обеспечивавшим одновременное подкисление субстрата и дополнительное поступление основных питательных элементов путем внесения в растворенном виде аммиачной селитры, солей калия и фосфора. Это способствовало улучшению его агрохимических свойств, обусловившему в опытных посадках более высокий уровень плодородия почвы, нежели на экспериментальном участке ЦБС. Наряду с этим, годом ранее в весенне-летний период здесь были проведены обработки опытных растений фунгицидными препаратами – химическими *«Азофос», «Трайдекс», «Серкадис Плюс», «Каптан»* и биологическим *«Триходерма»*, что, как и различия агрохимических свойств субстрата в сравниваемых экспериментах, не могло не отразиться на характере ответной реакции растений голубики на испытываемые агроприемы.

В обоих полевых опытах внесение в приствольную зону посадок голубики регуляторов роста осуществляли в начале фазы бутонизации и далее 4 раза до начала созревания плодов с интервалом в 15–20 дней при норме расхода рабочего раствора 10 л/растение.

Следует заметить, что на протяжении весеннего периода температурный фон существенно превышал среднюю многолетнюю норму при дефиците атмосферных осадков в марте и в наибольшей степени в мае на фоне их избыточного выпадения в апреле, обусловившего достаточное увлажнение почвы экспериментальных участков и тем самым обеспечившего весьма комфортные условия для развития и более раннего, чем обычно, прохождения опытными растениями сезонного цикла развития.

В период плодоношения голубики в каждом варианте обоих экспериментов проводили исследование биохимического состава плодов по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [7]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [8]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [8].

В высушенных при температуре 60ºС пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [9]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [10]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [8]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [11], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю.Г. Скориковой и Э.А. Шафтан [12]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [13, 8]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [8]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [14].

Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [15] с использованием программы *Microsoft Office Excel 2007*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показано ранее, почва в эксперименте на территории КФХ отличалась более высоким уровнем плодородия, нежели на ЭБ, что в определенной мере отразилось на восприимчивости опытных растений к воздействию испытываемых препаратов. Это подтверждалось различиями диапазонов варьирования в рамках экспериментов параметров накопления в плодах исследуемых соединений. При этом в опыте на ЭБ только содержание в них свободных органических и аскорбиновой кислот заметно уступало таковому в эксперименте на территории КФХ, тогда как для большинства остальных биохимических характеристик показана обратная картина, что свидетельствовало о более благоприятных в первом случае условиях для синтеза анализируемых соединений (табл. 1).

Нетрудно убедиться, что при заметном сходстве в сравниваемых экспериментах интервалов изменения количеств растворимых сахаров в пределах 44,7–64,0% и 43,0–62,7%, в опыте на ЭБ установлены более высокие значения сахарокислотного индекса плодов в пределах 5,3–10,0 против 2,2–4,4 на КФХ, что однозначно указывало на более сладкий (примерно вдвое) вкус плодов голубики в опыте на менее плодородной почве экспериментальной базы ЦБС. Наряду с этим здесь наблюдалось более активное, чем в эксперименте

**Таблица 1**. Диапазоны варьирования биохимических характеристик плодов *Vaccinium corymbosum* в рамках полевых экспериментов (в сухом веществе)

**Table 1.** Variation ranges of biochemical characteristics of *Vaccinium corymbosum* fruits in field experiments (in dry matter)

| Показатель | ***Эксперимент на территории ЭБ*** | | ***Эксперимент на территории* КФХ** | |
|---|---|---|---|---|
| | Диапазоны варьирования признаков | Кратные различия границ диапазонов | Диапазон варьирования признака | Кратные различия границ диапазонов |
| Сухие вещества, % | 13,4–16,1 | 1,2 | 12,2–14,4 | 1,2 |
| Свободн. органич. кисл., % | 6,4–10,1 | 1,6 | 14,3–19,6 | 1,4 |
| Аскорбиновая кисл., мг/100 г | 219,4–296,9 | 1,4 | 263,3–349,4 | 1,3 |
| Гидроксикор. кисл., мг/100 г | 832–1684 | 2,0 | 1112–1562 | 1,4 |
| Растворимые сахара, % | 44,7–64,0- | 1,4 | 43,0–62,7 | 1,5 |
| Сахарокислотный индекс | 5,3–10,0 | 1,9 | 2,2–4,4 | 2,0 |
| Пектиновые вещества, % | 6,35–8,71 | 1,4 | 5,77–7,52 | 1,3 |
| Собств. антоцианы, мг/100 г | 2540–7620 | 3,0 | 3020–4200 | 1,4 |
| Лейкоантоцианы, мг/100 г | 2128–3842 | 1,8 | 2088–3366 | 1,6 |
| Сумма антоц. пигм., мг/100 г | 5408–11362 | 2,1 | 5148–7566 | 1,5 |
| Флавонолы, мг/100 г | 2742–3696 | 1,3 | 2657–3559 | 1,3 |
| Катехины, мг/100 г | 248–674 | 2,7 | 482–610 | 1,3 |
| Сумма биофлавон., мг/100 г | 8909–14776 | 1,7 | 8291–11735 | 1,4 |
| Дубильные вещества, % | 1,41–2,41 | 1,7 | 1,27–2,08 | 1,6 |

на территории КФХ, накопление в плодах не только сухих, пектиновых и дубильных веществ, но и наиболее ценных в физиологическом плане биофлавоноидов с их Р-витаминным действием, в основном, за счет усиления биосинтеза антоциановых пигментов при относительно сопоставимом количестве флавонолов и катехинов.

Вместе с тем значительная ширина диапазонов варьирования исследуемых биохимических характеристик в рамках экспериментов свидетельствовала о существенном влиянии на них испытываемых препаратов, о степени которого можно судить по кратности различий крайних значений в данных диапазонах (см. табл. 1). Как видим, в эксперименте на ЭБ наиболее устойчивыми к их воздействию с 1,2–1,4-кратной величиной указанных расхождений оказались параметры накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров и флавонолов, тогда как наименьшей стабильностью при этом с 1,8–3,0- кратными расхождениями отмечены таковые гидроксикоричных кислот, суммы антоциановых пигментов, в том числе, собственно антоцианов и лейкоантоцианов, а также катехинов и показатель сахарокислотного индекса. При этом повышение уровня плодородия почвы в опыте на территории КФХ приводило к снижению лабильности большинства биохимических характеристик плодов в рамках эксперимента, наиболее значительному (в 1,4–2,1 раза) содержанию гидроксикоричных кислот, катехинов, собственно антоцианов и общего количества антоциановых пигментов.

Для количественной оценки в полевых экспериментах степени влияния регуляторов роста на биохимический состав плодов голубики, в вариантах с их применением определены относительные различия с контролем исследуемых показателей. Как следует из табл. 2, индивидуальные особенности агрохимического фона опытных участков заметно отразились на направленности и степени изменения анализируемых характеристик под действием испытываемых агроприемов. Но вместе с тем выявлены и общие для них закономерности. Так, в 6-вариантном полевом опыте на территории ЭБ достоверное, хотя и незначительное, увеличение содержания в плодах сухих веществ на 3–6% по сравнению с контролем установлено лишь в вариантах с внесением *Ростмомента* и *Оксидата торфа*, тогда как при использовании *Экоберита*, независимо от концентрации, наблюдалось его снижение на 11–12%. При этом в 4-вариантном эксперименте на территории КФХ применение бактериального препарата также обусловило снижение данного показателя на 13–15% при отсутствии его значимых изменений при внесении *Оксидата торфа*.

Наряду с этим в обоих экспериментах при использовании *Экоберита* выявлено усиление биосинтеза свободных органических кислот по сравнению с контролем, более значительное в КФХ, нежели на территории ЭБ (35–37% против 7–14%). Заметим, что во втором случае по мере увеличения концентрации препарата наблюдалось последовательное нарастание этих различий до 53% на фоне ее максимального значения при отсутствии достоверного влияния на содержание данных соединений при внесении *Ростмомента* и *Оксидата торфа*. Активизацию накопления в плодах голубики титруемых кислот под действием бактериального препарата, с одной стороны, можно рассматривать как позитивное явление, учитывая их важное физиологическое значение для организма человека, но, с другой стороны, активизация их биосинтеза, как показано выше, способствовала существенному подкислению, а, следовательно, ухудшению вкуса ягодной продукции.

Что касается аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, то в изменении темпов их накопления при использовании испытываемых препаратов в данных экспериментах выявлена весьма неоднозначная картина, указывавшая на их усиление у витамина С на 26–31% только в опыте на территории ЭБ, причем исключительно при применении *Оксидата торфа* и 1%-го *Экоберита*, тогда как в опыте на территории КФХ во всех общих с предыдущим экспериментом вариантах наблюдалось, напротив, снижение его содержания на 8–25% по сравнению с контролем. Различия эдафических условий в сравниваемых экспериментах оказали также существенное влияние на темпы биосинтеза в ягодной продукции гидроксикоричных кислот. Так, если в опыте на ЭБ при использовании почти всех испытываемых препаратов отмечено обогащение плодов голубики данными соединениями на 24–87% относительно контроля, и лишь на фоне внесения *Ростмомента* имело место незначительное, не превышавшее 8%, снижение их содержания, то в эксперименте на территории КФХ только использование 1%-го *Экоберита* способствовало обеднению плодов гидроксикоричными кислотами на 27% при отсутствии значимых изменений в их содержании в двух других общих с предыдущим экспериментом вариантах (см. табл. 2).

При сравнительном исследовании ответной реакции углеводного комплекса плодов голубики на применение рострегулирующих препаратов установлено, что достоверная активизация

**Таблица 2**. Относительные различия с контролем вариантов полевых опытов с применением рострегулирующих препаратов по характеристикам биохимического состава плодов *Vaccinium corymbosum*, %

**Table 2.** Relative differences with control variants of field experiments using growth-regulating preparations according to the characteristics of the biochemical composition of *Vaccinium corymbosum* fruits, %

| Показатель | Ростмомент, 0,4% | Оксидат торфа, 0,4% | Экоберит | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1% | 2% | 5% |
| ***Эксперимент на территории ЭБ*** | | | | | |
| Сухие вещества | **+5,9** | **+3,3** | -11,8 | -11,2 | -11,8 |
| Свободн. орг.кислоты | - | - | **+7,0** | **+14,2** | **+53,2** |
| Аскорбиновая кислота | - | **+30,9** | **+26,4** | - | - |
| Гидроксикор.кислоты | -7,5 | **+24,1** | **+74,6** | **+87,3** | **+82,5** |
| Растворимые сахара | **+9,0** | -23,9 | -22,1 | -18,7 | -8,5 |
| Сахарокисл. индекс | **+11,0** | -24,4 | -27,8 | -28,9 | -41,1 |
| Пектиновые вещества | **+8,6** | - | -15,2 | - | -20,8 |
| Собств. антоцианы | - | **+136,6** | -21,1 | **+4,3** | **+13,7** |
| Лейкоантоцианы | -43,6 | - | -13,7 | - | -19,9 |
| Сумма антоц. пигм. | -22,7 | **+62,5** | -17,1 | **+3,0** | -4,5 |
| Катехины | -37,1 | **+70,6** | **+47,7** | **+24,9** | **+71,1** |
| Флавонолы | **+41,5** | **+19,3** | **+38,5** | **+60,7** | **+26,7** |
| Сумма биофлавон. | -8,0 | **+52,5** | - | **+17,6** | **+6,0** |
| Дубильные вещества | **+24,1** | **+44,7** | **+37,6** | **+37,6** | **+70,9** |
| ***Эксперимент на территории КФХ*** | | | | | |
| Сухие вещества | Не опр. | - | -15,3 | -12,5 | Не опр. |
| Свободн. орг. кислоты | -«- | - | **+36,9** | **+35,2** | -«- |
| Аскорбиновая кислота | -«- | -7,8 | -24,6 | -14,5 | -«- |
| Гидроксикор. кислоты | -«- | - | -26,9 | - | -«- |
| Растворимые сахара | -«- | **+12,0** | -23,2 | -16,6 | -«- |
| Сахарокисл. индекс | -«- | **+12,8** | -43,6 | -38,5 | -«- |
| Пектиновые вещества | -«- | -4,9 | -23,3 | -6,5 | -«- |
| Собств. антоцианы | -«- | - | **+21,6** | **+37,3** | -«- |
| Лейкоантоцианы | -«- | **+48,0** | **+13,2** | **+61,2** | -«- |
| Сумма антоц. пигм. | -«- | **+18,7** | **+18,2** | **+47,0** | -«- |
| Катехины | -«- | **+10,3** | - | **+25,5** | -«- |
| Флавонолы | -«- | **+32,7** | - | **+34,0** | -«- |
| Сумма биофлавон. | -«- | **+22,7** | **+11,9** | **+41,5** | -«- |
| Дубильные вещества | -«- | **+11,8** | **+63,8** | **+63,8** | -«- |

Прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p<0,05$.

на 9% относительно контроля накопления растворимых сахаров, определяющих вкупе с органическими кислотами их вкусовые свойства, выявлена в эксперименте на территории ЭБ лишь при использовании *Ростмомента*, тогда как в остальных вариантах наблюдалось снижение их содержания на 9–24%, наиболее значительное, причем сходное по величине, на фоне применения *Оксидата торфа* и минимальной концентрации *Экоберита*. При этом с увеличением концентрации последнего наблюдалось заметное нивелирование различий с контролем по данному признаку. В вариантах опыта с внесением *Ростмомента* и *Оксидата торфа* показанное выше отсутствие достоверных различий с контролем в содержании в плодах титруемых кислот обусловило практически идентичные приведенным для растворимых сахаров изменения показателя сахарокислотного индекса – увеличение на 11% в первом случае и снижение на 24% во втором.

При использовании же бактериального препарата, несмотря на ослабление ингибирования в плодах биосинтеза растворимых сахаров по мере увеличения его концентрации, показанная выше последовательная активизация в этом направлении накопления в них свободных органических кислот привела к весьма значительному снижению сахарокислотного индекса относительно контроля – на 28–29% в вариантах с использованием 1- и 2%-го *Экоберита* и достигавшему 41% при его максимальной концентрации, что однозначно указывало на снижение сладости вкуса ягодной продукции. Аналогичный эффект получен нами ранее при испытании в аналогичном эксперименте на территории ЭБ микробного фунгицидного препарата *ХелсБеррина* и его мо-

дифицированной формы в сочетании с *Гуматом калия* [16].

В эксперименте на территории КФХ применение бактериального препарата обусловило не только сопоставимое с установленным в опыте на ЭБ снижение содержания растворимых сахаров на 17–23%, но и идентичный характер его изменений по мере увеличения его концентрации. При этом более выраженная в данном эксперименте по сравнению с опытом на ЭБ активизация накопления титруемых кислот обусловила более значительное снижение показателя сахарокислотного индекса плодов до 39–44%. Вместе с тем, в отличие от эксперимента на ЭБ, на фоне применения *Оксидата торфа* здесь имело место не ослабление, а, напротив, усиление накопления растворимых сахаров относительно контроля, что обусловило увеличение показателя сахарокислотного индекса на 13% (см. табл. 2). Что касается пектиновых веществ, то в опыте на ЭБ только при использовании *Ростмомента* отмечено увеличение их содержания в плодах на 9% при отсутствии влияния на данный показатель внесения *Оксидата торфа* и 2%-го *Экоберита*, тогда как использование минимальной и максимальной концентраций последнего приводило к его снижению на 15–20% по сравнению с контролем. Заметим, что и в эксперименте на территории КФХ внесение *Оксидата торфа* и 2%-го *Экоберита* не оказало существенного влияния на накопление пектинов, поскольку снижение их содержания в этих вариантах не превышало 5–6%, тогда как на фоне минимальной концентрации бактериального препарата выявлено обеднение плодов данными углеводами на 23%.

Вместе с тем в обоих экспериментах под действием испытываемых агроприемов установлены однотипные тенденции в активизации биосинтеза дубильных веществ и приведшие к увеличению их содержания в опыте на ЭБ на 24–71%, наибольшему при использовании максимальной концентрации *Экоберита* и наименьшему при внесении *Ростмомента.* При этом в опыте на территории КФХ при внесении микробного препарата относительные размеры превышения контрольного уровня содержания данных соединений примерно вдвое превосходили таковые в эксперименте на ЭБ, тогда как при внесении *Оксидата торфа*, напротив, уступали им в 3,8 раза.

Особо следует отметить, что различия агрохимического фона в сравниваемых экспериментах отразились также на характере ответной реакции Р-витаминного комплекса плодов голубики на испытываемые агроприемы. В частности, несмотря на увеличение и в том, и в другом случае общего выхода биофлавоноидов, в опыте на ЭБ более эффективным в этом плане оказалось использование *Оксидата торфа*, тогда как в опыте на территории КФХ – *Экоберита*, что подтверждалось соответствующими различиями с контролем параметров накопления данных соединений (см. табл. 2). При этом в наиболее успешном варианте первого эксперимента с использованием *Оксидата торфа* увеличение их содержания на 52% обеспечивалось преимущественно активизацией биосинтеза в плодах собственно антоцианов и катехинов, тогда как в аналогичном варианте второго эксперимента – лейкоантоцианов и флавонолов.

В опыте на ЭБ применение *Экоберита*, независимо от концентрации, способствовало усилению накопления в основном катехинов и флавонолов при заметном ослаблении либо крайне незначительной активизации биосинтеза антоциановых пигментов. Противоположные по знаку изменения в содержании обозначенных соединений обусловили отсутствие значимых различий с контролем по общему количеству Р-витаминов в ягодной продукции при использовании 1%-й концентрации препарата, тогда как его применение в более высоких дозах способствовало обогащению ее данными соединениями на 6–18% при наибольшей результативности использования 2%-го *Экоберита*. Заметим, что обозначенный эффект обусловлен преимущественно активизацией биосинтеза флавонолов, а на фоне максимальной концентрации препарата – катехинов (см. табл. 2). Лишь в единичном случае в данном эксперименте – при внесении *Ростмомента* выявлено обеднение плодов Р-витаминами на 8% по сравнению с контролем, связанное с ингибированием биосинтеза катехинов и близких им по химической природе лейкоантоцианов на 37% и 44% соответственно. При этом, несмотря на отсутствие различий с контролем в содержании собственно антоцианов и активизацию накопления флавонолов на 42%, в изменении суммарного количества биофлавоноидов под действием данного препарата получен отрицательный эффект.

В эксперименте на территории КФХ во всех общих с экспериментом на ЭБ вариантах выявлено менее выразительное обогащение плодов Р-витаминами по сравнению с контролем при использовании *Оксидата торфа* (на 23% против 53%), но более значительное (на 12–42% против 0–18%) на фоне применения *Экоберита* (см. табл. 2). В первом случае этот интегральный позитивный эффект обусловлен активизацией биосинтеза всех компонентов биофлавоноидного комплекса плодов, за исключением собственно антоцианов, при наибольшем увеличении содер-

жания лейкоантоцианов и флавонолов. Вместе с тем, как и в эксперименте на ЭБ, наименее значимый положительный результат от применения бактериального препарата получен при использовании его минимальной концентрации, тогда как при применении 2%-й концентрации наблюдалось увеличение общего выхода Р-витаминов в 3,5 раза. Заметим, что если в первом случае подобный эффект обусловлен исключительно активизацией накопления антоциановых пигментов, то во втором случае отмечено не только усиление их накопления, но также флавонолов и катехинов.

Как видим, в обоих экспериментах отчетливо проявилось заметное сходство в изменении биохимических характеристик плодов голубики под действием испытываемых агроприемов, состоявшее в их преимущественном обогащении свободными органическими кислотами, биофлавоноидами и дубильными веществами при обеднении пектинами, растворимыми сахарами и снижении содержания сухих веществ и показателя сахарокислотного индекса. Вместе с тем различия агрохимического фона в данных экспериментах заметно отразились на степени проявления обозначенных тенденций в трансформации биохимического состава плодов при наличии в них разнонаправленных изменений темпов биосинтеза аскорбиновой и гидроксикоричных кислот. Так, если в опыте на территории КФХ при внесении *Экоберита* усиление биосинтеза титруемых кислот, как и дубильных веществ, протекало интенсивней, чем в опыте на ЭБ, что обусловило более значительное снижение сладости вкуса плодов, то в отношении Р-витаминов наблюдалась противоположная картина, свидетельствовавшая о более значительной активизации в первом случае биосинтеза всех компонентов биофлавоноидного комплекса, особенно антоциановых пигментов, а во втором случае только катехинов и флавонолов. При использовании *Оксидата торфа* накопление в плодах растворимых сахаров, напротив, протекало активней в опыте на территории КФХ, что при отсутствии изменений в содержании свободных органических кислот способствовало увеличению сладости вкуса плодов относительно контроля в 2,3 раза при менее значительном, чем в эксперименте на ЭБ, увеличении выхода биофлавоноидов (см. табл. 2).

На основании результатов биохимического скрининга плодов голубики в рамках сравниваемых экспериментов выявлены варианты с наибольшими и соответственно наименьшими значениями анализируемых признаков (табл. 3).

Оказалось, что в опыте на ЭБ максимальными, причем сопоставимыми параметрами накопления в плодах гидроксикоричных кислот отмечены варианты с использованием 2- и 5%-й концентраций *Экоберита*, а лейкоантоцианов – контроль и варианты с внесением *Оксидата торфа* и 2%-го *Экоберита*, а катехинов – те же варианты, но уже с использованием 5%-й концентрации последнего, тогда как минимальным содержанием сухих веществ характеризовались все варианты опыта с внесением бактериального препарата, титруемых кислот – контроль и варианты с применением *Ростмомента* и *Оксидата торфа*, аскорбиновой кислоты – контроль и варианты с использованием 2- и 5%-го *Экоберита*, а наименьшее количество растворимых сахаров с минимальными значениями сахарокислотного индекса установлено на фоне внесения *Оксидата торфа* и 1%-го *Экоберита*.

Как следует из табл. 3, в опыте на ЭБ наиболее выраженное стимулирующее действие на накопление сухих и пектиновых веществ, а также биосинтез растворимых сахаров оказывало применение *Ростмомента*, а титруемых кислот и дубильных веществ – *Экоберита* в 5%-й концентрации, тогда как аскорбиновой кислоты, собственно антоцианов и общий выход биофлавоноидов – внесение *Оксидата торфа*, а флавонолов – *Экоберита* в 2%-й концентрации. При этом наименьшее содержание флавонолов и дубильных веществ выявлено в контроле, а наибольшее ингибирующее воздействие на биосинтез гидроксикоричных кислот, лейкоантоцианов и катехинов установлено при внесении *Ростмомента*, тогда как собственно антоцианов – при использовании минимальной, а пектиновых веществ – максимальной концентрации микробного препарата. Вместе с тем в данном эксперименте наибольшим количеством самых высоких значений анализируемых признаков характеризовались варианты опыта с использованием *Оксидата торфа* и в меньшей, причем равной степени – *Ростмомента* и 5%-го *Экоберита*. При этом наибольшее количество минимальных значений исследуемых показателей обнаружено на фоне применения *Ростмомента.*

В эксперименте на территории КФХ наблюдалась совсем иная картина, в которой так же, как и в опыте на ЭБ, выделены варианты с сопоставимыми максимальными и минимальными значениями анализируемых признаков. Так, наибольшим и примерно одинаковым содержанием в плодах сухих веществ характеризовались контроль и вариант с применением *Оксидата торфа*, в которых, наряду с этим, обнаружено наименьшее количество свободных органических кислот, максимум накопления которых установлен в вариантах с использованием *Экоберита* в

**Таблица 3**. Варианты полевых опытов с применением рострегулирующих препаратов с наибольшими (**max**) и наименьшими (*min*) характеристиками биохимического состава плодов *Vaccinium corymbosum*

**Table 3.** Variants of field experiments using growth-regulating preparations with the highest (**max**) and lowest (min) characteristics of the biochemical composition of *Vaccinium corymbosum* fruits

| Показатели | Контроль | Ростмомент, 0,4% | Оксидат торфа, 0,4% | Экоберит | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1% | 2% | 5% |
| ***Эксперимент на территории ЭБ*** | | | | | | |
| Сухие вещества | | **max** | | *min* | *min* | *min* |
| Свободн. орг. кислоты | *min* | *min* | *min* | | | **max** |
| Аскорбин.кислота | *min* | | **max** | | *min* | *min* |
| Гидроксик. кислоты | | *min* | | | **max** | **max** |
| Растворимые сахара | | **max** | *min* | *min* | | |
| Сахарокислотн.индекс | | **max** | *min* | *min* | | |
| Пектиновые вещества | | **max** | | | | *min* |
| Собств. антоцианы | | | **max** | *min* | | |
| Лейкоантоцианы | **max** | *min* | **max** | | **max** | |
| Сумма антоц. пигм. | | *min* | **max** | | | |
| Катехины | | *min* | **max** | | | **max** |
| Флавонолы | *min* | | | | **max** | |
| Сумма биофлавон. | | *min* | **max** | | | |
| Дубильные вещества | *min* | | | | | **max** |
| ***Эксперимент на территории КФХ*** | | | | | | |
| Сухие вещества | **max** | Не опр. | **max** | *min* | | Не опр. |
| Свободн. орг. кислоты | *min* | -«- | *min* | **max** | **max** | -«- |
| Аскорбин.кислота | **max** | -«- | | *min* | | -«- |
| Гидроксик. кислоты | **max** | -«- | **max** | *min* | **max** | -«- |
| Растворимые сахара | | -«- | **max** | *min* | | -«- |
| Сахарокислотн.индекс | | -«- | **max** | *min* | | -«- |
| Пектиновые вещества | **max** | -«- | | *min* | | -«- |
| Собств. антоцианы | *min* | -«- | *min* | | **max** | -«- |
| Лейкоантоцианы | *min* | -«- | | | **max** | -«- |
| Сумма антоц. пигм. | *min* | -«- | | | **max** | -«- |
| Катехины | *min* | -«- | | *min* | **max** | -«- |
| Флавонолы | *min* | -«- | | *min* | **max** | -«- |
| Сумма биофлавон. | *min* | -«- | | | **max** | -«- |
| Дубильные вещества | *min* | -«- | | | **max** | -«- |

1- и 2%-й концентрациях. Наиболее значительными параметрами накопления гидроксикоричных кислот отмечены контроль и варианты с использованием *Оксидата торфа* и 2%-го *Экоберита*. При этом минимальное содержание в плодах всех компонентов биофлавоноидного комплекса установлено в контроле, причем сходное с ним содержание собственно антоцианов выявлено в варианте с внесением *Оксидата торфа*, а катехинов и флавонолов – на фоне применения 1%-го *Экоберита* (см. табл. 3).

Наряду с этим для некоторых вариантов опыта показано наиболее выраженное стимулирующее действие испытываемых препаратов на накопление ряда соединений. Так, максимальным содержанием аскорбиновой кислоты и пектиновых веществ отличался контроль, а растворимых сахаров при наиболее сладком вкусе плодов – вариант с применением *Оксидата торфа*, тогда как наибольший выход всех компонентов биофлавоноидного комплекса и дубильных веществ обеспечивало применение 2%-го *Экоберита*.

При этом наиболее выраженное в данном эксперименте ингибирующее действие на накопление сухих веществ, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, катехинов и флавонолов при наибольшем снижении показателя сахарокислотного индекса оказывало применение минимальной концентрации микробного препарата. Заметим, что, в отличие от эксперимента на ЭБ, в опыте на территории КФХ наибольшим количеством максимальных значений анализируемых признаков характеризовались варианты опыта с использованием 2%-го *Экоберита* и в меньшей степени *Оксидата торфа*. При этом наибольшее количество мини-

мальных значений исследуемых показателей обнаружено в контроле и при использовании минимальной концентрации микробного препарата (см. табл. 3).

С целью выявления агроприемов с наиболее выраженным позитивным влиянием на биохимический состав плодов голубики в сравниваемых экспериментах, проведено ранжирование вариантов в порядке снижения интегрального уровня их питательной и витаминной ценности по совокупности показателей, приведенных в табл. 2. В соответствии с методическим приемом, принятым для исследования ответной реакции опытных растений на применение испытываемых препаратов [17], осуществлено повариантное суммирование относительных размеров положительных и отрицательных различий с контролем 14 исследуемых биохимических характеристик. По величине амплитуды выявленных различий можно судить о степени влияния каждого испытываемого препарата на качество плодов опытных растений, тогда как на основании кратного размера соотношения достоверных позитивных и негативных сдвигов в их биохимическом составе можно оценить степень изменений интегрального уровня питательной и витаминной ценности ягодной продукции в ту или иную сторону, приняв за 1 контрольный вариант опыта.

Как следует из табл. 4, в эксперименте на ЭБ амплитуда выявленных изменений совокупности биохимических характеристик плодов голубики на фоне испытываемых агроприемов по сравнению с контролем варьировалась в диапазоне 219,0–492,8% с минимальным значением при внесении *Ростмомента* и максимальным при использовании 5%-го *Экоберита* и особенно *Оксидата торфа.*

Нетрудно убедиться, что степень влияния данных препаратов на качество ягодной продукции превышала таковую *Ростмомента* соответственно в 2,0–2,3 раза, тогда как при применении меньших концентраций бактериального препарата данный разрыв сокращался до 1,4–1,6-кратного размера. Вместе с тем большинство испытываемых агроприемов обеспечивало более высокий, чем в контроле, интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик, оцениваемый по величине соотношения суммарных значений их положительных и отрицательных отклонений от него под действием регуляторов роста. Лишь на фоне внесения *Ростмомента* выявлено превышение степени негативного влияния препарата на качество плодов голубики над таковой позитивного в 1,2 раза, что подтверждалось также отрицательным значением совокупного эффекта, определяемого суммированием относительных различий биохимических показателей с контролем, с учетом их знака (см. табл. 4).

Во всех же остальных вариантах опыта с применением испытываемых препаратов отмечено значительное улучшение качества ягодной продукции по совокупности исследуемых характеристик по сравнению с контролем, степень которого варьировалась в рамках эксперимента с 5-кратным расхождением от 1,8-кратной величины на фоне внесения 1%-го *Экоберита* до 9,2-кратной при использовании *Оксидата торфа*. Вместе с тем применение более высоких концентраций микробного препарата способствовало зна-

**Таблица 4**. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий с контролем вариантов полевого опыта с применением рострегулирующих препаратов по биохимическому составу плодов *Vaccinium corymbosum*, %

**Table 4**. Relative sizes, amplitudes and ratios of differently oriented differences with control of field experiment variants using growth-regulating preparations for the biochemical composition of *Vaccinium corymbosum* fruits, %

| Вариант опыта | Относительные различия, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | положит. | отрицат. | амплитуда | положит./ отрицат. | совокупн. эффект |
| ***Эксперимент на территории ЭБ*** | | | | | |
| Ростмомент 4 г/л | 100,1 | 118,9 | **219,0** | 0,8 | -18,8 |
| Оксидат торфа 4 мл/л | 444,5 | 48,3 | **492,8** | **9,2** | **+396,2** |
| Экоберит 10 мл/л | 231,8 | 128,8 | **360,6** | **1,8** | **+103,0** |
| Экоберит 20 мл/л | 249,6 | 58,8 | **308,4** | **4,2** | **+190,8** |
| Экоберит 50 мл/л | 324,1 | 106,6 | **430,7** | **3,0** | **+217,5** |
| ***Эксперимент на территории КФХ*** | | | | | |
| Оксидат торфа 4 мл/л | 169,0 | 12,7 | **181,7** | **13,3** | **+156,3** |
| Экоберит 10 мл/л | 165,6 | 156,9 | **322,5** | **1,1** | **+8,7** |
| Экоберит 20 мл/л | 345,5 | 88,6 | **434,1** | **3,9** | **+256,9** |

чительному сокращению данного разрыва до 2–3-кратной величины, причем наиболее результативной оказалась его 2%-я концентрация.

В соответствии со снижением интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов голубики под действием испытываемых агроприемов относительно контроля, варианты полевого опыта расположены в следующей последовательности:

***Оксидат торфа 0,4%> Экоберит 2% > Экоберит 5% > Экоберит 1% > Контроль > Ростмомент***

В эксперименте на территории КФХ, в отличие от эксперимента на ЭБ, использование *Оксидата торфа* оказало наименее выраженное влияние на качество плодов голубики по сравнению с другими испытываемыми агроприемами. Это подтверждалось наименьшей амплитудой позитивных и негативных сдвигов в их биохимическом составе относительно контроля по совокупности анализируемых признаков, почти втрое уступавшей таковой в опыте на ЭБ, при сравнительной сопоставимости в обоих экспериментах ее величины при применении *Экоберита* (см. табл. 4). Это однозначно свидетельствовало в эксперименте на ЭБ с более низким уровнем плодородия почвы о большей зависимости от эдафического фактора изменений в качестве плодов при использовании *Оксидата торфа*, нежели *Экоберита*, при наиболее существенной трансформации их биохимического состава.

Тем не менее, при определении степени преимуществ испытываемых препаратов на фоне общих в экспериментах агроприемов по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, оцениваемому кратным размером соотношения положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе, в опыте на территории КФХ выявлены сходные с установленными в опыте на ЭБ закономерности. Так, в обоих случаях наибольшей величиной данного показателя, превышавшей таковую в контроле в опыте на территории КФХ в 13,3 раза, характеризовалась ягодная продукция, полученная на фоне внесения *Оксидата торфа*, а наименьшей – при использовании минимальной концентрации *Экоберита*, но, в отличие от эксперимента на ЭБ, различия между этими вариантами по данному признаку здесь достигали 12-кратной величины. Вместе с тем, как и в опыте на ЭБ, при увеличении концентрации *Экоберита* до 2% здесь также наблюдалось повышение интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов относительно варианта с его 1%-й концентрацией, но, как и в предыдущем случае, здесь также имело место увеличение различий между этими вариантами опыта до 3,5-кратной величины. Тем не менее, последовательность общих с экспериментом на ЭБ вариантов опыта в прядке снижения интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов здесь полностью совпадала с выявленной в опыте на ЭБ.

Таким образом, независимо от уровня плодородия почвы, испытываемые рострегулирующие препараты оказывали существенное позитивное влияние на качество плодов голубики по совокупности 14 биохимических характеристик. При этом в обоих экспериментах наиболее эффективными агроприемами, обеспечившими превышение контрольного уровня питательной и витаминной ценности плодов в 9,2–13,3 раза, оказалось внесение *Оксидата торфа* и в меньшей (в 2–3 раза) степени 2%-го *Экоберита* с размером подобного превышения в 3,9–4,2 раза, тогда как менее результативным в этом плане следовало признать использование бактериального препарата в максимальной (в опыте на ЭБ) и особенно минимальной концентрациях при ухудшении (в опыте на ЭБ) качества ягодной продукции в 1,3 раза относительно контроля при внесении *Ростмомента*. При этом на фоне применения *Оксидата торфа* установлена более выраженная, чем при использовании *Экоберита*, зависимость степени трансформации биохимического состава плодов от эдафического фактора, наиболее значительная при менее высоком уровне плодородия почвы.

## Заключение

В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне республики в рамках двух полевых опытов с более низким и более высоким уровнем плодородия почвы влияния биологических ростстимулирующих препаратов *Ростмомент* и *Оксидат торфа «Голубика» с микроэлементами* (каждого в концентрации 0,4%), а также нового бактериального препарата *Экоберит* в 1-, 2- и 5%-й концентрациях на биохимический состав плодов голубики высокорослой установлено значительное влияние испытываемых препаратов и агрохимических свойств почвы на содержание в них действующих веществ разной химической природы.

Показано, что выращивание растений на менее плодородной почве способствовало увеличению примерно вдвое относительно эксперимента на почве с более высоким уровнем плодородия показателя сахарокислотного индекса плодов и более активному накоплению в них сухих, пектиновых и дубильных веществ, а также биофлавоноидов, в основном, за счет усиления биосинтеза ан-

тоциановых пигментов при относительно сопоставимом количестве флавонолов и катехинов, при ослаблении накопления аскорбиновой, гидроксикоричных и особенно титруемых кислот.

В обоих экспериментах выявлено заметное сходство в изменении биохимических характеристик плодов голубики под действием испытываемых агроприемов, состоявшее в их преимущественном обогащении свободными органическими кислотами, биофлавоноидами и дубильными веществами при обеднении пектинами, растворимыми сахарами, а также снижении содержания сухих веществ и показателя сахарокислотного индекса. Вместе с тем различия агрохимического фона в данных экспериментах заметно отразились на степени проявления обозначенных тенденций в трансформации биохимического состава плодов при наличии в них разнонаправленных изменений темпов биосинтеза аскорбиновой и гидроксикоричных кислот. Показано, что использование *Экоберита* в опыте с более высоким уровнем плодородия почвы способствовало более выраженной, чем на обедненном субстрате, активизации накопления титруемых кислот, обусловившей большее снижение сахарокислотного индекса плодов, на фоне более значительной активизации биосинтеза биофлавоноидов.

Установлено, что в опыте на менее плодородной почве степень влияния *Оксидата торфа* и максимальной концентрации *Экоберита* на биохимический состав плодов голубики превышала таковую *Ростмомента* в 2,0–2,3 раза при сокращении данного разрыва до 1,4–1,6 раза при применении меньших концентраций бактериального препарата. При этом внесение двух первых препаратов способствовало повышению интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик в 1,8–9,2 раза по сравнению с контролем при наибольшей результативности *Оксидата торфа* и 2%-й концентрации *Экоберита*, тогда использование *Ростмомента* обусловило, напротив, ухудшение качества плодов в 1,2 раза. На почве с более высоким уровнем плодородия, как и в предыдущем случае, максимальная степень улучшения качества плодов в 13 раз установлена на фоне внесении *Оксидата торфа,* а наименьшая – при использовании минимальной концентрации *Экоберита* при полном совпадении в обоих экспериментах последовательности вариантов в порядке снижения интегрального уровня питательной витаминной ценности ягодной продукции.

Таким образом, независимо от уровня плодородия почвы, испытываемые рострегулирующие препараты оказывали существенное позитивное влияние на качество плодов голубики. При этом в обоих экспериментах наиболее эффективными агроприемами, обеспечившими превышение контрольного уровня питательной и витаминной ценности плодов в 9,2–13,3 раза, оказались внесение *Оксидата торфа* и в меньшей (в 2–3 раза) степени 2%-го *Экоберита*, тогда как менее результативным в этом плане следовало признать использование бактериального препарата в максимальной и особенно минимальной концентрациях при ухудшении качества ягодной продукции в 1,3 раза относительно контроля при применении *Ростмомента*. На фоне внесения *Оксидата торфа* установлена более выраженная, чем при использовании *Экоберита*, зависимость степени трансформации биохимического состава плодов от эдафического фактора, наиболее значительная при менее высоком уровне плодородия почвы.

## Литература

1. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Мн.: Ураджай, 1981. – 80 с.

2. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: (физиолого-биохимические аспекты развития) /Ж. А. Рупасова А. П. Яковлев, В. Н. Решетников [и др.] – Мн.: Беларуская навука, 2016. – 242 с.

3. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова А. П. Яковлев, П. Н. Белый [и др.]. – Мн.: Беларуская навука, 2021. – 229 с.

4. Влияние препаратов с фунгицидной активностью на накопление органических кислот и углеводов в плодах голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова, Н. Б. Криницкая, В. С. Задаля [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2023. – № 8. – С. 25–32.

5. Влияние микробных препаратов с фунгицидной активностью на питательную и витаминную ценность плодов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова, Д. О. Сулим, К. А. Добрянская [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. – 2024. – Т. 16. – С. 165–183.

6. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, В. Н. Решетников [и др.]. – Минск, 2020. – 236 с.

7. Корма. Методы определения содержания сухого вещества: ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 11 с.

8. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.

9. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники. – дисс. канд. фармацевт. наук / Николай Григорьевич Марсов. – Пермь, 2006. – 227 с.

10. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. пособие. / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова; Перм. гос. нац. исслед. ун–т. – Пермь, 2012. – 148 с.

11. 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.

12. 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.

13. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева, Г. И. Калинкина, Н. Э. Коломиец [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.

14. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. – С. 286–287.

15. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. – М.: Академия, 2009. – 320 с.

16. Влияние фунгицидных препаратов разной химической природы на биохимический состав плодов *Vaccinium corymbosum* L. в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова, Н. Б. Криницкая, Д. О. Сулим [и др.] // Плодоводство: сб науч. трудов / РУП Институт плодоводства. – Самохваловичи, 2023. – Т. 35. – С. 82–88.

17. Способ ранжирования таксонов растения / Ж.А.Рупасова, А. П. Яковлев, В. Н. Решетников [и др.] / Мн.: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2019.

*Поступила в редакцию 25.04.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Рупасова Жанна Александровна*** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Павловский Николай Болеславович*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий отраслевой лабораторией Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Коломиец Эмилия Ивановна*** – академик Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, профессор, генеральный директор Государственного научно-производственного объединения «Химический синтез и биотехнологии»

***Мандрик-Литвинкович Марина Николаевна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной диагностики и биологического контроля фитопатогенных микроорганизмов Государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»

***Привалов Фёдор Иванович*** – академик Национальной академии наук Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Ушакова Анна Владимировна*** – младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Саян Анастасия Сергеевна*** – младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Авраменко Станислав Николаевич*** – магистрант, младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

***Алещенкова Зинаида Михайловна*** – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений Государственного научного учреждения «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»

Влияние уровня плодородия почвы на биохимический состав плодов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) на фоне применения биологических препаратов рострегулирующего действия / Ж. А. Рупасова, Ф. И. Привалов, Н. Б. Павловский [и др.] // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 262–274.

УДК 582.991.1:581.524.2(476)+632.954

Т. А. СКУРАТОВИЧ, Т. Н. КУДЕЛИНА, О. В. МОЛЧАН

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ГЛИФОСАТА И МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛА В ОТНОШЕНИИ ЦИКЛАХЕНЫ ДУРНИШНИКОЛИСТНОЙ (*CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA* (NUTT) FRESEN.)

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

**Аннотация.** Исследована эффективность гербицидов на основе глифосата (Ураган Форте, ВР® (глифосата кислоты, 500 г/л)) и метсульфурон-метила (Магнум, ВДГ® (метсульфурон-метил, 600 г/кг)) в отношении циклахены дурнишниколистной в лабораторных и полевых условиях. В лабораторных условиях при наличии у циклахены дурнишниколистной 6–7 пар листьев при действии коммерческих препаратов Ураган Форте® в нормах 1–3 л/га и Магнум® – 50–200 г/га наблюдалось угнетение ростовых процессов (снижение высоты растений, уменьшение количества листьев, диаметра стебля, накопления сырой и сухой массы) и гибель растений циклахены. В полевых условиях высокой эффективностью обладали Ураган Форте® в нормах 2–3 л/га и Магнум® – 50–100 г/га.

**Ключевые слова:** *Cyclachaena xanthiifolia*, инвазивные виды, предотвращение распространения, глифосат, метсульфурон-метил.

T. A. SKURATOVICH, T. N. KUDELINA, O. V. MOLCHAN

# EVALUATION OF THE IMPACT EFFICIENCY OF HERBICIDES BASED ON GLYPHOSATE AND METHYLSULFURONE-METHYL IN RELATION TO *CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA* (NUTT) FRESEN.

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

**Annotation.** The effectiveness of glyphosate-based herbicides (Uragan Forte, VR® (glyphosate acid, 500 g/l)) and metsulfuron-methyl (Magnum, VDG® (metsulfuron-methyl, 600 g/kg)) against *Cyclachaena xanthiifolia* was studied under laboratory and field conditions. Under laboratory conditions, when *Cyclachaena xanthiifolia* had 6–7 pairs of leaves, the commercial preparations Uragan Forte® at rates of 1–3 l/ha and Magnum® at 50–200 g/ha resulted in inhibition of growth processes (decrease in plant height, number of leaves, stem diameter, accumulation of fresh and dry mass) and death of *Cyclachaena xanthiifolia* plants. In field conditions, Uragan Forte® at rates of 2–3 l/ha and Magnum® at 50–100 g/ha were highly effective.

**Key words:** *Cyclachaena xanthiifolia*, invasive species, spread prevention, glyphosate, metsulfuron-methyl.

## ВВЕДЕНИЕ

Циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt) Fresen.) является опасным инвазивным растением, включена в Черную книгу флоры Беларуси [1–4]. Это высококонкурентное растение, способное за относительно короткий период времени набирать большую фитомассу, формировать монодоминантные сообщества, тем самым вытесняя многие аборигенные виды растений, а также угнетая возделываемые культуры и снижая плодородие почвы. Нередко циклахена образует практически одновидовые заросли. Циклахена – однолетнее растение с прямым стеблем 30–200 см высотой, черешковыми сердцевидно-яйцевидными листьями и многочисленными зеленоватыми корзинками в крупных метельчатых соцветиях. Цветет в июле-октябре, обсеменение – в августе-октябре. *Cyclachaena xanthiifolia* обладает высокой семенной продуктивностью. Один побег в среднем формирует от 1 800 до 100 000 семян, сохраняющих всхожесть в почве до 10 лет [4]. При скашивании отрастает, формируя семена на боковых побегах. На территориях сопредельных государств циклахену обнаруживают на лугово-степных и лесолуговых экотопах с незначительным и умеренным увлажнением корнеобитаемого слоя почвы. Она произрастает на открытых местах, хотя встречается и в изреженных садах и лесополосах, выдерживая периодическое (до 40%)

затенение, предпочитает плодородные почвы, хотя встречается и на почвах малоплодородных. Основной способ расселения вида – перевозка загрязненных продуктов сельского хозяйства, в том числе зерна, сена, рассады [5].

Родиной циклахены дурнишниколистной является Северная Америка, где данный вид встречается на заброшенных полях, в понижениях рельефа, на затапливаемых и пойменных землях, вдоль берегов рек и иных водоемов [4, 5]. Ареал вида в настоящее время охватывает обширные части Южной Америки, встречается в Европе, Средиземноморье, на Кавказе, в Средней Азии и Сибири, на Дальнем Востоке, в Японии, Китае и Австралии [6–10]. В Польше *Cyclachaena xanthiifolia* появилась в рудеральных экотопах во второй половине XIX в., распространившись из ботанических садов [1]. *C. xanthiifolia* внесена в список видов «наиболее инвазионных на территории Европы и представляющих потенциальную опасность для Испании» [5] В 1870-х гг. циклахену вырастили в Киевском ботаническом саду, откуда в 1920-х гг. она распространилась по Украине, а затем по России [1, 5, 11]. Впервые в Беларуси циклахена дурнишниколистная отмечена в 1946 г. в окрестностях г. Бреста [12]. В Беларуси она встречается преимущественно в южных районах республики, где местами формирует большие по площади заросли, конкурируя с аборигенными видами. В настоящее время циклахена дурнишниколистная расширяет ареал, проникает в новые, более северные районы. Данный инвазивный вид проявляет широкий спектр адаптивных реакций и в настоящее время успешно адаптировался к климатическим условиям Беларуси, особенно в южных, юго-восточных и юго-западных регионах. В последние годы отмечается явное увеличение скорости экспансии циклахены дурнишниколистной, и расширение количества мест и площади распространения этого инвазивного вида на территории Республики Беларусь [4]. Из нарушенных местообитаний циклахена способна проникать в природные экосистемы и быстро образовывать крупные заросли. Кроме того, изменение климатических условий на территории Беларуси (повышение зимних и летних температур, увеличение вегетационного периода почти на месяц) приводит к ускорению ростовых процессов и усилению выживаемости растения (за счет увеличения объема банка и жизнеспособности семян, продуктивности пыльцы). Пыльца циклахены, являясь сильным аллергеном, представляет серьезную угрозу для здоровья людей и животных [13–15]. К началу 2019 г. циклахена многократно регистрируется в г. Минске и его окрестностях, стала чаще появляться в Витебской области. Южные районы Беларуси (преимущественно Гомельская и Брестская области) сегодня являются основными донорами для дальнейшего распространения этого опасного растения [4, 16]. Следует ожидать ускорения его дальнейшего распространения и уплотнения популяций.

Актуальность работы обусловлена важностью региональных исследований в области управления инвазивными видами растений и использованием химических методов борьбы по предотвращению их распространения на территории Республики Беларусь. В частности, исследование норм гербицидов для контроля опасного инвазивного растения циклахены дурнишниколистной, ранее редко встречавшегося в Беларуси, а в последнее время увеличивающего скорость экспансии, а также количество мест и площади распространения, приобретает особую значимость. Учитывая возможность появления устойчивых к гербицидам популяций, необходимо правильно и в оптимальных нормах использовать гербициды, внесенные в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Это обеспечит эффективный контроль циклахены дурнишниколистной, минимизирует вред окружающей среде и будет способствовать сохранению биоразнообразия региона. Проведение таких исследований с учетом местных особенностей поможет адаптировать методики борьбы с опасным инвазивным растением и предотвратить потенциальные экологические риски.

Цель данной работы – оценка в лабораторных условиях и в полевых экспериментах активности гербицидов на основе глифосата и метсульфурон-метила в отношении циклахены дурнишниколистной, выращенной из семян, собранных на территории Беларуси.

## Объекты (материалы) и методы исследования

Объект исследования – растения инвазивного вида *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt) Fresen., обнаруженные на территории Беларуси.

Оценку действия гербицидов проводили в лабораторных и полевых условиях. Для лабораторных исследований использовали растения циклахены дурнишниколистной, выращенные из семян, собранных на территории Гомельской области. Растения выращивали в пластиковых контейнерах объемом 200 мл, заполненных почвогрунтом, в количестве 1 шт. / контейнер при 16-часовом фотопериоде, уровне плотности по-

тока фотонов 270 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$, температуре +25°С и относительной влажности воздуха 60%. Влажность корнеобитаемой среды поддерживали на уровне полевой влагоемкости. Полевые эксперименты проводили на территории полигона ПКУП «Коммунальник» г. Бреста.

Для обработки растений использовали коммерческие гербициды, разрешенные к применению на территории Беларуси: Ураган Форте, ВР® (глифосата кислоты, 500 г/л) в нормах 0,5–3 л/га, Магнум, ВДГ® (метсульфурон-метил, 600 г/кг) в нормах 50–200 г/га. Контрольные варианты опрыскивали дистиллированной водой.

В лабораторных условиях через 1 месяц после обработки оценивали накопление массы у обработанных гербицидом растений по сравнению с необработанным контролем. В полевых условиях закладывали учетные делянки размером по 1 м$^2$ в трехкратной повторности. Перед применением гербицидов проводили оценку численности растений циклахены на учетных делянках. Обработку проводили в сухую и тихую погоду согласно инструкциям по их применению. Рабочие растворы препаратов готовили непосредственно перед обработкой. Для определения эффективности гербицидов оценивали снижение количества растений циклахены в результате их применения в процентах к исходному количеству через 1 месяц после обработки. Рассчитывали эффективность гербицида (Э), % по формуле:

$$Э = ((С - В) / С) \times 100,$$

где С – количество растений циклахены на 1 м$^2$ до обработки; В – количество растений циклахены на 1 м$^2$ после обработки.

Данные на гистограммах представлены в виде средних арифметических значений со стандартным отклонением. Отличия от контроля считали достоверными при $p \leq 0,05$.

## Результаты исследования и их обсуждение

В работе исследована эффективность действия гербицида на основе глифосата Ураган Форте® в отношении циклахены дурнишниколистной. Глифосат обладает системным действием и способен передвигаться по растению, попадая из наземной части в корни. По механизму действия он относится к ингибиторам синтеза аминокислот [17]. На рис. 1 показано действие данного гербицида в различных нормах на ростовые процессы растений циклахены дурнишниколистной. Оценивали высоту растений, количество пар листьев, диаметр стебля через 1 месяц после обработки в лабораторных условиях. В момент обработки гербицидом Ураган Форте® высота растений составляла 32,7±2,57 см, количество пар листьев – 6–7 пар, диаметр стебля – 4,5±0,33 мм.

При использовании Урагана Форте® во всех применяемых нормах через 1 месяц с момента обработки отмечали ингибирование роста циклахены. Высота растений в варианте с нормой применения препарата 0,5 л/га была в среднем на 20% меньше контроля, и на 50% меньше контроля при использовании препарата с нормами применения в диапазоне 1–3 л/га. У растений, обработанных гербицидом в нормах 1–3 л/га, через 1 месяц после обработки количество листьев осталось на уровне начала эксперимента, новые листья не образовывались. Диаметр стебля при использовании гербицида в норме 1 л/га остался на уровне начала эксперимента, а применение гербицида с нормами в диапазоне 2–3 л/га приводило к уменьшению данного параметра. После обработки Ураганом Форте® (0,5, 1, 2, 3 л/га) сырая масса растений составила 63, 15, 11 и 9% от контроля, соответственно (рис. 2). При исследовании влияния глифосатсодержащего гербицида на накопление сухой массы растениями циклахены дурнишниколистной установлено, что в конце эксперимента после обработки этим гербицидом в нормах 1–3 л/га данный показатель у опытных образцов был меньше в среднем на 60% по сравнению с таковым у контрольных растений.

В лабораторных условиях также исследовано действие на ростовые процессы циклахены дурнишниколистной коммерческого гербицида Магнум® на основе метсульфурон-метила из группы сульфонилмочевин (который рекомендуется против однолетних сорняков [17]) в нормах 50–200 г/га (рис. 3, 4). В момент обработки высота растений составляла 26,4±3,85 см, количество пар листьев – 6–7, диаметр стебля – 4,7±0,68 мм. При использовании гербицида Магнум® во всех применяемых нормах через 1 месяц после обработки отмечалось ингибирование роста циклахены. Высота растений во всех вариантах опыта в среднем в 2 раза меньше, чем в контроле. Гербицид оказывал выраженное влияние и на диаметр стебля. При обработке препаратом Магнум® во всех исследуемых нормах диаметр стебля уменьшался в среднем на 30% относительно контроля.

Показано, что через 1 месяц после обработки при всех исследованных нормах Магнума® сырая масса растений была в среднем на 85% меньше, чем у контроля (см. рис. 4А). Отмечено также и ингибирование накопления сухой массы растениями (см. рис. 4В).

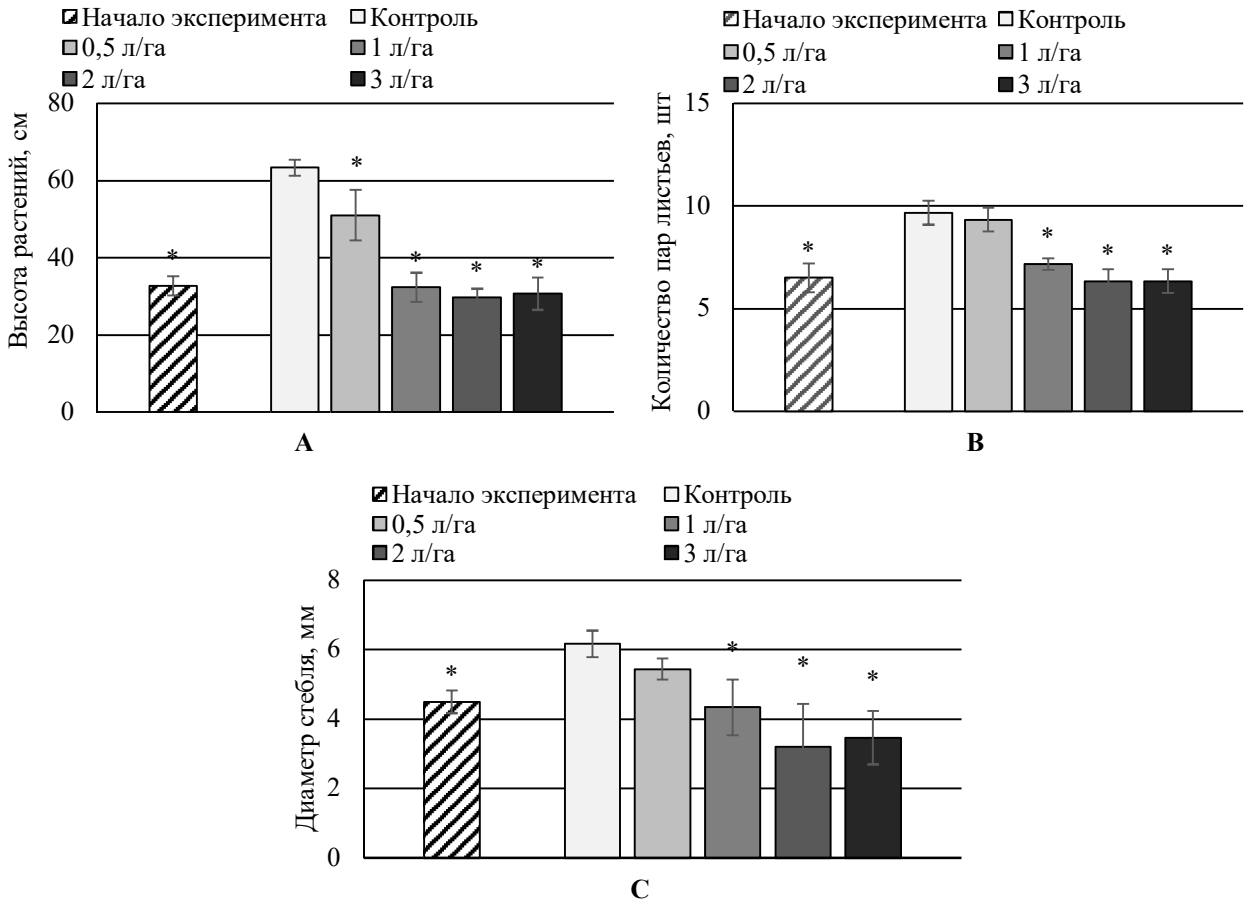



**Рис. 1**. Высота растений (A), количество пар листьев (B), диаметр стебля (C) циклахены дурнишниколистной через 1 месяц после обработки гербицидом Ураган Форте® в лабораторных условиях
* различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

**Fig. 1.** Plant height (A), number of leaf pairs (B), and stem diameter (C) of *Cyclachaena xanthiifolia* one month after treatment with the herbicide Uragan Forte® under laboratory conditions
* differences from the control are significant at $p \leq 0.05$

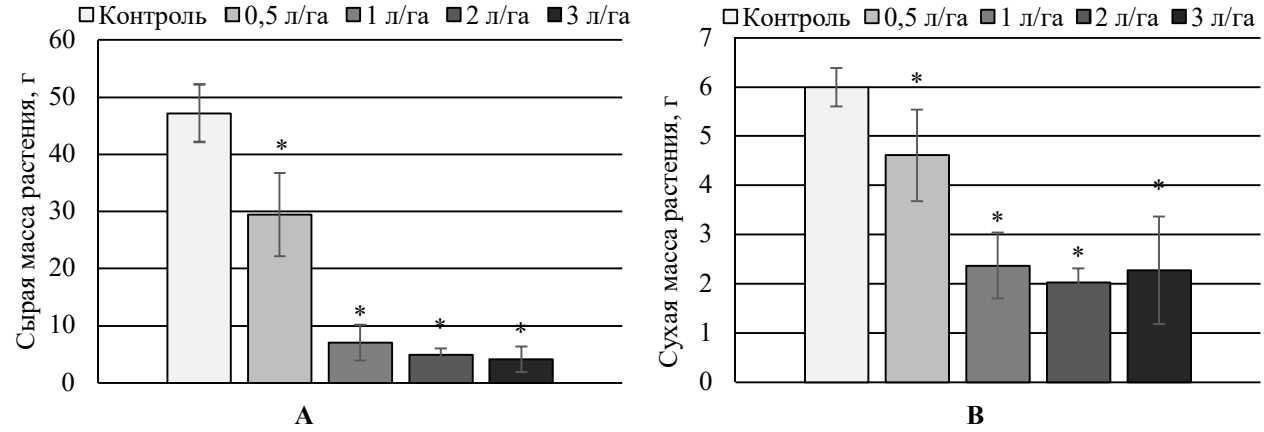



**Рис. 2.** Накопление сырой (A) и сухой (B) массы растениями циклахены дурнишниколистной через 1 месяц после обработки гербицидом Ураган Форте® в лабораторных условиях
* различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

**Fig. 2.** Accumulation of wet (A) and dry (B) mass by *Cyclachaena xanthiifolia* plants 1 month after treatment with the herbicide Uragan Forte® under laboratory conditions
* differences from the control are significant at $p \leq 0.05$

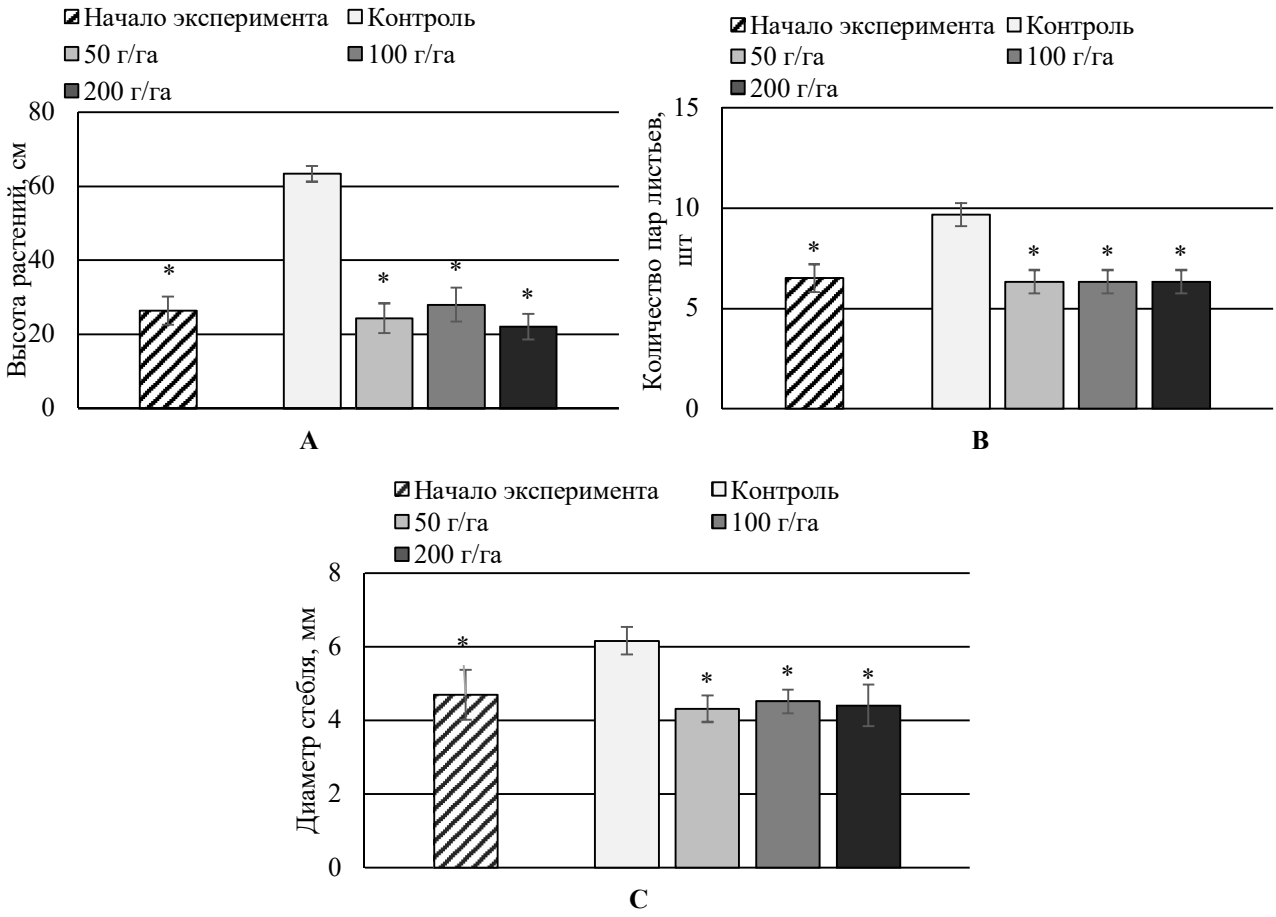



**Рис. 3.** Высота растений (A), количество пар листьев (B), диаметр стебля (C) циклахены дурнишниколистной через 1 месяц после обработки гербицидом Магнум® в лабораторных условиях
* различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

**Fig. 3.** Plant height (A), number of leaf pairs (B), stem diameter (C) of *Cyclachaena xanthiifolia* after 1 month of treatment with Magnum® herbicide under laboratory conditions
* differences from the control are significant at $p \leq 0.05$

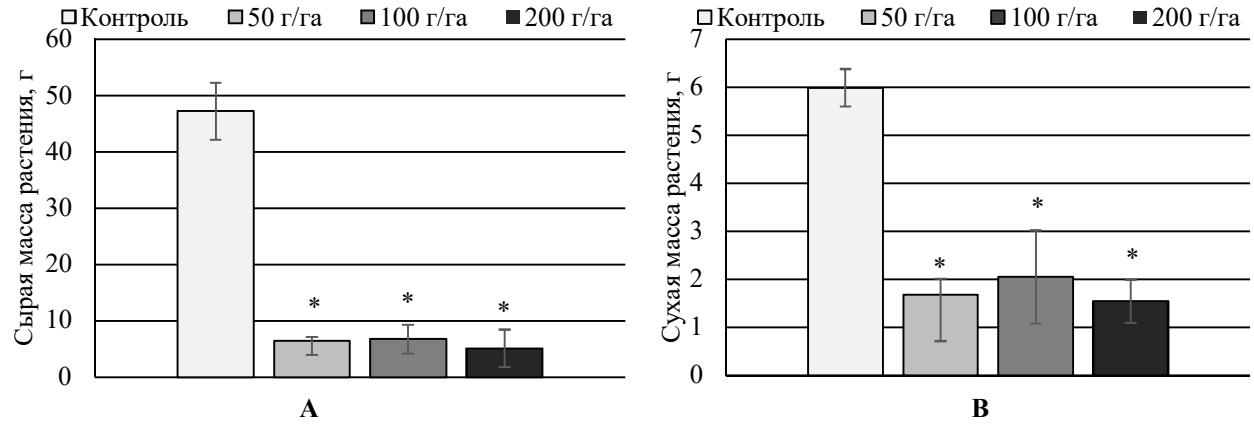



**Рис. 4**. Накопление сырой (A) и сухой (B) массы растениями циклахены дурнишниколистной через 1 месяц после обработки гербицидом Магнум® в лабораторных условиях
* различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

**Рис. 4.** Accumulation of wet (A) and dry (B) mass by *Cyclachaena xanthiifolia* plants 1 month after treatment with Magnum® herbicide under laboratory conditions
* differences from the control are significant at $p \leq 0.05$

Установлено, что в лабораторных условиях при наличии у циклахены дурнишниколистной 6–7 пар листьев гербициды Ураган Форте® в нормах 1–3 л/га и Магнум® в нормах 50–200 г/га обладают 100%-й эффективностью, что выразилось в прекращении роста и гибели растений.

Для подтверждения выявленной в лабораторных условиях эффективности Урагана Форте® и Магнума® относительно циклахены дурнишниколистной мы провели полевые эксперименты на территории полигона ПКУП «Коммунальник» в г. Бресте. Вначале было выбрано несколько учетных делянок для оценки биометрических параметров растений в популяции циклахены дурнишниколистной, произрастающей на данной территории. Исследованные параметры представлены в табл. Количество растений в среднем составляло 24 шт. на м$^2$, высота растений циклахены – 40 см, диаметр стебля – 6,6 мм. Количество пар листьев – 6–8 шт. В результате анализа установлено, что в начале июля на территории полигона ПКУП «Коммунальник» в г. Бресте растения циклахены находились в одинаковой фенологической фазе развития (стеблевание), и их количество позволяло заложить учетные делянки для оценки влияния различных норм гербицидов на растение в полевых условиях.

Заложены учетные делянки для определения эффективности влияния гербицидов из перечня разрешенных к применению на территории Республики Беларуси в различных рекомендуемых нормах. Исследовано действие Урагана Форте® в диапазоне норм 0,5–3 л/га и Магнума® в диапазоне норм 50–200 г/га. Установлено, что при наличии у циклахены дурнишниколистной 6–8 пар листьев 100%-й эффективностью обладали препараты Ураган Форте® в норме 3 л/га (рис. 5А) и Магнум® во всех исследованных нормах в диапазоне 50–200 г/га (рис. 5Б). Также высокоэффективным (91%) было применение Ураган Форте® в норме 2 л/га.

В работе [3] отмечено, что на необрабатываемых землях (железнодорожные насыпи, обочины дорог, мусорные свалки, карьеры, промплощадки и др.) высокую эффективность давало применение глифосатсодержащих гербицидов в период вегетации сорняка до фазы 10–12 пар листьев: Раундапа (3–4 л/га), Торнадо 500 (3,5–4 л/га), Глифора (4–6 л/га) и др. Данные результаты вполне согласуются с нашими. Эффективность применения глифосата для уничтожения циклахены дурнишниколистной отмечена и в других исследовательских работах [5, 10]. Эффективность против *Cyclachaena xanthiifolia* гербицида Магнум в норме 0,2 кг/га показана в работе [5]. Уже через 20 суток после опрыскивания наблюдалась 100 % гибель сорняка, а при опрыскивании растений в фазе бутонизации – 95,7–98,9% гибель.

На основании проведенных нами исследований выявлено, что Магнум® эффективно действует в отношении циклахены и в более низких концентрациях (50 г/га). Это позволит для уничтожения циклахены дурнишниколистной использовать меньшее количество гербицида, что обеспечит снижение затрат, особенно при боль-

**Таблица.** Биометрические параметры растений в популяции циклахены дурнишниколистной на территории полигона ПКУП "Коммунальник" в г. Бресте

**Table.** Biometric parameters of plants of the *Cyclachaena xanthiifolia* population on the territory of the «Kommunalnik» landfill in Brest

| Номер учетной делянки | Количество растений циклахены, шт. | Высота растений циклахены, см | Количество пар листьев, шт | Диаметр стебля, мм |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 31 | 36,5±9,65 | 7±1 | 4,7±1,08 |
| 2 | 47 | 38,5±3,44 | 7±1 | 6,3±0,90 |
| 3 | 17 | 29,1±7,48 | 7±1 | 7,1±1,41 |
| 4 | 15 | 35,6±9,77 | 7±1 | 6,5±1,97 |
| 5 | 16 | 39,8±6,49 | 8±1 | 7,7±2,30 |
| 6 | 29 | 43,3±5,54 | 7±1 | 5,6±1,56 |
| 7 | 11 | 42,9±14,95 | 8±1 | 7,1±3,62 |
| 8 | 14 | 49,1±13,75 | 8±1 | 6,6±2,67 |
| 9 | 25 | 41,8±7,97 | 7±1 | 6,4±1,31 |
| 10 | 33 | 43,2±8,57 | 7±1 | 7,6±1,76 |
| 11 | 18 | 30,9±9,06 | 7±1 | 7,3±1,94 |
| 12 | 22 | 48,9±5,72 | 7±0 | 6,6±1,27 |
| 13 | 39 | 48,8±6,70 | 6±1 | 6,6±1,14 |
| 14 | 13 | 32,3±7,29 | 7±1 | 6,4±2,34 |

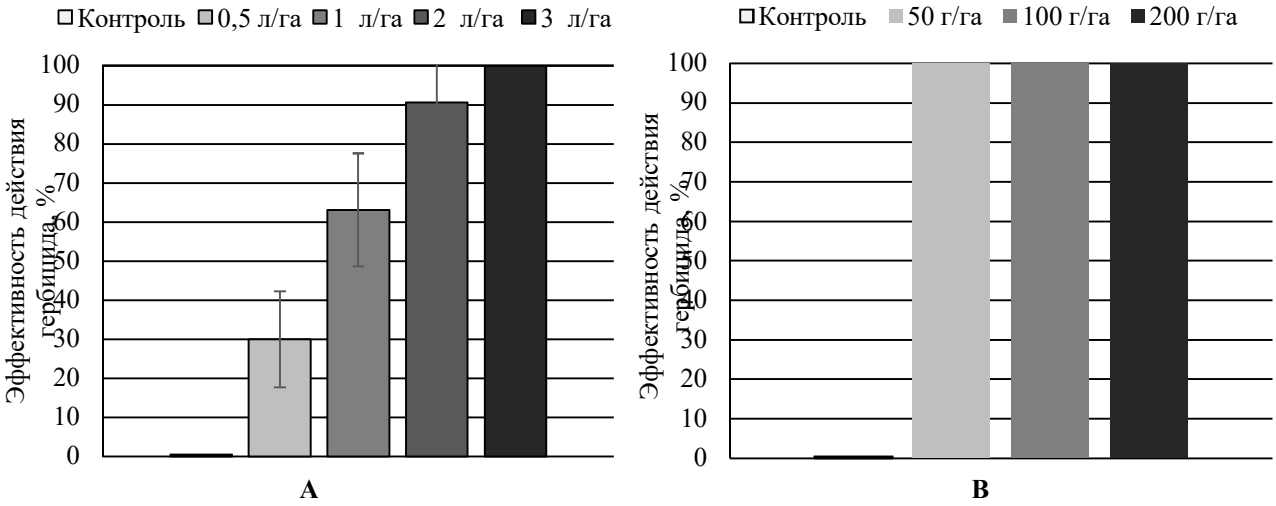



**Рис. 5**. Эффективность действия гербицидов Ураган Форте® (А) и Магнум® (В) в отношении циклахены дурнишниколистной в полевых условиях

**Fig. 5.** Efficiency of the herbicides Uragan Forte® (A) and Magnum® (B) against *Cyclachaena xanthiifolia* in field conditions

ших площадях обработки. Снижение дозировки гербицида уменьшит влияние на экосистему (загрязнение почвы, воды и воздуха). Использование меньших норм обеспечит соответствие требованиям законодательства по охране окружающей среды и безопасности людей. Правильное применение гербицидов в оптимальных нормах поможет снизить риск появления устойчивых к гербициду растений циклахены дурнишниколистной.

## Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о том, что в лабораторных условиях при наличии у циклахены дурнишниколистной 6–7 пар листьев при действии коммерческих препаратов Ураган Форте, ВР® (глифосата кислоты, 500 г/л) в нормах 1–3 л/га и Магнум, ВДГ® (метсульфуронметил, 600 г/кг) в нормах 50–200 г/га наблюдалось сильное угнетение ростовых процессов и гибель растений. В полевых условиях высокой эффективностью обладали Ураган Форте® в нормах 2–3 л/га и Магнум® в нормах 50–100 г/га. При наличии у растений циклахены 6–8 пар листьев нормы исследованных гербицидов (Ураган Форте® 2–3 л/га и Магнум® – 50 г/га) могут быть рекомендованы для предотвращения распространения циклахены дурнишниколистной на землях несельскохозяйственного назначения. В результате проделанной работы впервые проведена оценка биометрических параметров растений в популяции циклахены дурнишниколистной на территории Беларуси (полигон ПКУП «Коммунальник» в г. Бресте).

## Благодарности

*Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси за идентификацию растений циклахены дурнишниколистной, выявление локаций произрастания и помощь в сборе семенного материала.*

*Исследования проведены в рамках задания 3.2.5 «Оценить инвазионный потенциал и разработать комплекс экологически безопасных и эффективных мер по ограничению распространения и численности циклахены дурнишниколистной (Cyclachaena xanthiifolia (Nutt) Fresen.) и снижению ущерба для естественных растительных сообществ на территории Беларуси» подпрограммы 2 «Инвазивные процессы» ОНТП «Интродукция и инвазии» на 2021–2025 гг.*

## Литература

1. 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, 2010. – 512 с.

2. Растения – агрессоры. Инвазионные виды на территории Беларуси / Д. В. Дубовик, В. Н. Лебедько, В. И. Парфенов [и др.]. – Минск : Беларус. энцыкл. імя Петруся Броукі, 2017. – 190 с.

3. Конопля, Н. И. Циклахена дурнишниколистная-опасный сорняк / Н, И. Конопля, О. Н. Курдюкова, Е. А. Жердева // Защита и карантин растений. – 2014. – № 12. – С. 13–14.

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

5. Курдюкова, О. Н. Циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.): распространение, биология, приемы контроля: моногр. / О. Н. Курдюкова. – СПб., 2021. – 179 с.

6. Надточий, Н. Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения. Сорные растения. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. – Циклахена дурнишниколистная. / Н. Н. Надточий. – Проект 2003–2009 гг. – URL: http://www.agroatlas. spb.ru/ru/content/weeds/ Cyclachaena xanthiifolia (дата обращения: 20.10.2025).

7. Красноборов, Н. М. По поводу некоторых видов во флоре Алтайского края / Н. М. Красноборов // Turczaninowia. – 2000. – Т.3. – Вып. 1. – С. 56–57.

8. Куприянов, А. Н. Распространение *Cyclachaena xanthiifolia* (Nut.) Fresen. в Казахстане / А. Н. Куприянов, Г. Ж. Султангазина // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции : материалы I Международной научн. Конференции, СПб., 6–8 декабря 2011. / ВИР. – СПб., 2011. – С. 150–153.

9. Ломоносова, М. Н. Флористические находки в городе Новосибирске / М. Н. Ломоносова, Е. Ю. Зыкова // Turczaninowia. – 2003. – Т. 6. – Вып. 1. – С. 63–66.

10. Petrova, A. Invasive alien species of vascular plants in Bulgaria / A. Petrova, V. Vladimirov, V. Georgievю. – Sofia, 2013. – 319 p.

11. Омельяненко, Т. З. О распространении и некоторых особенностях *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. на территории Российской Федерации / Т. З. Омельяненко // Фитосанитария. Карантин растений. – 2021. – № 2 (6). – С. 50–61.

12. Дмитриева, С. А. Инвазивные чужеродные виды. Циклахена дурнишниколистная *Cyclachaena xanthiifolia* / С. А. Дмитриева, М. А. Джус. – 2020 г. – URL: https://www.ias.by/index.php/ru/rasteniya/119-travennistye-rasteniya/491-cyclachaena-xanthiifolia (дата обращения: 20.10.2025).

13. Invasion dynamics of three allergenic invasive Asteraceae (*Ambrosia trifida*, *Artemisia annua*, *Iva xanthiifolia*) in central and eastern Europe / S. Follak, S. Dullinger, I. Kleinbauer [et. al.] // Preslia. – 2013. – Vol. 85. – №. 1. – P. 41-61.

14. Ефективність контролювання бур'янів-алергенів та інших шкодочинних видів у посівах кукурудзи / Л.П. Матюха, Ю.І. Ткаліч, В.Л. Матюха, В.В. Рябоволенко // Бюллетень Інституту зернового господарства. – 2003. – № 21–22. – С. 75–80.

15. Конопля, М. І. Поширення бур'янів-алергенів та боротьба з ними в Степу України / М. І. Конопля, О. М. Курдюкова, Н. О. Мельник // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 1. – С. 16–20.

16. Мялик А. Н. Новые данные по адвентивной фракции флоры Беларуси / А.Н. Мялик // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2021. – №. 1. – С. 11-25.

17. Куликова, Н. Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения / Н. Ф. Куликова, Г. Ф. Лебедева. – М. : ЛИБРОКОМ, 2010. – 150 с.

*Поступила в редакцию 14.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Скуратович Татьяна Александровна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биофотоники и стрессоустойчивости растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Куделина Татьяна Николаевна*** – научный сотрудник лаборатории биофотоники и стрессоустойчивости растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Молчан Ольга Викторовна*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биофотоники и стрессоустойчивости растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Скуратович, Т. А. Оценка эффективности воздействия гербицидов на основе глифосата и метсульфурон-метила в отношении циклахены дурнишниколистной (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt) Fresen.) / Т. А. Скуратович, Т. Н. Куделина, О. В. Молчан // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 275–282.

УДК 581.1; 633/635; 577.218; 577.359

А. А. СМИРНОВ, Е. М. КАБАЧЕВСКАЯ, С. В. СУХОВЕЕВА

# ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ МЕТАБОЛИЗМА ПОЛИФЕНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ПРИ ИСКУСТВЕННОМ ЗАРАЖЕНИИ ФИТОФТОРОЙ

*Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: aasm96@bk.ru*

**Аннотация.** Проведен анализ влияния экзогенных стрессовых фитогормонов или их аналогов (салициловой кислоты (СК), этефона (Эт), эпина (Эп)) на распространение фитофторозной инфекции и динамику содержания фенольных соединений (ФС), а также экспрессию генов основных ферментов их метаболизма, при искусственном заражении фитофторой высокоустойчивого к фитофторозу листьев сорта Вектар и низкоустойчивого сорта Уладар. Показано, что предварительная обработка листьев брассиностероидом Эп приводит к снижению симптомов заболевания у обоих исследованных сортов, обработка СК положительно влияет на устойчивость сорта Уладар и не влияет существенно на сорт Вектар, в то время как экзогенный донор этилена Эт приводит к снижению степени поражения листьев сорта Вектар и не проявляет активности в отношении сорта Уладар. Снижение степени поражения фитофторой у сорта Уладар, вызванное экзогенными модуляторами, сопровождается усилением экспрессии генов семейства *CAD*, *THT* и изменением содержания ФС. Рост устойчивости у сорта Вектар ассоциируется с ростом экспрессии генов *CAD* и *THT* при действии Эт и Эп.

**Ключевые слова:** картофель *Solanum tuberosum*, фитофтора (*Phytophthora infestans*), фенольные соединения, экспрессия генов, салициловая кислота, этефон, эпин.

A. A. SMIRNOV, E. M. KABACHEVSKAYA, S. V. SUKHOVEYEVA

# PHYTOHORMONE CONTROL OF POLYPHENOL METABOLISM IN POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) LEAVES UNDER ARTIFICIAL LATE BLIGHT INFECTION

*Institute Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: aasm96@bk.ru*

**Annotation.** The effect of exogenous stress phytohormones or their analogues (salicylic acid (SA), ethephon (Et), epin (Ep)) on the spread of late blight infection and the dynamics of phenolic compound (PC) content, as well as the expression of genes encoding the main enzymes of their metabolism, was analyzed during artificial inoculation with *Phytophthora infestans* of highly resistant to foliar late blight cultivar Vectar and low-resistant cultivar Uladar. It was shown that pre-treatment of leaves with a brassinosteroid Ep leads to a reduction in disease symptoms in both studied varieties, treatment with SA has a positive effect on the resistance of Uladar and does not significantly affect Vectar's resistance, while the exogenous ethylene donor Et leads to a decrease in the degree of leaf damage in Vectar and does not affect Uladar's resistance. A decrease in the degree of late blight damage in Uladar, caused by exogenous modulators, is accompanied by a short-term increase in the expression of CAD family genes and an increase in the PC content. Increased resistance in Vectar is associated with increased expression of the CADs and THT genes under the influence of Et and Ep.

**Keywords:** potato *Solanum tuberosum*, late blight (*Phytophthora infestans*), phenolic compounds, gene expression, salicylic acid, ethephon, epin.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых опасных и разорительных для культурного картофеля (*Solanum tuberosum* L.) заболеваний является фитофтороз, вызываемый хемибиотрофным оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Несмотря на развитие профилактических и прямых мер борьбы, фитофтороз остается одной из главных причин существенных (до 50%) потерь урожая картофеля [1]. Для поиска новых подходов в селекции более устойчивых к данному патогену сортов картофеля и создания биобезопасных средств его защиты важно углубленное понимание фундаментальных аспектов формирования иммунного ответа растений на поражение фитофторой. В данном контексте актуальным представляется изучение возможной роли в устойчивости к фитофторозу обширной группы вторичных метаболитов – фенольных соединений (ФС), многие из

которых являются важными компонентами системы защиты растений от разных видов стрессовых факторов.

Исходными веществами в сложной сети превращений ФС являются фенилпропаноиды (ФП) коричная кислота (КК) и ее первичные метаболиты гидроксикоричные кислоты (ГКК), такие, например, как кумаровая, кофейная, хлорогеновая кислота и др. ГКК выступают метаболитами в биосинтезе других важных групп ФС, например, лигнинов, кумаринов, флавоноидов и др. [2]. Биосинтез ФС происходит с участием большого числа ферментов, важнейшими из которых являются фенилаланинаммиак-лиаза (PAL) – первый фермент общего фенилпропаноидного пути метаболизма (ФПМ), катализирующий дезаминирование L-фенилаланина с образованием КК и аммиака [3]; циннамат-4-гидрокислаза (C4H) – NADPH-зависимая монооксигеназа, катализирующая реакцию образования кумаровой кислоты путем включения в состав КК гидроксильной группы и являющаяся наряду с PAL ферментом первичных реакций ФПМ [4]; тирамин-N-гидроксициннамоилтрансфераза (THT) – фермент из класса трансфераз, катализирующий реакцию образования амидов ГКК (АГКК) [5]; ферменты семейства алкогольдегидрогеназ коричных спиртов (CAD), катализирующие образование монолигнолов, выступающих мономерами в биосинтезе лигнина [6].

Данные метаанализа [7], посвященного обобщению данных о роли ФС в ответе растений на атаку патогенов, свидетельствуют, что увеличение содержания ФС является генеральной стратегией, характерной для растений. При этом, как отмечается в данной работе, в отношении заражения растений оомицетами, к которым относится *Phytophthora infestans*, полученные данные неоднозначны, что связано с недостаточностью исследований в данной области.

Среди работ, характеризующих роль вышеназванных ферментов в развитии иммунных реакций, можно упомянуть следующие. Например, у растений маниоки отмечается рост экспрессионной активности некоторых изоформ *PAL*, а также усиление биосинтеза различных групп ФС при действии патогенов грибной и вирусной природы [8]. Сверхэкспрессия *C4H* в тканях растений *Nicotiana benthamiana* приводила к усилению продукции лигнина и повышению устойчивости растений к патогенам *Phytophthora parasitica* и *Verticillium dahliae* [9]. В то же время, ингибирование экспрессии *C4H* в корнях растений сои снижало устойчивость к *Ph. sojae* [9]. На растениях картофеля было показано, что через 24 ч после заражения клубней бактериальной инфекцией *Dickeya solani* увеличивается уровень экспрессии *C4H*, а также *PAL, CAD* и *4CL* (4-кумарат-КоА-лигазы), участвующих в биосинтезе ФП, флавоноидов и терпеноидов [10]. *THT* индуцируется в ответ на действие элиситоров, поранение растительного организма и действие патогенных инфекций [11]. На растениях картофеля при заражении *Ph. infestans* показано, что устойчивый генотип F06025 при инокуляции клубней патогеном характеризуется ростом экспрессии сразу нескольких генов, участвующих в биосинтезе АГКК, в том числе *THT*, в сравнении с неустойчивым сортом Shepody [12]. В растениях арабидопсиса идентифицированы гены двух ферментов CAD (*CAD-C* и *CAD-D*), играющих важную роль в обеспечении устойчивости растений к бактериальному патогену *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* [13]. При действии различных фитопатогенов также происходят изменения содержания ФС на биохимическом уровне. Например, инфицирование листьев картофеля вирусом PVY вызывает повышение общего количества ФС (ОКФ) [14].

В наших предыдущих исследованиях получены данные, характеризующие изменения относительного уровня экспрессии генов *PAL, C4H, THT, CAD1, CAD6, CAD9*, а также динамику общего содержания ФС и ГКК на биохимическом уровне в листьях растений картофеля пяти сортов белорусской селекции, различающихся по устойчивости к фитофторозу листьев, в течение 3 суток после их заражения фитофторой [15, 16]. Полученные данные свидетельствуют о вовлеченности ФПМ в развитие ответных реакций на фитофтору и его потенциальной роли в формировании сортовой устойчивости картофеля белорусской селекции к фитофторозу листьев. Для более глубокого понимания механизмов, лежащих в основе выявленных нами изменений ФПМ в листьях сортов картофеля в ответ на действие *Phytophthora infestans*, актуальным представляется более углубленное исследование участия сигнальных путей, регулируемых стрессовыми фитогормонами, в патоген-чувствительных изменениях ФПМ на молекулярно-генетическом и биохимическом уровне.

Особый интерес в контексте протекания защитных реакций растений представляет участие в регуляции данных процессов сигнальных систем фитогормонов салициловой кислоты (СК), этилена и брассиностероидов (БС). СК-зависимый сигнальный путь является одним из важнейших участников защиты растений как в локальных (на уровне отдельных клеток и тканей), так и генерализованных ответах (на уровне всего организма) на инфекцию с формированием систем-

ной приобретенной устойчивости [17, 18]. Этилен влияет на различные процессы роста и развития, а также регулирует реакции на действие фитопатогенов, в том числе путем переключения ответов между СК и жасмоновой кислотой [19, 20]. БС – группа гормонов стероидной природы, играющих важную роль в процессах роста и развития растений и выступающие как стрессовые адаптогены [21]. При этом участие БС в реализации иммунных реакций растений охарактеризовано в сравнительно небольшом количестве работ (например, [22, 23]) и остается недостаточно изученным.

В связи с вышесказанным, целью настоящего исследования стала оценка влияния на ответные реакции растений картофеля высокоустойчивого (Вектар) и неустойчивого (Уладар) к фитофторозу листьев сортов картофеля на заражение *Phytophthora infenstans* экзогенных стрессовых фитогормонов или их аналогов – СК, этефона, эпина.

## Объекты (материалы) и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали растения картофеля *Solanum tuberosum* L. двух сортов белорусской селекции: высокоустойчивого к фитофторозу сорта Вектар (балл устойчивости 8) и низкоустойчивого сорта Уладар (балл устойчивости 3). Растения выращивали из клубней в условиях грунтовой теплицы на базе РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». В возрасте 6–8 недель от растений картофеля отделяли сложные листья (9 долей), которые использовали для постановки экспериментов и отбора образцов тканей для анализа.

На каждый вариант эксперимента использовали по 6 сложных листьев. Контрольными выступали листья от растений обоих сортов, искусственно инфицированные фитофторой, но не подвергавшиеся воздействию модуляторов сигнальных путей.

Влияние СК (производства Sigma-Aldrich, США) оценивали путем применения ее водного раствора в концентрации 5 мМ. Для оценки влияния этилена использовали его экзогенный донор этефон (Эт) (Sigma-Aldrich, США) в виде водного 2 мМ раствора. Для изучения влияния БС использовали эпин (Эп) (200 мкл/л, ОАО «Белреахим»). Предшествующая заражению обработка проведена путем погружения листовых черенков в ёмкости с растворами модуляторов и инкубации в течение 2 ч в соответствующих растворах. Листья картофеля, использованные в качестве контрольных, перед заражением инкубировали в воде также в течение 2 ч.

По окончании инкубаций заражение листьев фитофторой проводили согласно методике, описанной в работе [15].

Влияние экзогенных обработок фитогормонами или их аналогами оценивали через 1, 2 и 3 суток после инокуляции патогена. Для оценки интенсивности образования очагов поражения листьев фитофторозом проведена фотосъемка листовых пластинок камерой Canon EOS 750D. Для анализа фотоснимков и определения процента пораженных тканей использована программа для обработки изображений в области медицинских и биологических исследований ImageJ 1.37v (Wayne Rasband, США) и Adobe Photoshop CS6.

Для характеристики динамики экспрессии *PAL*, *C4H*, *THT*, *CAD1*, *CAD9* и характера накопления ФС и ГКК отбирали образцы листьев для выделения пула общей РНК и подготовки водно-спиртовых экстрактов для анализа ОКФ и общего количества гидроксикоричных кислот (ОКГ). Гомогенизацию тканей и выделение общей РНК проводили с использованием реактива «Лира» (Биолабмикс, РФ) в соответствии с протоколом производителя. Содержание РНК в полученных препаратах и их чистоту оценивали спектрофотометрически. Синтез кДНК проводили с использованием реактивов производства Thermo Fisher Scientific, США. ПЦР в реальном времени проводили с использованием готового микса для ПЦР (Артбиотех, Беларусь) в соответствии с протоколом фирмы-производителя. Реакционная смесь содержала микс для ПЦР, ген-специфические олигонуклеотидные ДНК-праймеры (Genterra, Россия; Артбиотех, Беларусь) для генов *PAL, C4H, THT, CAD1, CAD9* или гена-нормализатора *EF1*, кДНК-матрицу, воду для ПЦР.

Нуклеотидные последовательности используемых ДНК-праймеров представлены в предыдущих работах [16, 24]. Расчет уровня относительной экспрессии R исследованных генов проводили с помощью специализированной программы REST (relative expression software tool), версия REST-MCS [24]. Расчет и статистический анализ изменений относительного уровня экспрессии для каждого из исследованных генов проведен в соответствии с требованиями используемой программы. Значение экспрессии гена в контрольных образцах принимали за единицу согласно алгоритму программы REST.

Определение ОКФ и ОКГ проводили фотометрическим методом. Замороженные ткани лиофилизировали (лиофильная сушка LyoQuest-85, Telstar, Испания) и использовали для приготовления водно-спиртовых экстрактов. Пара-

метры экстракции фенольных соединений и ГКК из лиофилизированных тканей листьев картофеля предварительно оптимизировали под условия эксперимента [25]. ОКФ определяли при длине волны 720 нм с использованием реактива Фолина-Чокальтеу, ОКГ определяли методом прямой фотометрии при длине 325 нм. Измерения проводили с использованием кварцевой кюветы с длиной рабочего слоя 10 мм на спектрофлуориметре Solar CM2203 (Беларусь). Содержание исследованных групп соединений выражали в относительных единицах (значения, полученные при анализе контрольных образцов, приравнивали к 1).

Все варианты анализировали в 3 биологических и 3–5 экспериментальных повторностях. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 8.0. Для оценки различий между двумя группами использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

## Результаты исследования и их обсуждение

Анализ влияния экзогенной СК на характер экспрессии генов ферментов ФПМ в ответ на заражение листьев фитофторой позволил установить следующее. В первые двое суток после инфицирования в обоих исследованных сортах отмечены тенденции к ингибирующему действию СК на экспрессию генов *PAL*, *C4H, THT* (рис. 1). При этом, несмотря на схожую динамику, в неустойчивом сорте Уладар отмечено более сильное снижение уровня относительной экспрессии *PAL*, *C4H* и *THT* при воздействии СК (см. рис. 1А), чем в высокоустойчивом сорте Вектар (см. рис. 1Б). К третьим суткам эксперимента воздействие СК приобретало контрастный характер в высокоустойчивом и неустойчивом сортах. В сорте Уладар экспрессия всех трех генов оставалась значительно сниженной, как и в первые два дня после заражения, в то время как в сорте Вектар экспрессия этих генов резко возрастала. При этом рост количества транскриптов *THT* и *C4H* в клетках листьев сорта Вектар относительного вторых суток эксперимента составил практически 80%. Особенно существенным возрастанием отметился ген *PAL* – повышение экспрессии относительно зараженного, но не обработанного СК контроля, составило практически 70%, а относительно предыдущей временной точки – более 115%.

В отношении влияния Эт на экспрессию *PAL*, *C4H* и *THT* установлено, что в первые сутки после заражения в сорте Уладар Эт оказывал существенное положительное влияние на экспрессию всех 3-х исследованных генов – рост количества транскриптов относительно зараженного контроля составил 70%, 178%, 183% для *PAL*, *C4H* и *THT* соответственно (рис. 2А). В то же время, влияние Эт на экспрессию всех генов на 2 и 3 день становилось резко ингибирующим, так что экспрессия всех трех генов снижалась до 30–70% от контрольных значений. В высокоустойчивом сорте Вектар изменения уровня экспрессии *PAL*, *C4H* и *THT* существенно отличались по харак-

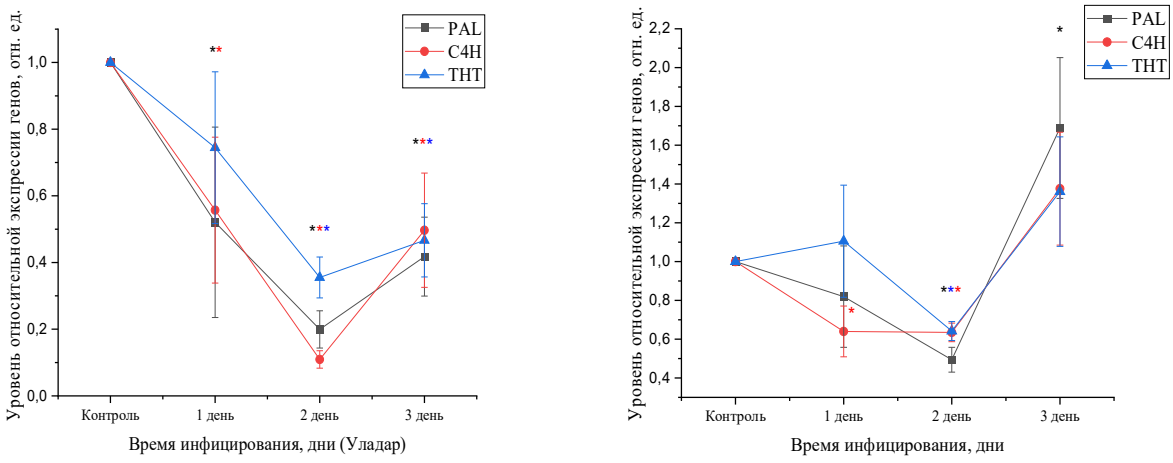
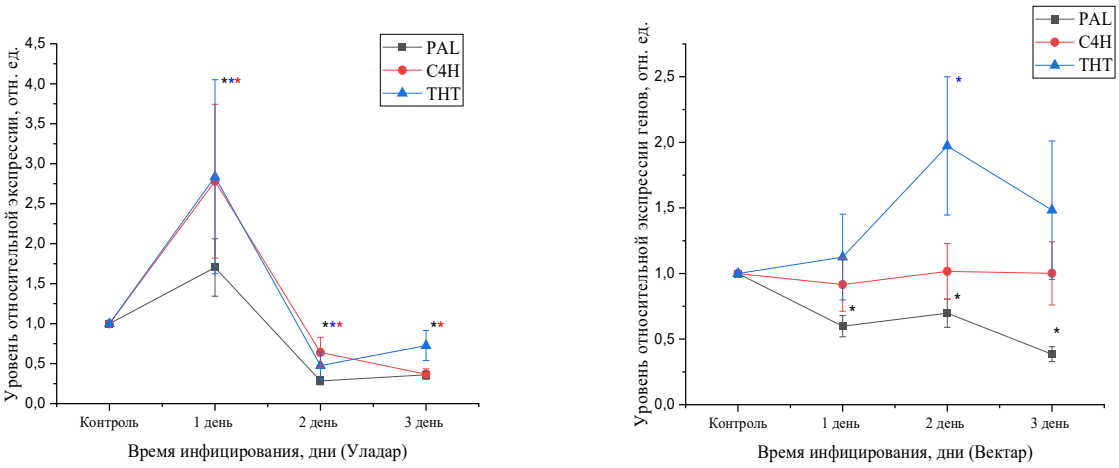



**Рис. 1.** Динамика уровня экспрессии *PAL, C4H* и *THT* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б) при воздействии СК

**Fig. 1.** Dynamics of the expression level of *PAL, C4H* and *THT* in late blight inoculated leaves of potato cultivars Uladar (A) and Vektar (Б) under the influence of salicylic acid



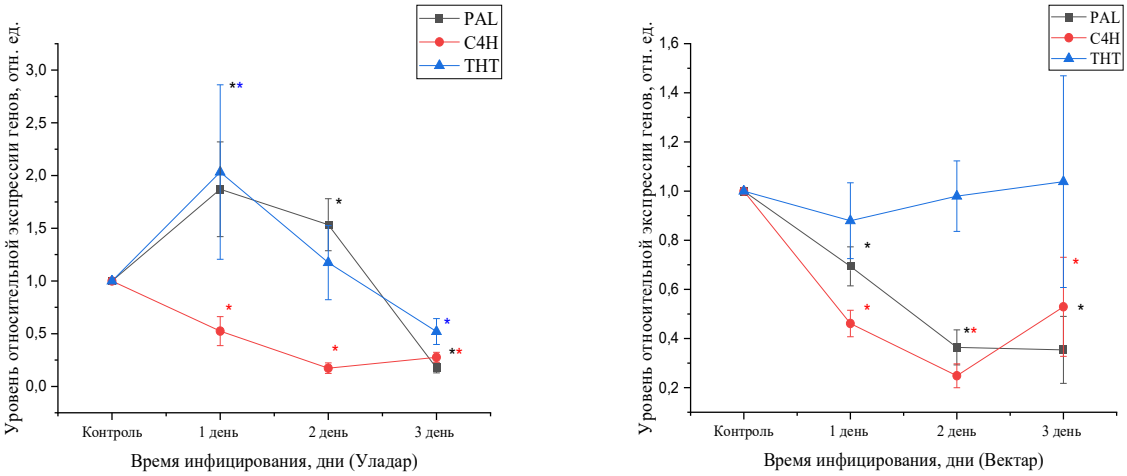

А Б

**Рис. 2.** Динамика уровня экспрессии *PAL*, *C4H* и *THT* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б) при воздействии Эт

**Fig. 2.** Dynamics of *PAL*, *C4H*, and *THT* expression levels in late blight infected potato leaves of Uladar (A) and Vektar (Б) cultivars exposed to ethephon

теру от такового в тканях листьев неустойчивого сорта (рис 2, Б). Экспрессия *C4H* на протяжении всего периода наблюдения оставалась практически неизменной и неотличимой от таковой в контрольных образцах. Количество транскриптов *PAL* в 1, 2 и 3 сутки заражения было ниже, чем в контроле (на ~30–65%). В отношении *THT* отмечена тенденция к повышению экспрессии, достигающей пикового значения во вторые сутки заражения – практически в 2 раза выше, чем в контрольных образцах. На 3 сутки количество транскриптов *THT* несколько снижалось и было на 48% выше, чем в образцах растений, не обработанных Эт.

Анализ влияния Эп на характер экспрессии генов *PAL, THT* и *C4H* в тканях растений устойчивого и неустойчивого сорта при заражении фитофторозом выявил следующее (рис. 3) – в неустойчивом сорте Уладар Эп оказывал позитивное действие на экспрессию *PAL* в 1 и 2 сутки эксперимента (на 86% и 53% выше контрольных значений соответственно), в 3 сутки количество транскриптов снижалось до 17% от контроля (см. рис. 3А). Также положительное влияние Эп в не-




А Б

**Рис. 3.** Динамика уровня экспрессии *PAL, C4H* и *THT* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б) при воздействии Эп

**Fig. 3.** Dynamics of the expression level of *PAL, C4H* and *THT* in the leaf tissues of potato cultivars Vectar (A) and Uladar (Б) under the influence of epin

устойчивом сорте отмечено в отношении гена *THT* в первые сутки эксперимента, когда наблюдался практически в 2 раза более высокий уровень его экспрессии, чем в листьях, не обработанных данным модулятором. В устойчивом сорте Вектар Эп не оказывал эффектов на экспрессию *THT*, при этом существенно снижал экспрессию *PAL* (см. рис. 3Б). Одинаковый характер изменений в экспрессии в устойчивом и неустойчивом сорте при действии Эп наблюдался в отношении *C4H* – резкое снижение количества транскриптов уже в 1 сутки эксперимента до ~50% от значений контроля, во 2 сутки – до 20%. Третьи сутки характеризовались тенденцией к незначительному росту уровня экспрессии.

Анализ влияния экзогенной СК на экспрессию генов *CAD1* и *CAD9* выявил следующее. В тканях неустойчивого сорта Уладар зафиксировано положительное влияние СК на экспрессию *CAD9* в 1, 2 и 3 сутки эксперимента (рис. 4А).

Во 2 сутки эксперимента незначительным скачком экспрессии отметился *CAD1*. В устойчивом сорте Вектар СК оказывала ингибирующее действие на экспрессию *CAD1* во все дни эксперимента, а в случае *CAD9* практически не влияла на экспрессию, однако во 2 сутки отмечен существенный рост количества транскриптов данного гена (рис. 4Б).

Обнаружены различия во влиянии Эт на экспрессию *CAD1* и *CAD9* в тканях листьев картофеля сортов Уладар (рис. 5А) и Вектар (рис. 5Б) при заражении фитофторой. В клетках листьев сорта Вектар отмечена тенденция к повышению уровня экспрессии *CAD1* в 1 и 2 сутки заражения, в то время как в 3 сутки эффект Эт становился ингибирующим (снижение экспрессии до 40% от контрольных значений). При этом сорт Уладар характеризовался пониженным уровнем экспрессии *CAD1* на протяжении всех трех дней эксперимента. В отношении *CAD9* в тканях исследованных сортов наблюдались контрастные эффекты. В 1 сутки в неустойчивом сорте Эт заметно ингибировал экспрессию данного гена, а в устойчивом сорте экспрессия *CAD9* оставалась на уровне контроля. Во 2 сутки в неустойчивом сорте количество транскриптов повышалось до контрольного уровня, в то время как в устойчивом сорте их количество снижалось до наблюдаемого минимума. В 3 сутки после заражения уровень экспрессии *CAD9* во Уладаре снова снижался (до 60% от контроля), а в сорте Вектар резко возрастал и превышал контрольные значения более чем на 100%.

Эп оказывал различное влияние на экспрессию генов *CAD1* и *CAD9* в тканях листьев картофеля сортов Уладар (рис. 6А) и Вектар (рис. 6Б). В отношении сорта Вектар зафиксировано ингибирующее действие на экспрессию *CAD1* на протяжении всего периода исследования. В неустойчивом сорте Уладар в 1 и 2 сутки заражения уровень экспрессии *CAD1* был даже ниже, чем в Вектаре, однако на 3 сутки, когда в устойчивом сорте наблюдался максимальный спад экспрессии данного гена, во Уладаре отмечен ее рост (до ~1,6 раз выше контроля). Интересные данные о влиянии Эп получены для *CAD9* – в устойчивом сорте наблюдалась тенденция к увеличению количества транскриптов со вторых суток зараже-

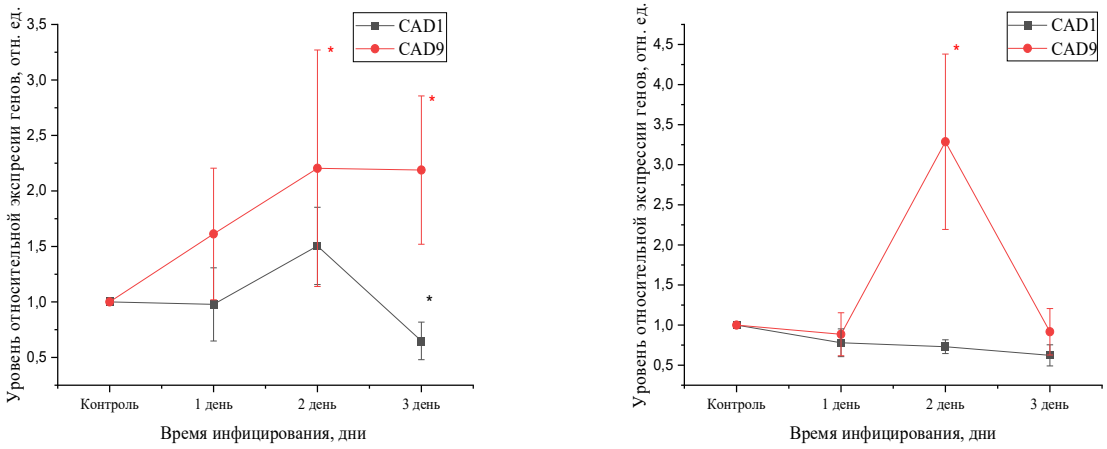



**Рис. 4.** Влияние СК на экспрессию *CAD1* и *CAD9* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б)

**Fig. 4.** Effect of salicylic acid on the expression of *CAD1* and *CAD9* in leaf tissues of potato cultivars Uladar (A) and Vectar (Б)

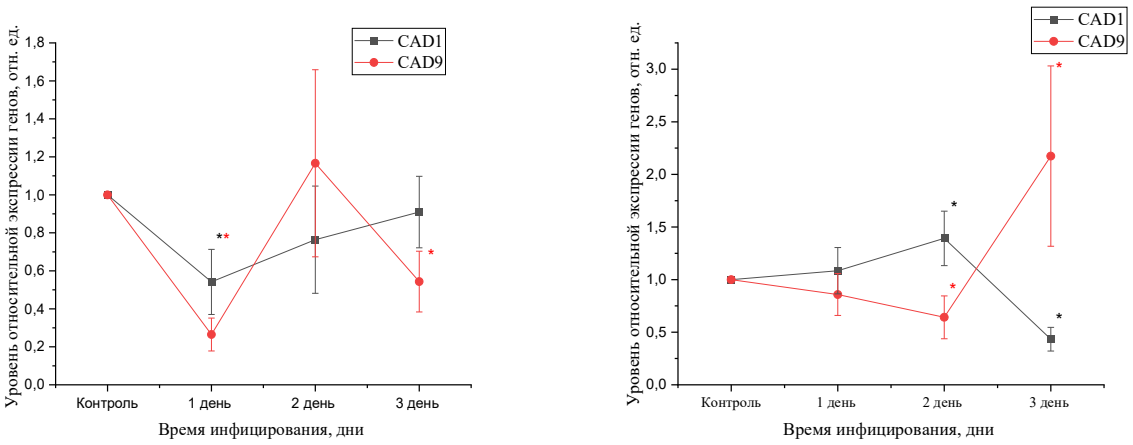



**Рис. 5.** Влияние Эт на экспрессию *CAD1* и *CAD9* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б)

**Fig. 5.** Effect of ethephon on the expression of *CAD1* and *CAD9* in leaves of potato cultivars Uladar (A) and Vectar (Б)

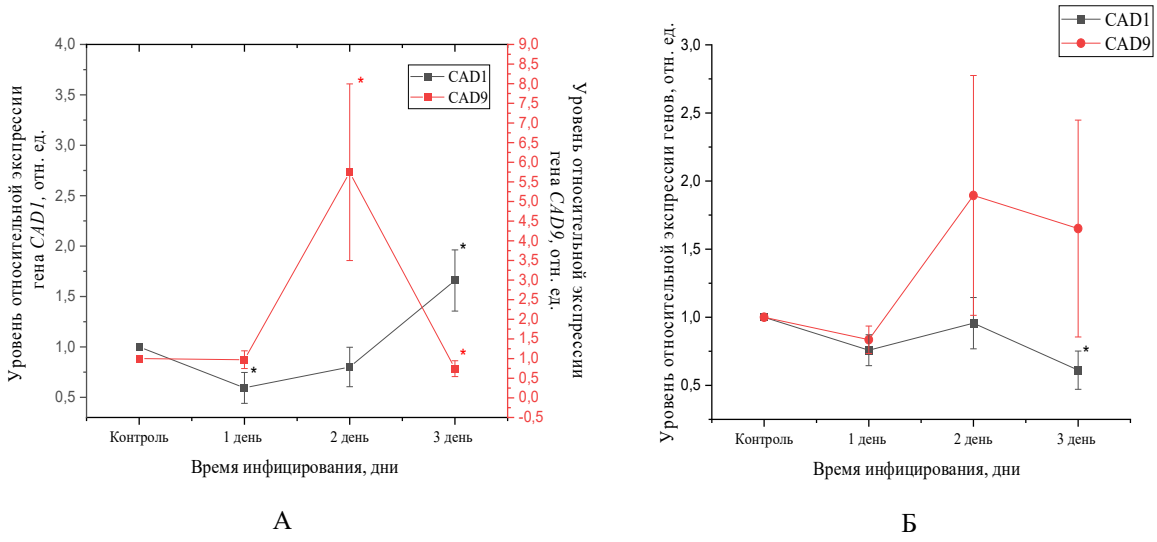



**Рис. 6.** Влияние Эп на экспрессию *CAD1* и *CAD9* в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Уладар (А) и Вектар (Б)

**Fig. 6.** Effect of epin on the expression of *CAD1* and *CAD9* in leaves of potato cultivars Uladar (A) and Vectar (Б) inoculated by late blight

ния. В неустойчивом сорте в 1 и 3 сутки количество транскриптов практически не различалось с контрольными образцами, однако во 2 сутки зафиксирован чрезвычайно высокий всплеск их количества – практически в 6 раз более высокие значения относительно зараженного контроля, необработанного Эп.

Анализ влияния модуляторов сигнальных путей на ОКФ и ОКГ выявил следующее (рис. 7). При обработке СК листьев сорта Вектар (см. рис. 7А, Б) в каждый из трех дней эксперимента наблюдалось повышенное относительно зараженного контроля содержание ФС и ГКК, которое достигало пиковых значений на 2 сутки заражения (в 2 и 1,8 раз выше контроля соответственно).

В сорте Уладар в 1 сутки ОКФ и ОКГ выше контроля на ~30%, далее их содержание постепенно снижалось, достигая к 3 суткам значений практически на 20% ниже контроля (см. рис. 7А, Б).

Для Эт отмечены следующие эффекты (см. рис. 7В, Г). В устойчивом сорте Вектар в первые двое суток эксперимента наблюдалось пониженное в сравнении с контролем ОКФ и ОКГ. При этом примечателен был тот факт, что в случае ОКФ во вторые сутки отмечен незначительный рост их содержания в сравнении с первым, а

ОКГ, напротив, снижение. В 3 сутки заражения отмечен резкий рост ОФС и ОКГ до повышенного на 20% относительно контроля. В неустойчивом сорте Уладар через 1 сутки после инкубации в растворе модулятора и заражения фитофторой наблюдалось пониженное относительно зараженного контроля ОКФ и ОКГ, однако ко 2–3 суткам содержание обеих групп соединений возрастало и становилось примерно на 20% и 10% выше контроля соответственно.

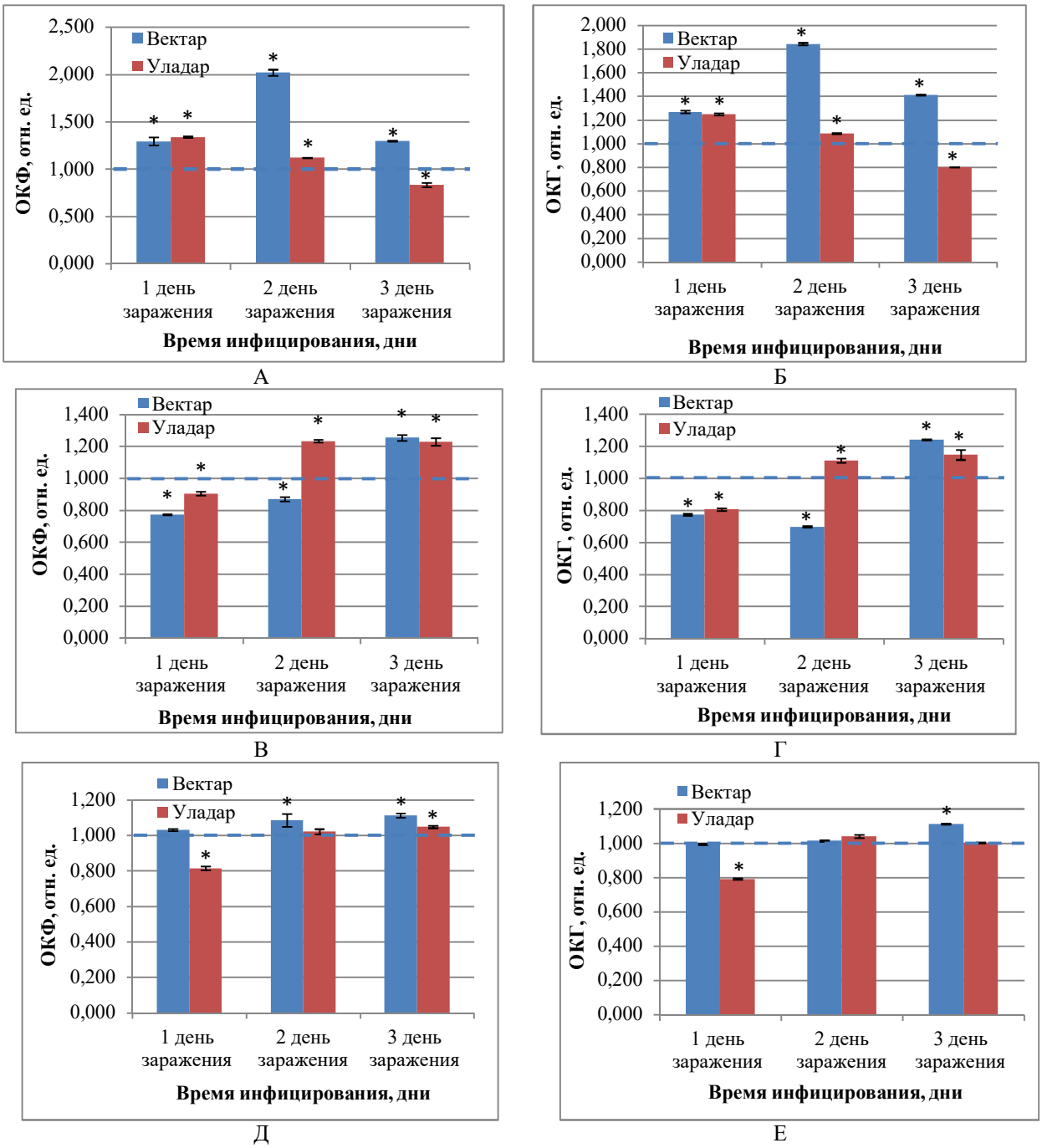



**Рис. 7.** Влияние СК (А, Б), Эт (В, Г), Эп (Д, Е) на ОКФ и ОКГ в зараженных фитофторой листьях картофеля сортов Вектар и Уладар
Пунктирной линией обозначены контрольные значения, приравненные к 1
* обозначены значения ОКФ и ОКГ в опытных образцах, достоверно различающиеся в сравнении с контролем

**Fig. 7**. Effect of salicylic acid (А, Б), ethephon (В, Г), epin (Д, Е) on the total phenolic and hydroxycinnamic acids content in leaves of potato cultivars Vektar and Uladar inoculated by late blight
The dotted line indicates control values equal to 1
* indicates values of the total phenolic and hydroxycinnamic acids in the experimental samples that differ significantly compared to the control

Эп (см. рис. 7Д, Е) оказывал умеренное позитивное влияние на накопление ОКФ в устойчивом сорте Вектар, начиная с сопоставимого их количества в контрольных образцах и опытных в первые сутки, продолжающееся постепенным ростом во вторые (8% выше контроля) и третьи сутки (11% выше контроля) эксперимента. Содержание ГКК в тканях листьев сорта Вектар в первые и вторые сутки было аналогичным контролю, а к третьему дню превышение составило 11%. В тканях неустойчивого сорта при воздействии Эп содержание ФС и ГКК было практически не различимо с контрольными растениями во вторые и третьи сутки эксперимента, а в первые сутки количество исследованных групп соединений было в среднем на 20% ниже контрольных.

Анализ влияния СК (рис. 8А) на характер распространения очагов фитофторой листьев изучаемых сортов показал, что наиболее ярко выраженное влияние СК зафиксировано для сорта Уладар в 3 сутки эксперимента, когда уменьшение очага поражения при действии модулятора составило 50% относительно контроля. Обработка СК не изменяла существенно и без того низкую интенсивность поражения листовых тканей сорта Вектар. Между тем, обработка растений Вектара Эт оказывала позитивное влияние на размер очагов поражения их листьев (рис. 8Б). Наибольший эффект зафиксирован на 3 сутки эксперимента – практически в 4 раза меньший размер относительно контроля. Для неустойчивого сорта Уладар ни позитивных, ни негативных эффектов Эт показано не было. Примечательные данные получены в отношении Эп (рис. 8В). При действии этого БС в третьи сутки эксперимента размеры очагов поражения на инкубированных в растворе Эп листьях картофеля сорта Уладар снижались до 60% от контрольных значений, а в случае сорта Вектара – до 7%.

Таким образом, проведенное исследование показало, что в первые сутки после заражения фитофторой на листьях сортов картофеля, независимо от их балла устойчивости, не обнаруживалось визуальных повреждений листовой пластинки. Ко вторым суткам очаги поражения начинали постепенно проявляться, а к 3-им суткам различия между высокоустойчивым и неустойчивым сортом становились хорошо различимыми. При этом у высокоустойчивого сорта Вектар пораженность листовых тканей оказывалась заметно меньше, чем у неустойчивого сорта Уладар. Выявленная динамика согласуется с данными о том, что некротрофическая фаза развития фитофторы в основном активируется через 72 ч после заражения [26].

Защита растений от действия биотрофов в основном регулируется сигналами СК, тогда как защита против некротрофов развивается в большей степени с участием Эт и жасмоновой кислоты, не рассматриваемой в данном исследовании. Между сигнальными ветвями различных стрессовых фитогормонов существует сложная сеть взаимодействий. Поскольку фитофтора является хемибиотрофом и действует на ранних фазах развития как биотроф, затем как некротроф, в защитных реакциях против нее могут принимать участие сигнальные ветви различных фитогормонов. В условиях нашего эксперимента при обработке листьев СК, предшествующей заражению, у сорта Вектар размеры очагов поражения существенно не изменялись по сравнению с зараженным контролем. В то же время обработка СК листьев сорта Уладар приводила к третьим суткам после заражения к значительному снижению степени пораженности листовых тканей, которая становилась близкой по значениям к сорту Вектар. Предобработка СК вызывала в клетках сорта Уладар повышение уровня экспрессии *CAD9* на протяжении всех 3 суток наблюдений, а также небольшой всплеск экспрессии *CAD1* на 2 день после инокуляции. При этом уровни экспрессии *PAL*, *C4H* и *THT* были ниже контроля, а ОКФ, в том числе, ОКГ, в 1–2 сутки превышали контроль и снижались к 3-им суткам. Можно предполагать, что это связано с увеличением образования монолигнолов (за счет активности ферментов семейства CAD) и последующим синтезом лигнина, способствующим сопротивляемости листьев Уладара в данных условиях. Экзогенная СК не оказывала влияния на степень поражения листьев сорта Вектар, которая и без того была низкой.

В противоположность действию СК, обработка донором этилена Эт не влияла существенно на степень пораженности листьев Уладара, а также не влияла или даже снижала уровень экспрессии большинства исследованных генов, хотя и сопровождалась повышением ОКФ во 2, 3 сутки после поражения. Отсутствие положительного эффекта от повышения ОКФ в данных условиях, возможно, связано с ростом фракций ОКФ, не участвующих в формировании защитного ответа на атаку фитофторы. Обработка Эт сорта Вектар приводила к снижению степени поражения его листьев (примерно в 5 раз), не влияла существенно на экспрессию генов первичных реакций ФПМ, но способствовала повышению уровня экспрессии генов семейства *CAD* и гена *THT*, ответственного за синтез антимикробных соединений группы АГКК, а также сопровождалась снижением ОКФ в 1–2 сутки (возможно за счет мобилизации ФС в лигнин) и его ростом в 3 сутки после заражения.

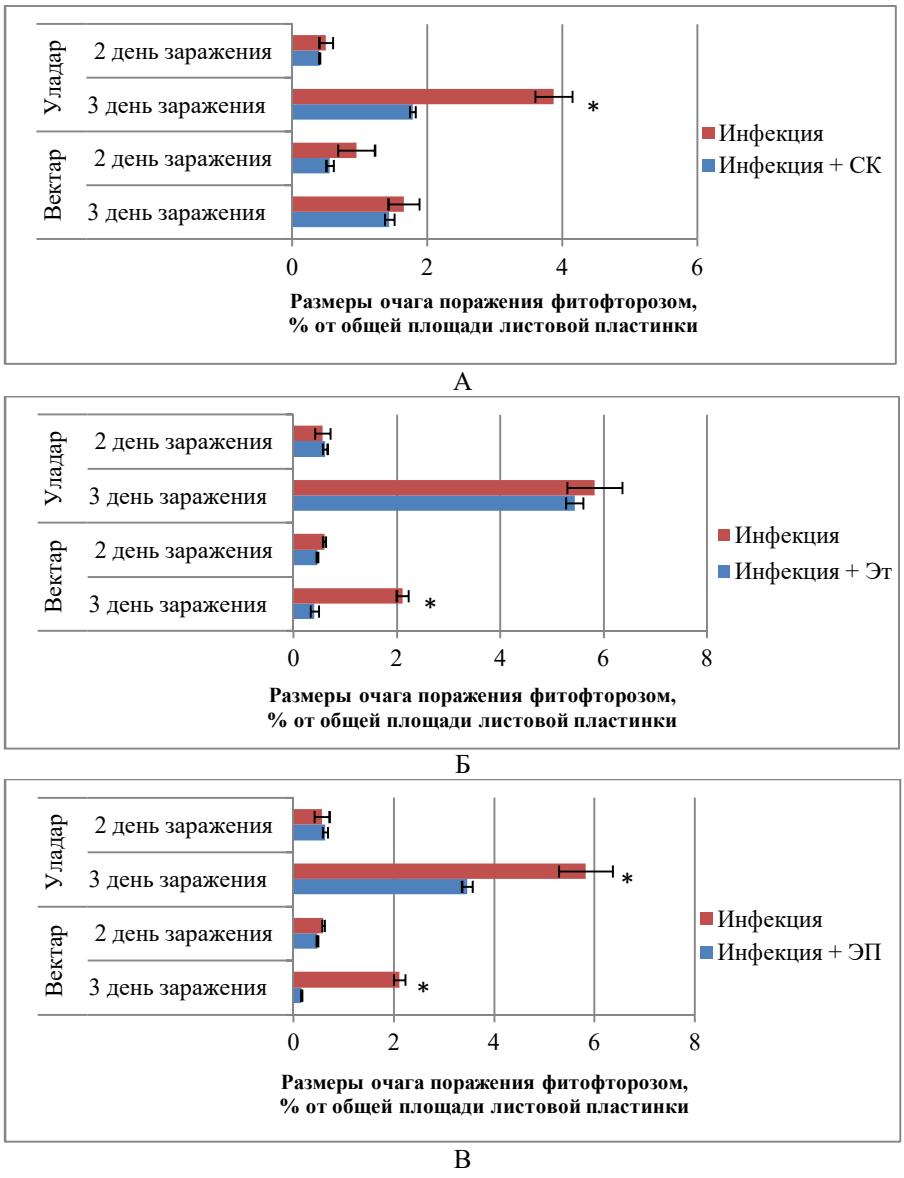



**Рис. 8.** Влияние СК (А), Эт (Б) и Эп (В) на интенсивность распространения очагов поражения зараженных фитофторой листьях картофеля
* обозначены значения для опытных листьев, достоверно различающиеся в сравнении с контрольными (инфекция)

**Fig. 8.** The influence of salicylic acid (A), ethephon (Б) and epin (B) on the size of late blight lesions on potato leaves inoculated by *Phytophthora infestans*
* indicates values for experimental leaves that differ significantly compared to the controls (infection)

Наконец, обработка листьев синтетическим БС Эп оказывала положительное влияние на сопротивляемость обоих изученных сортов, что проявлялось в снижении площади очагов поражения листьев на 3 сутки после заражения. При этом у сорта Уладар повышался уровень экспрессии *CAD9* и, кратковременно, *CAD1* и *THT*; у сорта Вектар также наблюдалось повышение экспрессии *CAD9*. Экспрессия остальных генов либо не изменялась, либо незначительно снижалась. ОКФ существенно не изменялось или несколько снижалось по сравнению с контролем. Можно предположить, что положительное действие Эп связано в большей степени не столько с влиянием на метаболизм ФС, сколько с какими-то другими компонентами защитной системы, хотя увеличение экспрессии *CAD9* (оба сорта) и *CAD1* и *THT* (Уладар) позволяет предполагать участие в формировании ответа и конечных этапов метаболизма ФС (лигнификация, синтез АГГК).

Наши данные, полученные на белорусских сортах, перекликаются с результатами работы [27], посвященной сравнению экспрессии генов устойчивого (Ando) и неустойчивого (Arielle) сортов картофеля эстонской селекции, где показано, что в устойчивом сорте при заражении фитофторой повышается экспрессия четырех изо-

форм *PAL*. Ни для одной из них не выявлено повышения в неустойчивом сорте. При этом авторы все же зафиксировали изменения экспрессии генов ферментов ФПМ, не идентифицированных ими. Также авторами зафиксированы изменения экспрессии генов, ассоциированных с сигнализацией этилена и СК и различия между устойчивым и неустойчивым ответом.

## Заключение

Обнаружено, что ответ высокоустойчивого сорта Вектар и низкоустойчивого сорта Уладар в течение первых трех суток после заражения фитофторой различается по интенсивности накопления в клетках листьев ФС и динамике экспрессии генов, кодирующих ферменты их метаболизма. Характер ответа сортов на действие патогена изменяется после обработки растений экзогенными фитогормонами СК, этиленом или синтетическим БС Эп (особенно в третьи сутки после заражения). При этом обработка листьев СК или Эп повышала устойчивость сорта Уладар. Положительный эффект на устойчивость сорта Вектар оказывала обработка листьев Эт или Эп. Полученные данные позволяют предполагать, что сорта Вектар и Уладар различаются по функциональному состоянию СК-зависимого и этилен-зависимого сигнальных путей и сходны по БС-зависимому пути сигнализации. Наибольший положительный отклик на обработки проявляли гены групп *CAD* и *THT* у обоих сортов, а также отдельные гены первичного ФПМ у сорта Вектар.

## Благодарности

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект Б25МП-005 «Молекулярно-биологические и биохимические особенности адаптивного ответа растений картофеля устойчивого и неустойчивого сортов белорусской селекции на заражение фитофторой».*

## Литература

1. Маханько, В. Л. Современное состояние селекции, семеноводства и переработки картофеля в Беларуси / В. Л. Маханько, С. А. Примаченко // Картофелеводство / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Мн., 2020. – Т. 27, №2. – С 213–221.

2. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis / S. Quideau, D. Deffieux, C. Douat-Casassus, L. Pouységu // Angew Chem Int Ed. – 2011. – Vol. 50, № 3. – P. 586–621.

3. Wallis, C. M. Phenolic Compound Induction in Plant-Microbe and Plant-Insect Interactions: A Meta-Analysis / C. M. Wallis, E. R.-A. Galarneau // Front. Plant Sci. – 2020. – Т. 11 – С. 580753.

4. Biochemical and Structural Analysis of Substrate Specificity of a Phenylalanine Ammonia-Lyase / S.-Y. Jun, S. A. Sattler, G. S. Cortez [et al.] // Plant Physiol. – 2018. – Vol. 176, № 2. – P. 1452–1468.

5. Structure and Function of the Cytochrome P450 Monooxygenase Cinnamate 4-hydroxylase from *Sorghum bicolor* / B. Zhang, K. M. Lewis, A. Abril [et al.] // Plant Physiol. – 2020. – Vol. 183, № 3. – P. 957–973.

6. Biosynthesis, physiology, and functions of hydroxycinnamic acid amides in plants / D. M. Macoy, W.-Y. Kim, S. Y. Lee, M. G. Kim // Plant Biotechnol Rep. – 2015. – Vol. 9, № 5. – P. 269–278.

7. Identification and Characterization of Cinnamyl Alcohol Dehydrogenase Encoding Genes Involved in Lignin Biosynthesis and Resistance to *Verticillium dahliae* in Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) / H. Li, S. Zhang, Y. Zhao [et al.] // Front. Plant Sci. – 2022. – Т. 13 – С. 840397.

8. *PAL1* gene of the phenylpropanoid pathway increases resistance to the Cassava brown streak virus in cassava / S. Kavil, G. Otti, S. Bouvaine [et al.] // Virol J. – 2021. – Vol. 18, № 1. – P. 184.

9. The soybean cinnamate 4-hydroxylase gene *GmC4H1* contributes positively to plant defense via increasing lignin content / Q. Yan, J. Si, X. Cui [et al.] // Plant Growth Regul. – 2019. – Vol. 88, № 2. – P. 139–149.

10. Gene expression and phytohormone levels in the asymptomatic and symptomatic phases of infection in potato tubers inoculated with *Dickeya solani* / I. Hadizadeh, B. Peivastegan, J. Wang [et al.] // PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17, № 8. – P. e0273481.

11. Facchini, P. J. Hydroxycinnamic acid amide metabolism: physiology and biochemistry / P. J. Facchini, J. Hagel, K. G. Zulak // Can. J. Bot. – 2002. – Vol. 80, № 6. – P. 577–589.

12. Quantitative resistance in potato leaves to late blight associated with induced hydroxycinnamic acid amides / K. N. Yogendra, D. Pushpa, K. A. Mosa [et al.] // Funct Integr Genomics. – 2014. – Vol. 14, № 2. – P. 285–298.

13. Cinnamyl alcohol dehydrogenases-C and D, key enzymes in lignin biosynthesis, play an essential role in disease resistance in *Arabidopsis* / M. Tronchet, C. Balagué, T. Kroj [et al.] // Molecular Plant Pathology. – 2010. – Vol. 11, № 1. – P. 83–92.

14. Балюк, Н. В. Защитные реакции инфицированных вирусом Y растений картофеля при обработке 24-эпибрассинолидом с салициловой кислотой и метилжасмонатом / Н. В. Балюк, Ж. Н. Калацкая, Н. А. Ламан // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2023. – Т.68, №2. – С. 95–103.

15. Экспрессия генов ферментов метаболизма коричной кислоты и ее производных в листьях картофеля в условиях заражения фитофторозом / А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, И. И. Бусько И. Д. Волотовский // Картофелеводство и овощеводство / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Мн., 2023. – Т. 1. – С. 228–237.

16. О механизмах формирования устойчивости картофеля к фитофторозу на различных этапах фенилпропаноидного метаболизма / А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, С. В. Суховеева, И. Д. Волотовский // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2024. – Вып. 54. – С. 316–325.

17. Spoel, S. H. Salicylic acid in plant immunity and beyond / S. H. Spoel, X. Dong // The Plant Cell. – 2024. – Vol. 36, № 5. – P. 1451–1464.

18. Signaling Crosstalk between Salicylic Acid and Ethylene/Jasmonate in Plant Defense: Do We Understand What They Are Whispering? / N. Li, X. Han, D. Feng [et al.] // IJMS. – 2019. – Vol. 20, № 3. – P. 671.

19. Roles of ethylene and jasmonic acid in systemic induced defense in tomato (*Solanum lycopersicum*) against Helicoverpa zea / D. Tian, M. Peiffer, C. M. De Moraes, G. W. Felton // Planta. – 2014. – Vol. 239, № 3. – P. 577–589.

20. Natalini, A. Ethylene and biotic stress in crops / A. Natalini, D. Palma // The Plant Hormone Ethylene. – Elsevier, 2023. – P. 221–232.

21. Brassinosteroids (BRs) Role in Plant Development and Coping with Different Stresses / H. Manghwar, A. Hussain, Q. Ali, F. Liu // IJMS. – 2022. – Vol. 23, № 3. – P. 1012.

22. Brassinosteroid functions in a broad range of disease resistance in tobacco and rice / H. Nakashita, M. Yasuda, T. Nitta [et al.] // The Plant Journal. – 2003. – Vol. 33, № 5. – P. 887–898.

23. Brassinosteroid Accelerates Wound Healing of Potato Tubers by Activation of Reactive Oxygen Metabolism and Phenylpropanoid Metabolism / Y. Han, R. Yang, X. Zhang [et al.] // Foods. – 2022. – Vol. 11, № 7. – P. 906.

24. Базальный уровень экспрессии генов ферментов метаболизма коричной кислоты в листьях растений картофеля in vitro сортов белорусской селекции / Е. М. Кабачевская, Т. А. Гапеева, А. А. Смирнов [и др.] // Картофелеводство / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Мн., 2020. – Т. 28, №1. – С. 51–56.

25. Смирнов, А. А. Оптимизация методов экстракции и количественного анализа общего содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот в листьях картофеля / А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, И. И. Бусько И. Д. Волотовский // Картофелеводство / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Мн., 2022. – Т. 30, №1. – с 90–98.

26. Quantitative proteomics and transcriptomics of potato in response to *Phytophthora infestans* in compatible and incompatible interactions / A. Ali, E. Alexandersson, M. Sandin [et al.] // BMC Genomics. – 2014. – Vol. 15, № 1. – P. 497.

27. Comparative transcriptome profiling of potato cultivars infected by late blight pathogen *Phytophthora infestans*: Diversity of quantitative and qualitative responses / C. A. Agho, E. Kaurilind, T. Tähtjärv [et al.] // Genomics. – 2023. – Vol. 115, № 5. – P. 110678.

*Поступила в редакцию 29.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Смирнов Андрей Александрович*** – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии клеток Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»

***Кабачевская Елена Михайловна*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биофизики и биохимии растительной клетки Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»

***Суховеева Светлана Владимировна*** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной биологии и биотехнологии клеток Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»

Смирнов, А. А. Фитогормональный контроль метаболизма полифенолов в листьях картофеля (*Solanum tuberosum* L.) при искуственном заражении фитофторой / А. А. Смирнов, Е. М. Кабачевская, С. В. Суховеева // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 283–294.

УДК 581.2; 631.8

В. П. ШУКАНОВ, Е. В. МЕЛЬНИКОВА,
Л. А. КОРЫТЬКО, С. Н. ПОЛЯНСКАЯ, Ж. Н. КАЛАЦКАЯ

# ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «МАКРОФИТУМ ВС» НА БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

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

**Аннотация.** Изучено влияние защитно-стимулирующих составов (ЗСС), включающих регулятор роста растений «Макрофитум ВС», разработанный в лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси, и фунгицид «Титул Дуо ККР» в разных концентрациях на болезнеустойчивость, изменение физиолого-биохимических показателей и урожайность ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) в лабораторных и полевых условиях. Установлено, что под действием исследуемых препаратов и ЗСС на их основе происходят изменения на физиолого-биохимическом уровне, что выражается в количественных изменениях содержания пигментов фотосинтеза (хлорофиллы, каротиноиды) в тканях злаковых культур, сопровождающихся повышением стабильности и целостности мембран клеток растений. Исследуемые ЗСС оказывали положительное влияние на продуктивность и структуру урожая яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес. Повышение урожайности происходило за счет увеличения продуктивной кустистости, озерненности колоса и выполненности семян, что приводило к увеличению массы зерна в колосе. По результатам комплексного исследования выявлены наиболее эффективные композиционные составы защитно-стимулирующего действия, включающие регулятор роста «Макрофитум ВС» (0,4 л/га) и уменьшенные в 2 и 4 раза дозы фунгицида «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га и 0,075 л/га), повышающие устойчивость растений к грибным болезням и продуктивность ячменя ярового, пшеницы яровой.

**Ключевые слова:** регуляторы роста растений, фунгициды, ячмень обыкновенный *Hordeum vulgare*, пшеница мягкая *Triticum aestivum*, болезнеустойчивость, продуктивность.

V. P. SHUKANOV, E. V. MELNIKOVA,
L. A. KARYTSKO, S. N. POLIJANSKAJA, J. N. KALATSKAJA

# INFLUENCE OF PROTECTIVE-STIMULATING COMPOUNDS BASED ON THE PLANT GROWTH REGULATOR «MACROPHYTUM VS» ON DISEASE RESISTANCE AND PRODUCTIVITY OF CEREAL CROPS

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

**Annotation.** The influence of protective and stimulating compositions (PSC) on disease resistance, changes in physiological and biochemical parameters and the yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) was studied in laboratory and field conditions. Compositions based on the plant growth regulator «Macrophytum VS», developed in the laboratory of plant growth and development of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, and the fungicide «Titul Duo KKR» in different concentrations were researched. It was established that the researchable preparations contribute to a quantitative change in the content of photosynthetic pigments (chlorophylls, carotenoids) in the tissues of cereal crops, and also increase the stability and integrity of plant cell membranes. The studied protective and stimulating compositions had a positive impact on the productivity and the harvest structure of spring wheat variety Vestochka 17 and spring barley variety Biznes. The increase in yield was the result of an increase in productive bushiness, grain content of the ear and seed fulfillment, which leads to an increase in the mass of grain in the ear. According to the results of a comprehensive analysis, it was revealed that protective-stimulating compounds based on the growth regulator «Macrofitum VS» (0,4 l/ha) and 2- and 4-times reduced doses of the fungicide «Titul Duo KKR» (0,15 l/ha and 0,075 l/ha) most effectively increase resistance to fungal diseases and productivity of spring barley and spring wheat.

**Keywords:** Plant growth regulators, fungicides, common barley *Hordeum vulgare*, soft wheat *Triticum aestivum*, disease resistance, productivity.

## Введение

Разработка мероприятий по повышению качества сельскохозяйственной продукции при соблюдении принципов полной экологической безопасности является одним из приоритетных направлений научных исследований в Республике Беларусь. При этом одной из важнейших задач в интенсификации агротехники выращивания сельскохозяйственных культур является повышение устойчивости растений к стрессовым факторам и, в частности, к фитопатогенным грибам, поражение которыми приводит как к прямым потерям урожая, так и снижению качественных характеристик получаемой продукции [1]. Ключевую роль в защите растений от патогенов в настоящее время выполняют фунгициды, но применение этих препаратов оказывает токсический эффект на растительный организм и окружающую среду [2]. Еще одним из способов повышения устойчивости злаковых культур является применение регуляторов роста растений, созданных на основе штаммов бактерий-антагонистов возбудителей болезней, которые обладают полифункциональным действием, широким спектром биологической активности, оптимальными эколого-токсикологическими характеристикам. Помимо интенсификации роста и развития, они стимулируют иммунную систему растений, но при всех своих положительных характеристиках они не могут обеспечить полную защиту от болезней [3, 4].

В связи с этим назрела необходимость поиска новых композиционных составов, включающих природные физиологически активные вещества (регуляторы роста растений) и уменьшенные дозы фунгицидов, выяснения их влияния на ростовые процессы, оценки их защитно-стимулирующего действия.

Новые средства защиты растений должны быть экологически безопасными препаратами, основная функция которых будет осуществляться за счет индукции защитных реакций и регуляции обмена веществ растений. Композиция фунгицид – регулятор роста может сочетать в себе антипатогенную, рост- и иммуностимулирующую активности. Применение таких композиционных составов позволит стабилизировать продуктивность выращиваемых культур, будет способствовать повышению собственного потенциала иммунитета растений при уменьшении пестицидной нагрузки на окружающую среду [5, 6].

Следует отметить, что определение биологической эффективности препаратов зачастую базируется на биометрических характеристиках и визуальном анализе фитосанитарного состояния растений. Такой подход не может всесторонне отразить эффективность применения тех, или иных препаратов, так как зачастую инфицированные растения не проявляют внешних признаков поражения болезнями, тогда как физиолого-биохимические изменения в тканях растения при наличии инфекции обнаруживаются всегда [7]. В связи с этим, необходимо исследовать действие обработок и на биохимическом уровне. Изучение физиолого-биохимических процессов позволит судить не только о направленности обмена веществ, но и глубине защитного эффекта от внедрения патогенов, что может стать главным в выборе оптимальной схемы в защите злаковых культур от грибных болезней.

Внедрение патогенов в ткани растения может индуцировать множество ответных реакций, направляющих внутриклеточный метаболизм на формирование определенного типа болезнеустойчивости [8]. Среди факторов, от которых зависит общая устойчивость растений, ведущая роль принадлежит фотосинтезу, связанному с реакциями энергетического и пластического обменов и составляющему основу метаболизма растения. Фотосинтез является наиболее чувствительным процессом к действию стрессоров различной природы, в том числе и биотических [9]. По мнению ряда авторов, содержание пигментов является показателем потенциальной фотосинтетической способности растений и служит индикатором общего состояния растительного организма [10–12]. Пигментный состав является существенным информационным параметром состояния растения в условиях поражения грибными патогенами, поскольку заболевания растений в большинстве случаев сопровождаются изменениями пигментного состава (хлорофиллов и каротиноидов). Многие заболевания растений, вызываемые фитопатогенными грибами, приводят к угнетению фотосинтеза [13]. Поэтому этот показатель принято использовать для диагностики устойчивости либо восприимчивости растений к болезням и другим абиотическим факторам. Каротиноиды в литературе рассматриваются как один из факторов, обеспечивающих устойчивость растений к различным видам стрессоров в связи с тем, что, являясь антиоксидантами, уменьшают последствия окислительного стресса и защищают клетки растений от повреждений [14].

Структурные и функциональные изменения в растениях, развиваются, прежде всего, на уровне плазматических мембран. Они первые воспринимают сигналы и проявляют ответные реакции на метаболиты, поступающие в растительную клетку и вызывающие в ней состояние стресса,

являющегося причиной перекисного окисления липидов (ПОЛ), при котором возникает целый каскад последовательных свободно-радикальных реакций с образованием различных химических соединений (спиртов, альдегидов, кетонов), обладающих высокой биологической активностью и токсичностью [15]. В результате ПОЛ нарушается структура клеточных мембран, снижается их пластичность, изменятся проницаемость. Эти изменения обусловлены степенью ненасыщенности в составе липидов жирных кислот. Лабильность мембранных липидов зависит от уровня их перекисного окисления, снижение которого происходит вследствие нарушения в расположении, ориентации и конформации мембраносвязанных белков. Таким образом, уровень ПОЛ является отражением фазово-структурных перестроек, происходящих в мембранах растений под воздействием стрессовых факторов [16].

В связи со всем вышесказанным изучение влияния новых ЗСС на продуктивность и болезнеустойчивость и выявление наиболее эффективных комбинаций с уменьшенными дозами фунгицида с целью включения их в технологию выращивания злаковых культур представляется весьма актуальным.

## МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использованы семена и вегетирующие растения ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) сорта Бизнес и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) сорта Весточка 17. Посевной материал и вегетирующие растения ячменя и пшеницы обрабатывали растворами регулятора роста «Макрофитум ВС» и фунгицида «Титул Дуо ККР» в разных концентрациях и сочетаниях.

***Регулятор роста растений «Макрофитум ВС»*** разработан в лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси.

Действующие вещества:

Ауксины: 0,04%–0,1%,

Цитокинины: 0,01%–0,02%,

Биопрепарат БАКТОСТИМ: не менее $10^7$ КОЕ и спор *Bacillus amyloliquefaciens*,

Препаративная форма: водная суспензия,

Класс опасности: IV (мало опасные вещества).

***Фунгицид «Титул Дуо ККР»*** разработан АО «Щелково Агрохим», Россия.

Действующие вещества:

Пропиконазол, 200 г/л,

Тебуконазол, 200 г/л,

Препаративная форма: концентрат коллоидного раствора,

Класс опасности: III (умеренно опасные вещества).

Исследования влияния экзогенной обработки препаратами и ЗСС посадочного материала яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес проводили в открытом грунте в условиях полевого мелкоделяночного опыта (размер делянок 1 $м^2$) на экспериментальной базе Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по земледелию (г. Жодино). 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. Повторность опыта – 4-кратная. Обработку вегетирующих растений яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес проводили один раз за сезон в фазе кущения. Контролем служили необработанные растения яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес. При создании ЗСС регулятор роста растений «Макрофитум ВС» и фунгицид «Титул Дуо ККР» смешивали перед обработкой в дозах, указанных в табл. 1.

Учет развития, распространенность и интенсивность болезней проводили по их внешним признакам в разные фазы развития, начиная с фазы трубкования до фазы восковой спелости с интервалом 7 дней. Для листовых пятнистостей использовали методику учета пораженности по учетной шкале ВИЗР [17], с помощью которой определяется процент пораженной площади листа. Оценку степени поражения осуществляли по состоянию флагового и второго листа сверху (подфлагового) у каждого учетного стебля [18].

Развитие болезни (Р) определяли по формуле, %

$$P = \frac{\sum(ab)*100}{Nk}, \quad (1)$$

где, $a$ – число больных растений,
$b$ – соответствующий балл их поражения;
$N$ – общее количество учтенных растений;
$k$ – высший балл шкалы учета.

Видовой состав возбудителей определяли микробиологическим способом. Части пораженных листьев помещали на агаризованную среду КГА (картофельно-глюкозный агар) в чашки Петри. Возбудителей болезней идентифицировали под микроскопом по наличию пикнид или налета, форме и размеру колоний и конидий [19].

Влияние препаратов «Макрофитум ВС» и «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на болезнеустойчивость растений ячменя ярового и пшеницы яровой определялось также на биохимическом уровне. В частности, определялось, содер-

**Таблица 1.** Дозы внесения препаратов и ЗСС при проведении полевых опытов

**Table 1.** Doses of application of drugs and PSC during fild experiments

| | Вариант | Доза внесения |
|---|---|---|
| 1 | Контроль $H_2O$ | – |
| 2 | Макрофитум (полная доза) | 4 л/га |
| 3 | Макрофитум (½ дозы) | 2 л/га |
| 4 | Титул Дуо (полная доза) | 0,3 л/га |
| 5 | Титул Дуо (½ дозы) | 0,15 л/га |
| 6 | Титул Дуо (¼ дозы) | 0,075 л/га |
| 7 | Титул Дуо (½ дозы) + Макрофитум (полная доза) | 0,15 л/га + 4 л/га |
| 8 | Титул Дуо (½ дозы) + Макрофитум (½ дозы) | 0,15 л/га + 2 л/га |
| 9 | Титул Дуо (¼ дозы) + Макрофитум (полная доза) | 0,075 л/га + 4 л/га |
| 10 | Титул Дуо (¼ дозы) + Макрофитум (½ дозы) | 0,075 л/га + 2 л/га |

жание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), продуктов ПОЛ и выход водорастворимых веществ из тканей исследуемых растений.

Для исследования содержания фотосинтетических пигментов использован спектрофотометрический метод [20, 21]. Образцы измельченных листьев с постоянной навеской 0,1 г отбирали в трехкратной повторности. Далее в лабораторных условиях получали вытяжку пигментов в щелочном ацетоне. Экстракты пигментов фильтровались вакуумным способом, затем определяли оптическую плотность вытяжек на спектрофотометре Proscan MC 122 при длинах волн: 662 нм, 644 нм, 440 нм.

Для расчета концентрации хлорофиллов использовали формулы:

$$Хл._{a\ (мг/л)} = 9{,}784*D_{662} – 0{,}990*D_{644}; \quad (2)$$

$$Хл._{b\ (мг/л)} = 21{,}426*D_{644} – 4{,}650*D_{662}; \quad (3)$$

$$Хл._{a+b\ (мг/л)} = 5{,}134*D_{662} + 20{,}436*D_{644}; \quad (4)$$

Для определения содержания каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу:

$$C_{кар(мг/л)} = 4{,}695*D_{440} – 0{,}268*Хл\ a+b\ (мг/л) \quad (5)$$

Содержание пигмента в исследуемом материале с учетом вытяжки и веса пробы вычисляли по формуле:

$$A = C*V/P*1000, \quad (6)$$

где C – концентрация пигментов в мг/л;
V – объем вытяжки пигментов в мл;
P – навеска растительного материала в г;
A – содержание пигмента в растительном материале в мг/г свежего веса.

Изменение проницаемости мембран определяли по выходу водорастворимых веществ из тканей растений [22, 23]. Суть метода состоит в том, что изменение интенсивности экзоцитоза данных веществ отражает нарушение коллоидно-осмотических свойств цитоплазмы, которое в первую очередь сказывается на увеличении проницаемости цитоплазматических мембран. Контрольные и опытные образцы помещались в дистиллированную воду (соотношение воды и навески 50:1) и инкубировались в ней в течение 3 часов. После чего отрезки листьев удаляли и проводили измерения с помощью кондуктометра, при этом учитывались показания чистой воды.

Интенсивность ПОЛ мембран оценивали по способности 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК) связываться с перекисями липидного слоя [24]. Образующиеся окрашенные ТБК-продукты являлись тестом активности данного процесса. Пробу (0,5 г) свежей массы растений растирали до гомогената в 0,25% ТБК, растворенной в 10% трихлоруксусной кислоте (ТХУ). Гомогенат нагревали в течение 30 мин. при $95^0$C, после чего центрифугировали 30 мин. при 8000g. Затем определяли оптическую плотность супернатанта на спектрофотометре Proscan MC 122 при длине волны 532 нм. Количество ТБК-продуктов рассчитывали, используя молярный коэффициент экстинкции – $1{,}55*10^5$ $М^{-1}см^{-1}$ [25].

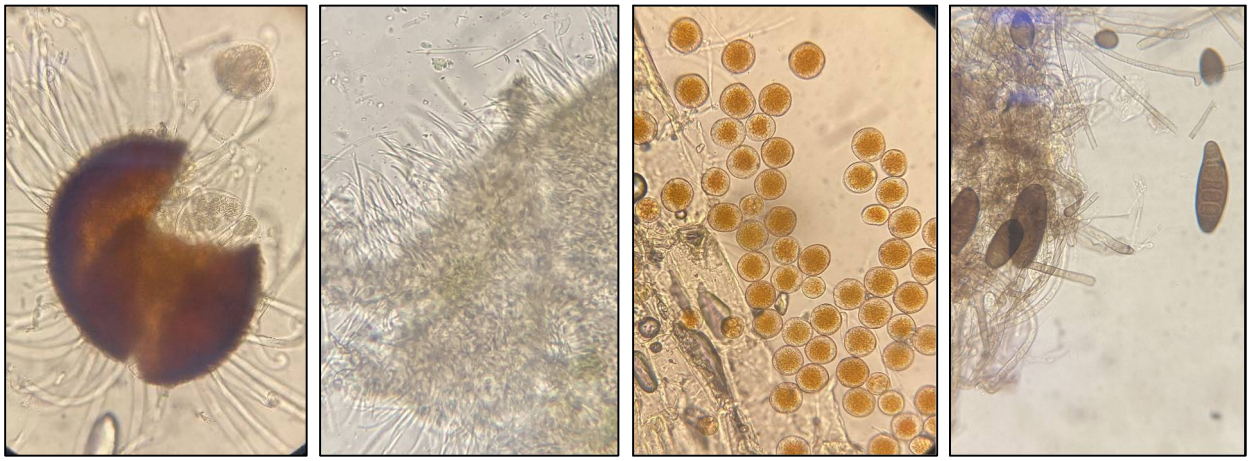
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для эффективной и своевременной организации мероприятий по защите растений необходимы сведения о распространении и степени развития грибных болезней на конкретной площади. Для оценки влияния биопрепарата «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе в течение вегетационного периода проводили регулярные мониторинги болезней в посевах зерновых культур (ярового ячменя сорта Бизнес и яровой пшеницы сорта Весточка 17) в основные фенологические фазы их развития.

В ходе обследований на листьях яровой пшеницы в фазу колошения болезни не выявлены. Однако уже в фазу цветения распространение бо-

лезней в посевах пшеницы (по состоянию третьего листа) составляло 30–60%. Обработки снижали степень распространения болезней в 1,3–1,6 раза, наиболее существенное влияние оказывал биопрепарат «Макрофитум ВС» в половинной дозировке (2 л/га), как при отдельном применении, снижая распространение болезней на 20%, а их развитие на 7,5% по сравнению с контролем, так и в сочетании с уменьшенными в 2 и 4 раза дозами фунгицида «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га и 0,075 л/га соответственно), которые снижали развитие болезней на 5% и 2% соответственно, что свидетельствовало о том, что на начальных фазах при незначительном поражении растений достаточно применять половинную дозу регулятора роста растений «Макрофитум ВС», обладающего фунгицидным эффектом за счет наличия в нем бактерий-антагонистов возбудителей грибных болезней *Bacillus amyloliquefaciens*. Кроме того, ЗСС способствовали уменьшению развития болезней в посевах. Развитие болезней снижалось в 1,2–1,7 раз по сравнению с необработанным контролем, возможно благодаря синергическому эффекту совместного действия фунгицида и регулятора роста. Флаговый и подфлаговый листья были практически чистыми. В фазу цветения основными болезнями, встречающимися в посевах пшеницы, были мучнистая роса (возбудитель – *Erysiphe graminis* DC) и ржавчина – (возбудитель – *Puccinia sp.*) (рис. 1). В фазу молочной спелости растения яровой пшеницы по состоянию второго листа достаточно сильно поражены грибными патогенами (табл. 2). Однако степень развития болезней в обработанных вариантах ниже, чем у контрольных растений в среднем на 10–35%. Флаговый лист также был поражен, но в значительно меньшей степени, в основном грибные болезни проявлялись в виде отдельных единичных пятен в максимальном процентном выражении – до 5%. Кроме ранее выявленных мучнистой росы и ржавчины на листьях пшеницы обнаружен септориоз (возбудитель – *Septoria graminum* Desm.). Необходимо отметить, что экзогенная обработка регулятором роста «Макрофитум ВС» была не менее эффективной, чем применение фунгицида «Титул Дуо ККР» и снижала степень развития болезней на 35% даже в половинной дозировке (2 л/га), что может свидетельствовать не только о регуляторных, но фунгицидных свойствах препарата «Макрофитум ВС», которые обусловлены наличием штаммов бактерий-антагонистов возбудителей грибных болезней *Bacillus amyloliquefaciens*.

Яровой ячмень сорта Бизнес уже в фазу колошения по состоянию третьего листа массово поражен мучнистой росой и ржавчиной (см. табл. 2). Также в посевах ячменя единично идентифицировали темно-бурую пятнистость (возбудитель – *Bipolaris sp.*) (см. рис. 1). Степень развития болезней в контроле составляла 47,5%. Обработка исследуемыми препаратами снижала развитие болезней в 1,2–1,6 раза. Флаговый лист практически не заражен, почти все подфлаговые листья имели признаки инфицирования, но болезни проявлялись единичными пятнами маленького размера общей площадью до 5% листовой пластинки. В фазу зеленой спелости наблюдалось дальнейшее развитие болезней на листьях ячменя, однако уровень развития грибных болезней в обработанных



*Erysiphe graminis* DC – возбудитель мучнистой росы | *Septori graminum* Desm. – возбудитель септориоза | *Puccinia* sp. – возбудитель ржавчины | *Bipolaris* sp. – возбудитель темно-бурой пятнистости

**Рис. 1.** Грибная микрофлора, идентифицированная в посевах зерновых культур (ячменя ярового, пшеницы яровой)

**Fig. 1.** Fungal microflora identified in cereal crops (spring barley, spring wheat)

**Таблица 2.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на распространение и развитие болезней в посевах яровой пшеницы сорта Весточка 17

**Table 2.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the spread and development of diseases in crops of spring wheat variety Vestochka 17

| Вариант опыта | Пораженность растений в баллах, шт. (из 10 растений) | | | | | Распространение, % | Развитие болезней, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Фаза цветения | | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 5 | 3 | 2 | 0 | 0 | 50,0 | 17,5 |
| Макрофитум (4 л/га) | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 40,0 | 10,0 |
| Макрофитум (2 л/га) | 7 | 2 | 1 | 0 | 0 | 30,0 | 10,0 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 40,0 | 10,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 | 50,0 | 15,0 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 60,0 | 15,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 60,0 | 15,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 50,0 | 12,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | 60,0 | 17,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 | 50,0 | 15,0 |
| Фаза молочной спелости | | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 0 | 1 | 0 | 6 | 3 | 100,0 | 77,5 |
| Макрофитум (4 л/га) | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 100,0 | 57,5 |
| Макрофитум (2 л/га) | 0 | 6 | 2 | 1 | 1 | 100,0 | 42,5 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 0 | 4 | 3 | 1 | 2 | 100,0 | 52,5 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 0 | 6 | 2 | 1 | 1 | 100,0 | 42,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 0 | 2 | 4 | 1 | 3 | 100,0 | 62,5 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 100,0 | 50,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 2 | 4 | 3 | 1 | 100,0 | 57,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 2 | 5 | 1 | 2 | 100,0 | 57,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 2 | 0 | 3 | 5 | 100,0 | 77,5 |

вариантах был ниже относительно контрольного уровня (табл. 3). Наиболее эффективно развитие грибных болезней (на 20% и 17,5% в фазу колошения и на 17,5% и 15,3% в фазу зеленой спелости) сдерживала обработка ЗСС на основе регулятора роста «Макрофитум ВС» в полной дозе (4 л/га) с добавлением уменьшенных в 2 и 4 раза доз фунгицида «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га и 0,075 л/га соответственно). Уменьшение пестицидной нагрузки было возможно за счет как регуляторных свойств, так и фунгитоксичных свойств препарата «Макрофитум ВС».

Учет развития листовых болезней на злаковых культурах важен для оценки регуляторного и защитного действия испытуемых препаратов и их смесей, но он не дает полного представления об их эффективности. Сложные механизмы повышения болезнеустойчивости и обеспечения стабильной продуктивности растений включают адаптивные реакции, в которых задействован фотосинтетический аппарат. Это согласуется с мнением ряда авторов о том, что продуктивность посевов находится в прямой зависимости от увеличения количества фотосинтетических пигментов [26–29]. В связи с этим нами проведено исследование действия составов защитно-стимулирующего действия на содержание фотосинтетических пигментов в растениях яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес, выращенных в полевых условиях, с учетом их количественных изменений на онтогенетических стадиях: фазы колошения, цветения, зеленой и молочной спелости.

Обнаружено, что «Макрофитум ВС» в полной рекомендованной дозировке (4 л/га) у пшеницы вызывал пролонгированное повышение содержания фотосинтетических пигментов: хлорофиллов – на 6–13%, каротиноидов – на 6–8% (табл. 4). Половинная доза препарата «Макрофитум ВС» (2 л/га) не обладала таким действием. Фунгицид «Титул Дуо ККР» практически на всем протяжении исследований способствовал понижению уровня фотосинтетических пигментов в листьях пшеницы. Их количество снижалось в среднем на 20–30%. При использовании для обработки посевов пшеницы сочетания рострегулирующего препарата и фунгицида во всех исследуемых комбинациях наблюдалось увеличение количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов, что может быть обусловлено боль-

**Таблица 3.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на распространение и развитие болезней в посевах ярового ячменя сорта Бизнес

**Table 3.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the spread and development of diseases in crops of spring barley variety Biznes

| Вариант опыта | Пораженность растений в баллах, шт. (из 10 растений) | | | | | Распространение, % | Развитие болезней % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Фаза колошения | | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 0 | 2 | 7 | 1 | 0 | 100,0 | 47,5 |
| Макрофитум (4 л/га) | 0 | 6 | 4 | 0 | 0 | 100,0 | 35,0 |
| Макрофитум (2 л/га) | 0 | 7 | 2 | 1 | 0 | 100,0 | 35,0 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 100,0 | 30,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 100,0 | 30,0 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 0 | 5 | 4 | 1 | 0 | 100,0 | 40,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 7 | 1 | 2 | 0 | 100,0 | 37,5 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 5 | 3 | 1 | 1 | 100,0 | 45,0 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 100,0 | 30,0 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 2 | 2 | | 0 | 100,0 | 47,0 |
| Фаза зеленой спелости | | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 0 | 1 | 2 | 4 | 3 | 100,0 | 72,5 |
| Макрофитум (4 л/га) | 0 | 1 | 3 | 5 | 1 | 100,0 | 65,0 |
| Макрофитум (2 л/га) | 0 | 1 | 3 | 4 | 2 | 100,0 | 67,5 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 0 | 1 | 2 | 4 | 3 | 100,0 | 67,5 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 0 | 1 | 2 | 4 | 3 | 100,0 | 67,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 100,0 | 70,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 2 | 2 | 6 | 0 | 100,0 | 55,0 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 100,0 | 67,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) | 0 | 2 | 5 | 1 | 2 | 100,0 | 57,5 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 100,0 | 60,0 |

шей ассимиляционной поверхностью менее инфицированных листьев обработанных растений. Уровень пигментов в фазу молочной спелости был выше на 10–30% по сравнению с необработанным контролем. Следует отметить, что регулятор роста «Макрофитум ВС» и его смеси с уменьшенными дозами фунгицида «Титул Дуо ККР» способствовали постепенному накоплению пигментов на протяжении всех фаз развития пшеницы, возможно в связи с влиянием на метаболизм растения фитогормонов и биологически активных веществ, вырабатываемых бактериями-продуцентами *Bacillus amyloliquefaciens*, входящими в состав препарата «Макрофитум ВС» и одновременном подавлении развития патогенных грибов фунгицидом «Титул Дуо ККР».

В тканях ярового ячменя сорта Бизнес в фазу колошения под влиянием обработок выявлено увеличение содержание хлорофиллов на 5–36% и каротиноидов на 6–34%. Только в варианте, обработанном фунгицидом «Титул Дуо ККР» в рекомендованной дозе (0,3 л/га) отмечено незначительное снижение фотосинтетических пигментов на 5%. В фазу зеленой спелости уровень пигментов уменьшался в 1,5–2,5 раза во всех вариантах. При этом под влиянием комбинированных составов «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га) + «Макрофитум ВС» (4 л/га); «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га) + «Макрофитум ВС» (2 л/га) суммарное содержание хлорофиллов и каротиноидов превышало контрольный уровень на 10–35%. В остальных вариантах опыта количество фотосинтетических пигментов сопоставимо с контролем, либо ниже его в среднем на 5–20% (табл. 5). Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что снижение фотосинтетической активности растений при поражении фитопатогенными грибами связано с уменьшением ассимиляционной поверхности из-за отмирания тканей листа или разрастания мицелия, снижением содержания хлорофилла, нарушением оттока продуктов фотосинтеза из-за повреждения флоэмы, что согласуется с мнением многих авторов [30, 31].

Таким образом, повышение содержания фотосинтетических пигментов под влиянием обработок свидетельствует об активации обмена веществ в растениях пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес и служит индикатором общего состояния растительного организма. А снижение количества хлорофиллов в период созревания зерна ячменя связано с более интенсивным оттоком питательных веществ к зерновкам, что в итоге положительно повлияло на их урожайность.

**Таблица 4.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и защитно-стимулирующих смесей на их основе на изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в растительных тканях яровой пшеницы сорта Весточка 17

**Table 4.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and protective-stimulating compounds based on them on the content of chlorophylls and carotenoids in plant tissues of spring wheat variety Vestochka 17

| Вариант опыта | Фаза колошение | | | Фаза цветение | | | Фаза молочная спелость | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. |
| Контроль (мг/г свежей массы) | 2,204±0,014 | 1,093±0,008 | 2,02 | 2,974±0,016 | 1,221±0,005 | 2,44 | 2,174±0,058 | 0,915±0,019 | 2,38 |
| % к контролю | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | |
| Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 1,989±0,032* | 0,993±0,016* | 2,00 | 3,146±0,047* | 1,314±0,022* | 2,39 | 2,452±0,014* | 0,972±0,002* | 2,52 |
| % к контролю | 90 | 91 | | 106 | 108 | | 113 | 106 | |
| Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 1,820±0,002* | 0,938±0,002* | 1,94 | 2,760±0,068* | 1,149±0,027* | 2,40 | 1,855±0,024* | 0,745±0,014* | 2,49 |
| % к контролю | 83 | 86 | | 93 | 94 | | 85 | 81 | |
| Титул Дуо (0,3 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,354±0,029* | 1,175±0,015* | 2,00 | 2,873±0,046 | 1,175±0,019 | 2,45 | 1,482±0,056* | 0,748±0,008* | 1,98 |
| % к контролю | 107 | 108 | | 97 | 96 | | 68 | 82 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,151±0,018 | 1,070±0,010 | 2,01 | 2,595±0,052* | 1,048±0,021* | 2,39 | 2,197±0,018 | 0,990±0,012* | 2,22 |
| % к контролю | 98 | 98 | | 87 | 86 | | 101 | 108 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,019±0,005* | 0,995±0,003* | 2,03 | 2,600±0,054* | 1,083±0,026* | 2,40 | 1,975±0,033* | 0,886±0,015 | 2,23 |
| % к контролю | 62 | 91 | | 87 | 89 | | 91 | 97 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,271±0,051 | 1,133±0,026 | 2,00 | 3,072±0,020 | 1,278±0,015* | 2,40 | 2,527±0,023* | 1,094±0,005* | 2,31 |
| % к контролю | 103 | 104 | | 103 | 105 | | 116 | 120 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,285±0,021* | 1,155±0,012* | 1,98 | 3,376±0,060* | 1,396±0,023* | 2,42 | 2,494±0,044* | 1,004±0,015* | 2,48 |
| % к контролю | 104 | 106 | | 114 | 114 | | 115 | 110 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,353±0,007* | 1,186±0,004* | 1,98 | 2,885±0,049 | 1,197±0,018 | 2,41 | 2,653±0,030* | 1,180±0,012* | 2,25 |
| % к контролю | 107 | 109 | | 97 | 98 | | 122 | 129 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,270±0,038 | 1,131±0,019 | 2,01 | 3,178±0,039* | 1,306±0,012* | 2,43 | 2,824±0,013* | 1,158±0,005* | 2,44 |
| % к контролю | 103 | 103 | | 107 | 107 | | 130 | 127 | |
| *– Различия с контролем статистически значимы при P<0,05. | | | | | | | | | |

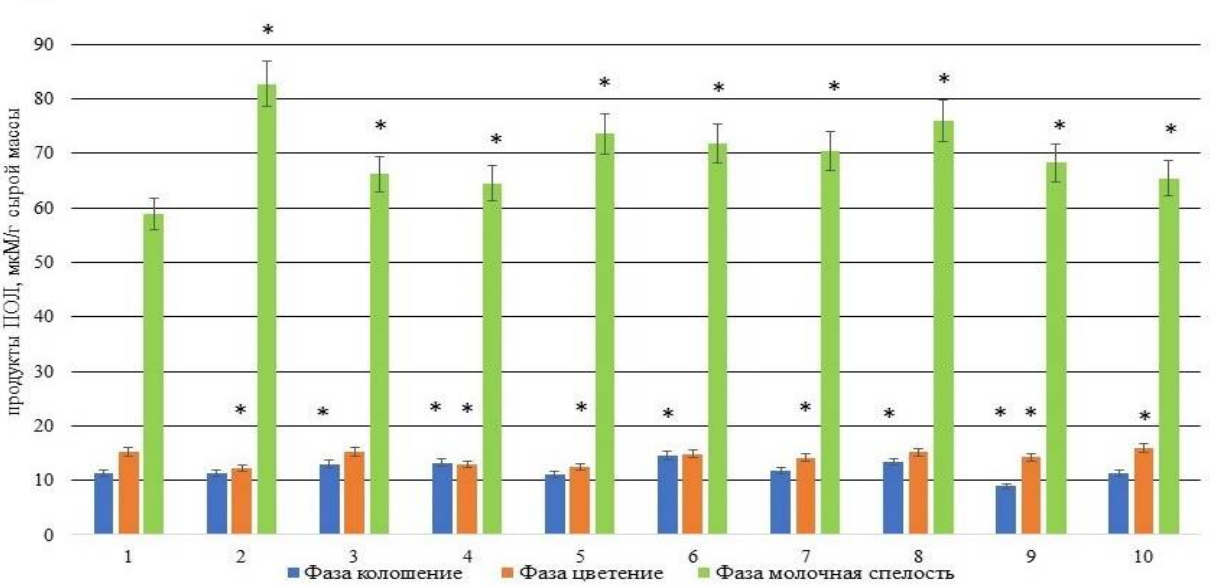
Результаты по изучению активности ПОЛ в листьях пшеницы и ячменя, выращенных в полевых условиях, показали, что в процессе онтогенеза происходят изменения в характере лабильности мембранных липидов в клетках растений. В фазе цветения у пшеницы отмечалось снижение содержания продуктов ПОЛ при обработке регулятором роста растений «Макрофитум ВС»

(4 л/га), фунгицидом «Титул Дуо ККР» (в концентрациях 0,15 л/га и 0,075 л/га) на 15–20% в сравнении с контролем (рис. 2). В остальных вариантах данный показатель близок к контрольному значению. Снижение образования продуктов ПОЛ в растениях пшеницы указывает на стабильность клеточных мембран, что предотвращает массовое поражение растений болезнями. В

**Таблица 5.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и защитно-стимулирующих смесей на их основе на изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в растительных тканях ярового ячменя сорта Бизнес

**Table 5.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and protective-stimulating compounds based on them on the content of chlorophylls and carotenoids in plant tissues of spring barley variety Biznes

| Вариант опыта | Фаза колошение | | | Фаза цветение | | | Фаза молочная спелость | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. | хлорофилл a + хлорофилл b | каротиноиды | соотношение хл. / карот. |
| Контроль (мг/г свежей массы) | 2,060±0,053 | 0,918±0,024 | 2,24 | 1,264±0,034 | 0,671±0,017 | 1,88 | 2,060±0,053 | 0,918±0,024 | 2,24 |
| % к контролю | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | |
| Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,309±0,037* | 1,039±0,025* | 2,22 | 1,182±0,031* | 0,610±0,015* | 1,94 | 2,309±0,037* | 1,039±0,025* | 2,22 |
| % к контролю | 112 | 113 | | 94 | 91 | | 112 | 113 | |
| Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,162±0,049 | 0,946±0,020 | 2,29 | 0,978±0,019* | 0,524±0,012* | 1,87 | 2,162±0,049 | 0,946±0,020 | 2,29 |
| % к контролю | 105 | 103 | | 77 | 78 | | 105 | 103 | |
| Титул Дуо (0,3 л/га) (мг/г свежей массы) | 1,963±0,037 | 0,867±0,011 | 2,26 | 1,034±0,012* | 0,526±0,007* | 1,97 | 1,963±0,037 | 0,867±0,011 | 2,26 |
| % к контролю | 95 | 94 | | 82 | 78 | | 95 | 94 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,336±0,070* | 1,028±0,027* | 2,27 | 1,298±0,008 | 0,621±0,008* | 2,09 | 2,336±0,070* | 1,028±0,027* | 2,27 |
| % к контролю | 113 | 112 | | 103 | 93 | | 113 | 112 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,172±0,057 | 0,946±0,023 | 2,30 | 1,252±0,030 | 0,678±0,012 | 1,85 | 2,172±0,057 | 0,946±0,023 | 2,30 |
| % к контролю | 105 | 103 | | 99 | 101 | | 105 | 103 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,415±0,016* | 1,022±0,007* | 2,36 | 1,411±0,026* | 0,656±0,012 | 2,15 | 2,415±0,016* | 1,022±0,007* | 2,36 |
| % к контролю | 117 | 111 | | 112 | 98 | | 117 | 111 | |
| Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,502±0,009* | 1,050±0,008* | 2,38 | 1,391±0,036* | 0,687±0,016 | 20,2 | 2,502±0,009* | 1,050±0,008* | 2,38 |
| % к контролю | 121 | 114 | | 110 | 102 | | 121 | 114 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,249±0,022* | 0,969±0,005* | 2,32 | 0,912±0,018* | 0,580±0,006* | 1,57 | 2,249±0,022* | 0,969±0,005* | 2,32 |
| % к контролю | 109 | 106 | | 72 | 86 | | 109 | 106 | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га) (мг/г свежей массы) | 2,556±0,012* | 1,092±0,005* | 2,34 | 1,202±0,011 | 0,628±0,008* | 1,91 | 2,556±0,012* | 1,092±0,005* | 2,34 |
| % к контролю | 124 | 119 | | 95 | 94 | | 124 | 119 | |
| *– Различия с контролем статистически значимы при P<0,05. | | | | | | | | | |




Варианты опыта:
1 – Контроль ($H_2O$), 2 – Макрофитум (4 л/га), 3 – Макрофитум (2 л/га), 4 – Титул Дуо (0,3 л/га), 5 – Титул Дуо (0,15 л/га), 6 – Титул Дуо (0,075 л/га), 7 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 8 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га), 9 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 10 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га)
*– Различия с контролем статистически значимы при $P<0,05$

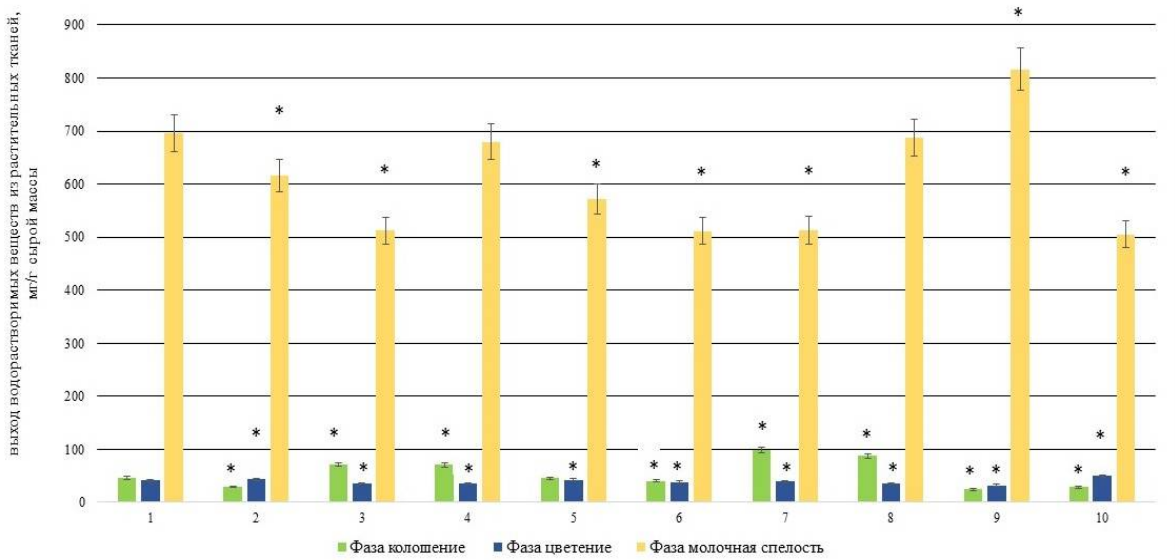
**Рис. 2.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на изменение содержания продуктов перекисного окисления липидов мембран в тканях яровой пшеницы сорта Весточка 17

**Fig. 2.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the content of lipid peroxidation products of membranes in the tissues of spring wheat variety Vestochka 17

фазу молочной спелости под воздействием всех препаратов и их композиций отмечено увеличение степени окисления липидов. О состоянии мембран растений пшеницы после обработки исследуемыми ЗСС можно судить не только по изменениям активности ПОЛ, но и по характеру выделения из растительных клеток водорастворимых веществ, которое характеризует собой два процесса: образование ассимилятов и проницаемость клеточной стенки. На протяжении всего периода исследований отмечено, что в каждую последующую стадию происходит увеличение выхода водорастворимых веществ из листьев яровой пшеницы сорта Весточка 17 в сравнении с предыдущей фазой (рис. 3). Но вплоть до фазы молочной спелости проницаемость клеточных мембран у растений яровой пшеницы под воздействием обработок оставалась ниже, чем в контроле, что может быть связано с оттоком питательных веществ в зерновки, с более быстрым прохождением фаз развития и отсутствием поражения верхних листьев растений болезнями.

У ячменя в фазу колошения «Макрофитум ВС» в половинной дозировке (2 л/га), «Титул Дуо ККР» в половинной дозировке (0,15 л/га) снижали уровень перекисного окисления липидов мембран на 14–17% (рис. 4). В остальных вариантах содержание продуктов ПОЛ было близким к контрольному значению или несущественно превышало его (на 7–9%). В динамике вегетационного развития растений ячменя отмечено повышение активности перекисного окисления липидов мембран. Так в фазу зеленой спелости содержание продуктов ПОЛ в растительных тканях возрастало в 1,1–1,7 раз по сравнению с предыдущей фазой исследования. Однако тенденция положительного влияния обработок на стабильность клеточных мембран сохранилась только при обработке ЗСС «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га) + «Макрофитум ВС» (4 л/га). При этом практически во всех вариантах обработок выявлено уменьшение выхода водорастворимых веществ из растительных тканей (рис. 5).

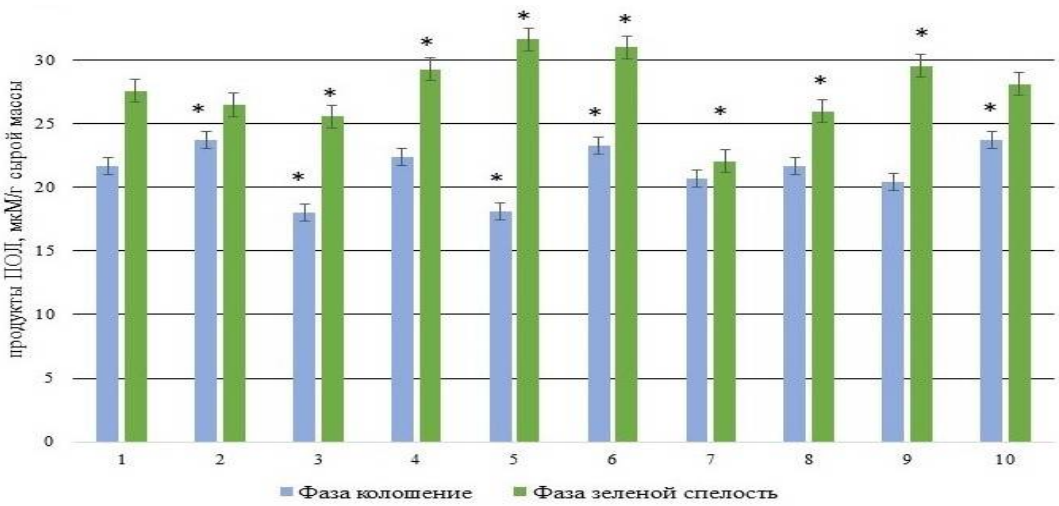
Таким образом, обработка растений ярового ячменя сорта Бизнес и яровой пшеницы сорта Весточка 17 регулятором роста «Макрофитум ВС», фунгицидом «Титул Дуо ККР» и их смесями приводила к снижению проницаемости клеточных мембран в большинстве вариантов опыта.




Варианты опыта:
1 – Контроль ($H_2O$), 2 – Макрофитум (4 л/га), 3 – Макрофитум (2 л/га), 4 – Титул Дуо (0,3 л/га), 5 – Титул Дуо (0,15 л/га), 6 – Титул Дуо (0,075 л/га), 7 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 8 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га), 9 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 10 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га)
*– Различия с контролем статистически значимы при P<0,05

**Рис. 3.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и защитно-стимулирующих смесей на их основе на выход водорастворимых веществ из тканей яровой пшеницы сорта Весточка 17

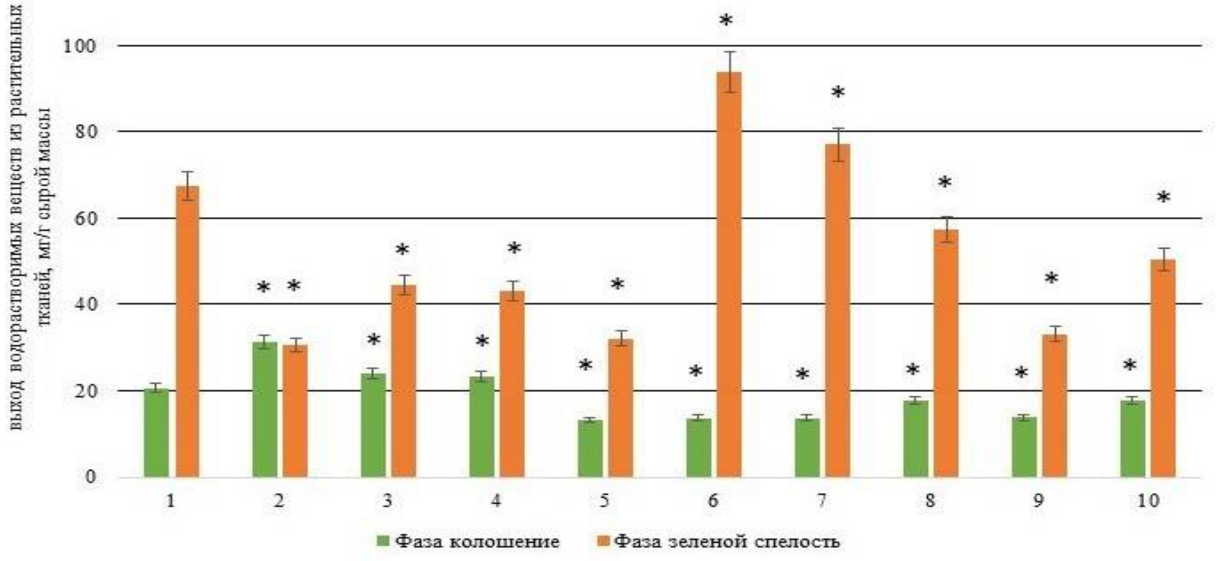
**Fig. 3.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and protective-stimulating compounds based on them on the change in the content of water-soluble substances in the tissues of spring wheat variety Vestochka 17




Варианты опыта:
1 – Контроль ($H_2O$), 2 – Макрофитум (4 л/га), 3 – Макрофитум (2 л/га), 4 – Титул Дуо (0,3 л/га), 5 – Титул Дуо (0,15 л/га), 6 – Титул Дуо (0,075 л/га), 7 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 8 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га), 9 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 10 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га)
*– Различия с контролем статистически значимы при P<0,05

**Рис. 4.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на изменение содержания продуктов перекисного окисления липидов мембран в тканях ярового ячменя сорта Бизнес

**Fig. 4.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the content of lipid peroxidation products of membranes in the tissues of spring barley variety Biznes




Варианты опыта:
1 – Контроль ($H_2O$), 2 – Макрофитум (4 л/га), 3 – Макрофитум (2 л/га), 4 – Титул Дуо (0,3 л/га), 5 – Титул Дуо (0,15 л/га), 6 – Титул Дуо (0,075 л/га), 7 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 8 – Титул Дуо (0,15 л/га) + Макрофитум (2 л/га), 9 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (4 л/га), 10 – Титул Дуо (0,075 л/га) + Макрофитум (2 л/га)
*– Различия с контролем статистически значимы при $P<0,05$

**Рис. 5.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на выход водорастворимых веществ из тканей ярового ячменя сорта Бизнес

**Fig. 5.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the content of water-soluble substances in the tissues of spring barley variety Biznes

Последним этапом исследований стало изучение влияния исследуемых препаратов и их комбинаций на структуру урожая и продуктивность растений яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес. Исследуемые препараты и ЗСС не оказывали существенного действия на ростовые процессы растений яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес – высота растений под влиянием обработок существенно не изменялась и была близка к контролю.

У растений яровой пшеницы проведенные обработки оказывали положительное влияние на массу соломы (табл. 6). Этот показатель у обработанных растений превышал контрольный уровень на 7–18%. Кроме того, «Макрофитум ВС» в обеих концентрациях, «Титул Дуо ККР» в концентрации 0,15 л/га и композиционный состав «Макрофитум ВС» (2 л/га) + «Титул Дуо ККР» (0,075 л/га) способствовали увеличению массы колосьев с десяти растений на 8–15% за счет повышения продуктивной кустистости. При этом на озерненность колоса и массу 1000 зерен у пшеницы ЗСС и отдельные препараты не оказывали влияния.

Обработка растений ячменя регулятором роста растений «Макрофитум ВС» в дозировке 2 л/га (половинная доза), фунгицидом «Титул Дуо ККР» в дозировках 0,15 л/га и 0,075 л/га (в 2 и в 4 раза уменьшенная доза соответственно), смесью («Макрофитум ВС» 2 л/га + «Титул Дуо ККР» 0,075 л/га) вызывала увеличение массы соломы с десяти растений на 6–17% за счет повышения кустистости культуры (табл. 7). Практически все обработки (за исключением препарата «Макрофитум ВС» в дозировке 4 л/га и сочетания половинных доз препаратов «Макрофитум ВС» и «Титул Дуо ККР») способствовали повышению массы главного колоса на 5–14%. Масса колоса увеличивалась благодаря повышению озерненности и улучшению выполненности зерна.

Таким образом, в результате проведения полевых опытов установлено, что регуляторный препарат «Макрофитум ВС», уменьшенные дозы фунгицида «Титул Дуо ККР» и их комбинации в различных концентрациях оказывали положительное влияние на показатели продуктивности и структуры урожая растений яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес. Повышение урожайности происходило за счет увеличения продуктивной кустистости, озерненности колоса и выполненности семян.

**Таблица 6.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на структуру урожая яровой пшеницы сорта Весточка 17

**Table 6.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC based on them on the harvest structure of spring wheat variety Vestochka 17

| Вариант опыта | Длина стебля, см | Кустистость | | Масса соломы (10 растений), г | Масса колосьев (с 10 растений), г | Масса главного колоса, г | Масса семян с одного колоса, г | Озерненность колоса, шт. | Масса 1000 зерен, г |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | продуктивная | непродуктивная | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 76,48±0,72 | 2,45±0,19 | 0,20±0,13 | 36,72±3,08 | 36,81±3,96 | 2,02±0,17 | 1,64±0,14 | 42,13±3,14 | 37,95±0,43 |
| % к контролю | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Макрофитум (4 л/га) | 75,73±1,51 | 2,65±0,15 | 0,40±0,11 | 43,49±3,56 | 39,62±2,40 | 1,98±0,08 | 1,59±0,05 | 42,68±2,29 | 37,65±1,00 |
| % к контролю | 99 | 108 | 200 | 118 | 108 | 98 | 97 | 101 | 99 |
| Макрофитум (2 л/га) | 78,43±1,43 | 2,63±0,13 | 0,18±0,08 | 43,50±2,48 | 42,23±3,14 | 2,06±0,11 | 1,64±0,07 | 42,50±1,89 | 39,15±0,96 |
| % к контролю | 103 | 107 | 90 | 118 | 115 | 102 | 100 | 101 | 103 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 76,70±1,58 | 2,15±0,12 | 0,43±0,12 | 41,59±2,11 | 35,31±1,72 | 2,09±0,12 | 1,70±0,10 | 44,15±1,03 | 37,90±1,18 |
| % к контролю | 100 | 88 | 215 | 113 | 96 | 103 | 104 | 105 | 100 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 77,73±2,26 | 2,60±0,17 | 0,25±0,05 | 42,29±1,17 | 39,80±3,18 | 2,14±0,20 | 1,76±0,17 | 44,28±3,15 | 39,45±1,45 |
| % к контролю | 102 | 106 | 125 | 115 | 108 | 106 | 107 | 105 | 104 |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 75,13±2,32 | 2,48±0,08 | 0,25±0,12 | 40,74±2,48 | 37,29±2,34 | 2,00±0,06 | 1,63±0,005 | 42,28±0,89 | 38,20±0,71 |
| % к контролю | 98 | 101 | 125 | 111 | 101 | 99 | 99 | 100 | 101 |
| Макрофитум (4 л/га) + Титул Дуо (0,15 л/га) | 75,88±2,21 | 2,43±0,14 | 0,13±0,05 | 39,98±1,79 | 36,13±0,97 | 1,97±0,13 | 1,60±0,12 | 42,15±2,53 | 37,90±1,32 |
| % к контролю | 99 | 99 | 65 | 109 | 98 | 98 | 98 | 100 | 100 |
| Макрофитум (4 л/га) + Титул Дуо (0,075 л/га) | 74,83±1,03 | 2,35±0,13 | 0,28±0,11 | 39,47±2,36 | 36,07±1,77 | 1,89±0,08 | 1,53±0,07 | 40,03±1,26 | 37,70±0,76 |
| % к контролю | 98 | 96 | 140 | 107 | 98 | 94 | 93 | 95 | 99 |
| Макрофитум (2 л/га) + Титул Дуо (0,15 л/га) | 77,00±2,49 | 2,33±0,12 | 0,20±0,11 | 41,82±3,08 | 36,47±3,35 | 1,94±0,12 | 1,57±0,00 | 40,90±1,79 | 38,15±1,13 |
| % к контролю | 101 | 95 | 100 | 114 | 99 | 96 | 96 | 97 | 101 |
| Макрофитум (2 л/га) + Титул Дуо (0,075 л/га) | 77,08±4,17 | 2,75±0,18 | 0,25±0,03 | 42,60±4,16 | 3,72±3,89 | 1,94±0,10 | 1,53±0,08 | 41,03±1,12 | 37,45±0,92 |
| % к контролю | 101 | 112 | 125 | 116 | 108 | 96 | 93 | 97 | 99 |

**Таблица 7.** Влияние регулятора роста растений «Макрофитум ВС», фунгицида «Титул Дуо ККР» и ЗСС на их основе на структуру урожая ярового ячменя сорта Бизнес

**Table 7.** The influence of the plant growth regulator «Macrophytum VS», the fungicide «Titul Duo KKR» and PSC compounds based on them on the harvest structure of spring barley variety Biznes

| Вариант опыта | Длина стебля, см | Кустистость | | Масса соломы (10 растений), г | Масса колосьев (с 10 растений), г | Масса главного колоса, г | Масса семян с одного колоса, г | Озерненность колоса, шт. | Масса 1000 зерен, г |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | продуктивная, шт. | непродуктивная, шт. | | | | | | |
| Контроль ($H_2O$) | 58,73±4,85 | 3,10±0,21 | 0,65±0,16 | 14,09±0,32 | 16,92±0,36 | 0,83±0,07 | 0,77±0,08 | 17,13±1,08 | 42,60±1,19 |
| % к контролю | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Макрофитум (4 л/га) | 59,30±3,09 | 2,65±0,27 | 0,73±0,22 | 13,60±1,38 | 14,66±1,69 | 0,85±0,09 | 0,76±0,07 | 17,52±0,97 | 42,30±0,43 |
| % к контролю | 101 | 85 | 112 | 97 | 87 | 102 | 99 | 102 | 99 |
| Макрофитум (2 л/га) | 60,13±3,36 | 2,80±0,15 | 0,65±0,16 | 16,22±1,43 | 17,60±1,47 | 0,95±0,04 | 0,85±0,03 | 17,65±0,83 | 44,40±0,28 |
| % к контролю | 102 | 90 | 100 | 115 | 104 | 114 | 110 | 103 | 104 |
| Титул Дуо (0,3 л/га) | 55,40±2,82 | 2,85±0,12 | 0,83±0,12 | 15,00±0,59 | 15,32±0,79 | 0,82±0,05 | 0,74±0,04 | 16,15±0,63 | 42,50±1,10 |
| % к контролю | 94 | 92 | 128 | 106 | 91 | 99 | 96 | 94 | 100 |
| Титул Дуо (0,15 л/га) | 57,85±3,89 | 3,28±0,36 | 0,88±0,13 | 16,42±0,70 | 17,84±0,78 | 0,90±0,08 | 0,83±0,08 | 17,65±0,50 | 43,30±1,62 |
| % к контролю | 99 | 106 | 135 | 117 | 105 | 108 | 108 | 103 | 102 |

| Вариант опыта | Длина стебля, см | Кустистость | | Масса соломы (10 растений), г | Масса колосьев (с 10 растений), г | Масса главного колоса, г | Масса семян с одного колоса, г | Озерненность колоса, шт. | Масса 1000 зерен, г |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | продуктивная, шт. | непродуктивная, шт. | | | | | | |
| Титул Дуо (0,075 л/га) | 58,30±1,75 | 3,00±0,10 | 0,75±0,14 | 15,24±1,60 | 16,65±0,54 | 0,87±0,01 | 0,79±0,02 | 16,83±0,23 | 43,80±0,54 |
| % к контролю | 99 | 97 | 117 | 108 | 98 | 105 | 103 | 98 | 103 |
| Макрофитум (4 л/га) + Титул Дуо (0,15 л/га) | 58,80±1,55 | 2,88±0,34 | 0,75±0,16 | 12,93±1,47 | 14,87±1,79 | 0,88±0,05 | 0,87±0,08 | 16,88±0,55 | 44,30±0,80 |
| % к контролю | 100 | 93 | 115 | 92 | 88 | 106 | 113 | 99 | 104 |
| Макрофитум (4 л/га) + Титул Дуо (0,075 л/га) | 58,60±2,56 | 2,70±0,21 | 0,73±0,14 | 13,67±1,48 | 17,00±2,12 | 0,93±0,06 | 0,85±0,06 | 17,85±0,67 | 44,60±1,40 |
| % к контролю | 100 | 87 | 112 | 97 | 100 | 112 | 110 | 104 | 105 |
| Макрофитум (2 л/га) + Титул Дуо (0,15 л/га) | 56,45±1,44 | 2,70±0,25 | 0,70±0,05 | 12,48±0,72 | 14,42±1,32 | 0,81±0,04 | 0,73±0,05 | 16,60±0,58 | 43,20±0,50 |
| % к контролю | 96 | 87 | 108 | 89 | 85 | 98 | 95 | 97 | 99 |
| Макрофитум (2 л/га) + Титул Дуо (0,075 л/га) | 57,60±3,57 | 2,73±0,17 | 0,85±0,26 | 14,89±1,69 | 16,76±1,06 | 0,89±0,07 | 0,81±0,07 | 17,63±0,79 | 44,05±0,94 |
| % к контролю | 98 | 88 | 131 | 106 | 99 | 107 | 105 | 103 | 103 |

## Заключение

По результатам комплексного исследования биометрических и биохимических показателей растений в лабораторных и полевых условиях выявлены наиболее эффективные композиционные составы защитно-стимулирующего действия, включающие регулятор роста «Макрофитум ВС» (0,4 л/га) и уменьшенные в 2 и 4 раза дозы фунгицида «Титул Дуо ККР» (0,15 л/га и 0,075 л/га соответственно), повышающие устойчивость растений к грибным болезням и продуктивность яровой пшеницы сорта Весточка 17 и ярового ячменя сорта Бизнес. Использование ЗСС позволяет снизить норму расхода фунгицида, а также способствует повышению урожайности за счет усиления адаптационного потенциала и иммунитета растений при уменьшении пестицидной нагрузки на окружающую среду.

## Литература

1. Тютерев, С. Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости / С. Л. Тютерев. – СПб : ВИЗР, 2002. – 238 с.

2. The role of fungicides in the physiology of higher plants: implications for defense responses / P. C. Garcıa, R.M. Rivero, J.M. Ruiz, L. Romero // Botanical Review. – 2003. – Vol. 69, iss. 2. – P. 162–172.

3. Новикова, И. И. Биологическое разнообразие микроорганизмов — основа для создания новых полифункциональных биопрепаратов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем / Новикова, И. И. // Вестник защиты растений. – 2016. – № 89(3). – С. 120–122.

4. Вакуленко, В. В. Регуляторы роста / В. В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2004. – № 1. – С. 24–26.

5. Эндогенные фиторегуляторы роста: свойства, физиологической действие и практическое использование / А. П. Волынец, В. П. Шуканов, С. Н. Полянская [и др.]. – Мн. : Бел. навука. – 2019. – 233 с.

6. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А. П. Волынец, В. П. Шуканов, Полякова Н. В. [и др.]. – Мн. : Бел. навука. – 2016. – 252 с.

7. Ламан Н.А. Формирование высокопродуктивных посевов зерновых культур / Н.А. Ламан. – Мн. : Наука и техника, 1985. – 68 с.

8. Шкаликов, В. А. Иммунитет растений / В. А. Шкаликов, Ю. Т. Дьяков, А. Н. Смирнов. – М. : Колос, 2005. – 190 с.

9. Кабашникова, Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и стресс у растений / Л. Ф. Кабашникова. – Мн. : Бел. навука, 2014. – 267 с.

10. Андрианова, Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. – М. : Наука, 2000. – 327 с.

11. Турманидзе, Н. М. Результаты изучения динамики содержания пластидных пигментов в листьях чайного растения / Н. М. Турманидзе, К. Г. Долидзе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–9. – С. 2009–2012.

12. Foyer, C. H. Understanding oxidation stress and antioxidant functions to Enhance Photosyntesis / C. H. Foyer, S. Shigeoka // Plant Physiol. – 2011. – Vol. 155. – P. 93–100.

13. Мокроносов, А. Т. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты / А. Т. Мокроносов, В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М. : Академия, 2006. – 448 с.

14. Ладыгин, В. Г. Современные представления о функциональной роли каротиноидов в хлоропластах эукариот / В. Г. Ладыгин, Г. Н. Ширшикова // Журн. общ. биологии. – 2006. – № 67. – С. 163–189.

15. Чиркова, Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГУ, 2002. – С. 58–68.

16. Halliwell, B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life / B. Halliwell // Plant Physiol. – 2006. – V. 143. – P. 312–322.

17. Афанасенко, О. С. Вирулентность ленинградской популяции возбудителей сетчатой пятнистости ячменя и подбор эффективных источников устойчивости к болезням / О. С. Афанасенко // Бюлл. ВНИИ защиты растений. – 1980. – № 47. – С. 8–10.

18. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / НАН Беларуси ; Ин-т защиты растений ; под ред. С. В. Сороки. – Мн. : Бел. навука, 2005. – 462 с.

19. Наумова, Н. А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию / Н. А. Наумова. – М. : Сельхозиздат, 1951. – 139 с.

20. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. Биохимические методы в физиологии растений / А. А. Шлык. – М. : Наука, 1971. – 327 с.

21. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу: учеб. пособие / В. Ф. Гавриленко. – М. : Академия, 2003. – 250 с.

22. Алексейчук, Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан. – Мн. : Право и экономика, 2005. – 48 с.

23. Кажушко, Н. Н. // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды : учеб.- метод. пособие / Н. Н. Кажушко ; под ред. Г. В. Удовенко. – Л. : Колос, – 1976. – С. 33–43.

24. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений: учеб.- метод. пособие / Н. Н. Третьяков. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.

25. Иванов, В. Б. Практикум по физиологии растений : учеб.- метод. пособие / В. Б. Иванов. – М. : Академия, 2001. – 136 с.

26. Кабашникова, Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков / Л.Ф. Кабашникова. – Мн. : Бел. навука, 2011. – 327 с.

27. Андрианова, Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианов, И. А. Тарчевский. – М. : Наука, 2000. – 327 с.

28. Фотосинтетический аппарат и селекция тритикале / М. Т. Чайка, В. Н . Решетников, А. К. Романова [и др.]. ; под ред. Н. В. Турбина, Л. В. Хотылевой. – Мн. : Наука и техника, 1991. – 240 с.

29. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений / Б.И. Гуляев, И.И. Рожко, А.Д. Рогаченко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 152 с.

30. A dramatic physiological and anatomical changes of tomato plants infecting with tomato yellow leaf curl germinivirus / R. R. Khalil, F. M. Bassiouny, K. A El-Dougdoug [et al.] // Journal of Agricultural Technology. – 2014. – № 10(5). – P. 1213–1229.

31. Акиньшина, Н. Г. Капсулирование семян препаратами хитозана и его производных восстанавливает фотосинтез у растений хлопчатника (Gossypium L., 1753) на фоне вилта / Н. Г. Акиньшина, Д. К. Рашидова, А. А. Азизов // Сельскохозяйственная биология. – 2016. № 51(5). – С. 696–704.

*Поступила в редакцию 27.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Шуканов Владимир Петрович*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Мельникова Елена Владимировна*** – старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Корытько Лариса Александровна*** – научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Полянская Светлана Николаевна*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Калацкая Жанна Николаевна*** – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной и инновационной работе Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Влияние защитно-стимулирующих составов на основе регулятора роста растений «Макрофитум ВС» на болезнеустойчивость и продуктивность злаковых культур / В. П. Шуканов, Е. В. Мельникова, Л. А. Корытько и др. // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 295–309.

# БОТАНИЧЕСКИЕ НАХОДКИ
# BOTANICAL DISCOVERIES

УДК 582.282.34+595.763.79

О. Ю. КРУГЛОВА[1], И. А. ФЕДЮШКО[1, 2], В. В. ЗАЯЦ[1]

## ПЕРВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ В БЕЛАРУСИ МИКРОМИЦЕТА *HESPEROMYCES HARMONIAE* HAELEW. & DE KESEL (ASCOMYCOTA: LABOULBENIALES) – ЭКТОПАРАЗИТА ИНВАЗИВНОГО ВИДА КОКЦИНЕЛЛИД – *HARMONIA AXYRIDIS* (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

[1]*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: kruglovaoksana@mail.ru*
[2]*Институт экспериментальной ботаника имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

**Аннотация.** В работе представлена информация о первой регистрации в Беларуси (г. Минск) эктопаразитического гриба *Hesperomyces harmoniae* (Ascomycota: Laboulbeniales), поражающего имаго инвазивного вида кокцинеллид *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773). Отмечен крайне низкий уровень зараженности – 0,21–0,23%.
**Ключевые слова:** эктопаразитические грибы, *Hesperomyces harmoniae*, *Harmonia axyridis*, инвазивный вид.

O. YU. KRUGLOVA[1], I. A. FIADZIUSHKA[1, 2], V. V. ZAJATS[1]

## FIRST REGISTRATION OF MICROMYCETE *HESPEROMYCES HARMONIAE* HAELEW. & DE KESEL (ASCOMYCOTA: LABOULBENIALES) – ECTOPARASITE INVASIVE SPECIES OF COCCINELLIDE – *HARMONIA AXYRIDIS* (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) IN BELARUS

[1]*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: kruglovaoksana@mail.ru*
[2]*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**Annotation**. The paper presents the information about the first registration of the ectoparasitic fungus *Hesperomyces harmoniae* (Ascomycota: Laboulbeniales) in Belarus (Minsk). That fungus is affecting the invading species coccinellid *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773). The extremely low infestation rate was observed 0,21–0,23%.
**Key words**: ectoparasitic fungi, *Hesperomyces harmoniae*, *Harmonia axyridis*, invasive species.

### Введение

Азиатская коровка (*Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) – гармония изменчивая) является эффективным хищником-энтомофагом. Обширный естественный ареал данного вида включает территории восточной Азии с умеренным климатом [1–3]. С целью биологического контроля численности членистоногих – вредителей сельскохозяйственных растений в начале XX в. гармонию изменчивую неоднократно интродуцировали в Северную Америку (Chapin and Brou, 1991 цит. по [4]), позже – в ряд европейских стран, а также некоторые советские республики (Украина, Белоруссия и др.), в которых акклиматизация не удалась [5, 6]. С 1988 г. в естественных биотопах США стали обнаруживаться первые натурализовавшиеся популяции азиатской коровки (Chapin, Brou, 1991, цит. по [4]), и с конца XX в. вид начал глобальную инвазию на разные континенты. К настоящему времени *H. axyridis* зарегистрирована в Северной и Южной Америке, Африке [3], Австралии и Новой Зеландии (Ministri of Primary Industries, 2016; NatureWatch NZ, 2017, цит. по [4]), многих странах Западной и Восточной Европы, а также в европейской части России [7–12].

В Беларуси азиатская коровка впервые обнаружена в 2011 г. в Брестской области [3]. К настоящему времени этот вид образует устойчивые популяции во всех регионах республики [13–15]. Отрицательные последствия экспансии азиатской коровки связаны прежде всего с угрозой биологическому разнообразию аборигенной энтомофауны: *Harmonia axyridis* вытесняет другие виды кокцинеллид, конкурируя с ними за пищевые ресурсы, поедает яйца и личинок божьих коровок, листоедов, долгоносиков, бабочек и других насекомых. В связи с этим *H. axyridis* включена в список 100 самых опасных инвазивных видов животных Европы [16]. Кроме того, взрослые жуки при недостатке животной пищи переходят к питанию зрелыми плодами, повреждая яблоки, груши, а также виноград, в виду чего могут наносить ущерб плодоводческим, винодельческим и перерабатывающим хозяйствам. Образуя массовые зимовочные скопления с наружной стороны и внутри зданий, имаго азиатских коровок вызывают беспокойство и аллергические реакции у людей [17].

В связи с наблюдаемыми негативными последствиями экспансии *Harmonia axyridis* актуальным является поиск механизмов регулирования численности ее инвазивных популяций. Известно, что в качестве естественных врагов азиатской коровки кроме хищников выступает целый ряд патогенных бактерий, грибов, паразитических нематод, клещей, двукрылых и перепончатокрылых [18].

Относительно недавно лабульбениевые грибы рода *Hesperomyces* (Ascomycota: Laboulbeniales) стали объектами пристального внимания специалистов в связи с тем, что один из видов этого рода – *Hesperomyces harmoniae* Haelew. & De Kesel, является облигатным эктопаразитом *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773). Благодаря просветительской работе ученых и развитию гражданской науки этот микромицет начал регистрироваться на имаго азиатской коровки во многих странах мира и стал наиболее часто встречаемым и легко узнаваемым представителем порядка Laboulbeniales [19, 20]. Впервые паразитирование *He. harmoniae* на *H. axyridis* отмечено в 2002 г. в США, но обнаруженные грибы были отнесены к виду *Hesperomyces virescens* Thaxt. [21]. В 2022 г. на основании особенностей морфологии и молекулярно-генетических данных, а также строгой приуроченности только к одному виду хозяев (*H. axyridis*) установлено, что данный микромицет является отдельным видом, входящим в комплекс видов *He. virescens* [4]. Он получил название *He. harmoniae.* По состоянию на 2024 г. установлено, что *He. harmoniae* имеет почти глобальное распространение: он зарегистрирован в 33 странах на четырех континентах [20].

В связи с тем, что инфицирование азиатской коровки *Hesperomyces harmoniae* отмечено в сопредельных с Беларусью странах – Польше [22], Украине, России (на Кавказе) [20, 23], целью данной работы явилось провести диагностирование заражения имаго азиатской коровки, собранных в г. Минске, данным эктопаразитическим грибом.

## МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Имаго *Harmonia axyridis* собраны Кругловой О. Ю. с наружных стен корпуса биологического факультета Белорусского государственного университета (г. Минск, ул. Курчатова, д. 10, коорд.: 53.83653276045817, 27.46883104775258) во время их осеннего перелета к местам зимовки в октябре 2024 г. (выборка 1 – 430 экземпляров) и в октябре 2025 г. (выборка 2 – 469 экземпляров), а также из зимовочных скоплений в оконных рамах и на подоконниках во внутренних помещениях корпуса биологического факультета БГУ в декабре 2024 г. – феврале 2025 г. (выборка 3 – 490 экземпляров). Жуки были помещены в пластиковые пробирки и хранились в морозильной камере в СНИЛ кафедры зоологии БГУ. В октябре-феврале 2025 г. жуки обследованы под бинокуляром Zeiss Stemi 2000 с целью обнаружения эктопаразитических грибов *Hesperomyces harmoniae* и клещей *Coccipolipus hippodamiae* (McDaniel & Moril) (Arthropoda: Acari, Podapolipidae). Осматривали голову, усики, ротовой аппарат, конечности, наружную и внутреннюю поверхности элитр, брюшную и спинную стороны абдомена каждой особи.

Один из талломов со сформированным перитецием *Hesperomyces harmoniae*, обнаруженных на элитрах *Harmonia axyridis* из выборки 1, был отделен и помещен на предметное стекло в каплю воды под покровным стеклом. Препарат просматривали под микроскопом Nexcope NE620. Фотографии таллома сделаны с помощью цифровой камеры Toupcam E31SPM с разрешением 8,3 Мпикс (мегапикселей) и программы ToupView. Фотографии зараженного имаго *H. axyridis* выполнены старшим преподавателем кафедры зоологии биологического факультета БГУ Коротеевой Д. А. с использованием камеры смартфона iPhone 15 с разрешением 12 Мпикс.

Диагностика обнаруженного эктопаразитического гриба осуществлена по описанию из статьи Haelewaters, van Caenegem, de Kesel [4], которое приводится далее.

Таллом *Hesperomyces harmoniae* размером (290–)372–431–490(–653) мкм длиной от основания до вершины перитеция; окрашен в прозрачный или желтовато-зеленый цвет. Рецептакул (61–)73–81–89(–118) мкм длиной. Клетка I размером (55–)60–67–74(–92) × (17–)20–24–28(–38) мкм, треугольная или ромбовидная, длиннее своей ширины. Клетка II – (22–)29–33–37(–47) × (12–)18–21– 24(–33) мкм, немного длиннее своей ширины, ромбовидная или почти трапециевидная. Клетка III – (10–)13–16–19(–25) × (9–)15–19–23(–28) мкм, короче клетки II, почти изодиаметрическая, дорсально выпуклая. Первичный придаток (антеридиальный придаток) (58–)68–74–80(–94) мкм длиной, состоит из 4–5 наложенных друг на друга клеток; базальная клетка придатка длинной (15–)19–21–23(–30) мкм, длиннее любой другой клетки; остальные несут по одному антеридию, направленному наружу, самая верхняя клетка несет один-два антеридия, а также терминальный шиповатый отросток. Антеридии (18–)23–26–29(–35) мкм длиной; с загнутыми наружу эфферентными (син. выносящими) шейками, (12–)14–16–18(–21) мкм. Клетка IV (27–)38–56–74(–171) × (20–)27–34–41(–54) мкм, удлиненная, расширяющаяся дистально. Перитеций (201–)260–303–346(–412) × (50–)67–77–87(–106) мкм, в среднем в 4 раза длиннее своей ширины, асимметричный, веретеновидный, максимально широкий около середины, а затем постепенно сужается к короткой, широкой, нечеткой шейке и подострой, дольчатой, асимметричной верхушке; перегородки между горизонтальными ярусами клеток стенки отмечены перетяжками; кончик перитеция с двумя нижними долями и двумя верхними долями, а также двумя выступающими губами, окружающими остиоль; нижние доли мелкие; верхние доли (34–)45–50–55(–65) мкм длиной, одноклеточные, пальцеобразные, обычно изогнутые наружу, их кончики превышают вершину перитеция. Остиоль с двумя губами, одна из них треугольная, другая немного короче, тупая или закругленная. Аскоспоры двухклеточные, (66–)78–86–94(–106) × (4–)5–6–7(–8) мкм, с желатиноподобной оболочкой, покрывающей более крупную клетку [4]. Как и у всех представителей порядка Laboulbeniales, сумки *He. harmoniae* прототуникатные, парафизы отсутствуют. Половой процесс – сперматизация. Анаморфа отсутствует. Телеоморфа представлена вегетативным телом – рецептакулом и плодовым телом – перитецием [24].

Контрольные образцы гриба вместе с хозяином – имаго *Harmonia axyridis*, переданы в пробирке типа Эппендорф в 96%-м этаноле на хранение в коллекцию грибов (MSK–F) Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

## Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного нами скрининга в выборках 1 и 2 обнаружено по одной особи *Harmonia axyridis*, зараженных *Hesperomyces harmoniae* со сформированными плодовыми телами. Оба имаго – самец (выборка 1) и самка (выборка 2), имели фенотип окраски элитр succinea. Небольшое число плодовых тел гриба обнаружено на дорсальной поверхности вершины обоих надкрылий самца (рис. 1) и правого надкрылья самки. Уровень зараженности приблизительно одинаковый – 0,23% в выборке 1 и 0,21% в выборке 2. В выборке имаго из зимовочных скоплений не выявлено ни одной зараженной грибами особи.

Согласно литературным данным, уровень зараженности имаго *Harmonia axyridis* микромицетом *Hesperomyces harmoniae* может достигать в некоторых регионах 90–100% [25]. В частности, в Германии он составлял 79,1% [26], в Бельгии – 96,5% [27]. В Южной Африке и Чешской Республике показатели инфицирования ниже – 29,4% [28] и 26% [29], соответственно, а в Польше в выборках азиатской коровки, собранных в разное время, он варьировал от 0 до 4,35% (общий показатель – 1,1%) [22].

Такой низкий уровень зараженности в анализируемой нами популяции можно объяснить несколькими причинами: во-первых, недавним появлением *Hesperomyces harmoniae* в г. Минске, во-вторых, не совсем благоприятными климатическими условиями для его развития.

Стоит отметить, что заражение имаго *Harmonia axyridis* может происходить различными путями: контактным (при спаривании, питании, в агрегациях зимующих жуков), а также через клещей *Coccipolipus hippodamiae* (McDaniel et Morill, 1969) (Acari: Podapolipidae), которые являются эктопаразитами кокцинеллид [30]. В связи с этим места локализации талломов на теле хозяина будут разными: весной они чаще всего обнаруживаются на голове, усиках и ротовом аппарате [31], в период размножения летом и в начале осени – на дорсальной поверхности элитр и брюшной стороне тела у самцов, на дорсальной поверхности элитр у самок. Осенью и в конце зимы выше вероятность расположения талломов на надкрыльях [32, 33]. Именно такая локализация микромицетов наблюдалась у инфицированных имаго из анализируемых нами выборок, собран-

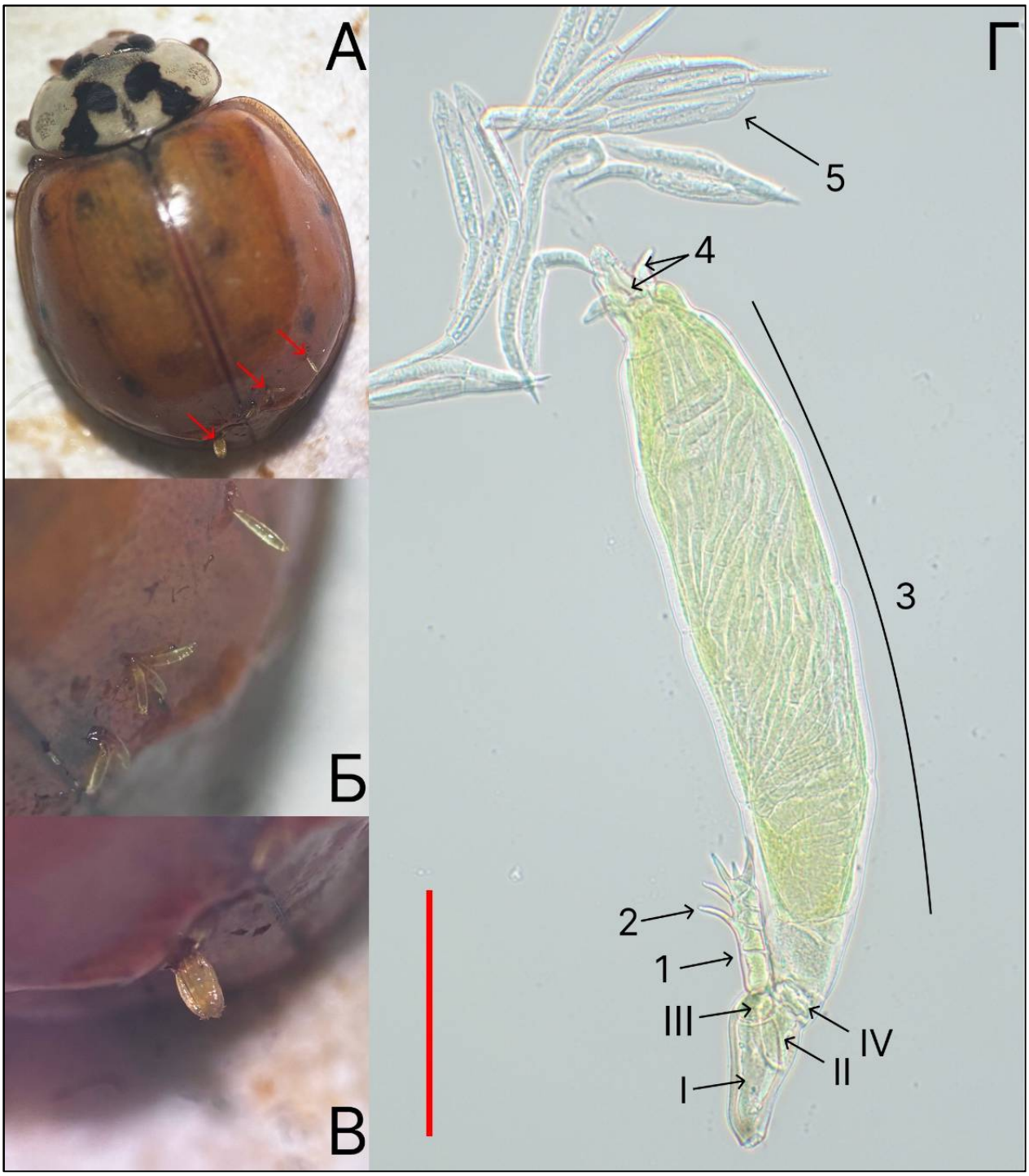



**Рис. 1.** Гриб *Hesperomyces harmoniae* на имаго *Harmonia axyridis*
А – имаго *Harmonia axyridis* с плодовыми телами *Hesperomyces harmoniae* (обозначены стрелками), Б, В – общий вид микромицета на надкрыльях, Г – микроскопическое строение микромицета: I, II, III, IV – клетки рецептакула, 1 – основание антеридиального придатка, 2 – отросток антеридия (эфферентная шейка), 3 – перитеций с сумками и сумкоспорами, с четырьмя ярусами клеток наружной стенки, 4 – губовидные отростки остиоли, 5 – двухклеточные сумкоспоры с желатинообразной оболочкой. Длина размерного штриха: 100 мкм.

**Fig. 1.** Fungus *Hesperomyces harmoniae* on the imago *Harmonia axyridis*
А – imago of *Harmonia axyridis* with fruiting bodies of *Hesperomyces harmoniae* (marked with arrows), Б, В – general view of the micromycete on the elytra, Г – microscopic structure of the micromycete: I, II, III, IV – cells of the receptacle, 1 – base of the antheridial appendage, 2 – process of the antheridium (efferent neck), 3 – perithecium with asci and ascospores, with four tiers of cells of the outer wall, 4 – labial processes of the ostiole, 5 – two-celled ascospores with a gelatinous membrane. The bar's length: 100 μm.

ных в период лёта на зимовку. Возможна аутоинвазия при чистке тела [30]. Закрепление и проникновение таллома гриба в тело хозяина происходит посредством гаустории, которая осуществляет контакт с полостью тела хозяина, откуда микромицет получает питательные вещества [34]. Согласно многочисленным исследованиям, распространенность *Hesperomyces harmoniae* может значительно отличаться в пространстве и времени, что определяется плотностью популяций вида-хозяина, типом среды обитания [30, 31]. Кроме того, установлено, что уровень заражения не зависит от пола (но самцы могут быть сильнее инфицированы) [29] и положительно коррелирует с возрастом хозяина (молодые особи в меньшей степени подвержены инфицированию по сравнению с имаго старшего возраста) [25, 28, 31]. Haelewaters et al. [35] указывают на то, что меланистические цветовые фенотипы *H. axyridis* – spectabilis и conspicua, реже заражаются грибком по сравнению с доминирующей в инвазивных популяциях формой succinea, в то время как Fiedler, Nedvěd в результате своих исследований не обнаружили такой корреляции [29].

Установлено, что *Hesperomyces harmoniae* оказывает отрицательное воздействие на организм коровок: в зависимости от места локализации гриба на теле жуков может наблюдаться снижение подвижности и сенсорных способностей [30]; отмечено увеличение уровня смертности пораженных самцов во время зимовки из-за снижения массы тела [36]. В связи с этим *He. harmoniae* рассматривается энтомологами в качестве перспективного агента биологического контроля за популяциями азиатской коровки [30].

На основании всего выше изложенного, а также учитывая изменения климатических условий в республике и достаточно высокую плотность популяций *Harmonia axyridis*, вероятно, стоит ожидать постепенного распространения гриба в Беларуси и увеличения уровня заражения имаго.

## Заключение

Таким образом, в результате анализа выборок из популяции инвазивной азиатской коровки *Harmonia axyridis* в г. Минске нами впервые зарегистрировано паразитирование гриба *Hesperomyces harmoniae* на имаго данного вида в Беларуси. Общий уровень паразитизма оказался крайне низким – 0,21–0,23%, что может быть связано с недавним временем появления эктопаразитического гриба в г. Минске, либо не совсем благоприятными условиями для его развития. Поскольку уровень зараженности может меняться в зависимости от сезона и года [25, 30], дальнейшие исследования позволят проследить динамику инфицирования имаго в анализируемой популяции из г. Минска, а также выяснить распространение зараженности азиатской коровки *He. harmoniae* в других регионах республики.

Полученные нами данные о заражении инвазивного вида *Harmonia axyridis* в Беларуси вносят вклад в базу данных о глобальном распространении *Hesperomyces harmoniae*, которая имеет важное значение для понимания факторов (как климатических, так и ландшафтных), определяющих заражение [29], что в будущем поможет специалистам разрабатывать потенциальные стратегии биологического контроля инвазивных популяций азиатской коровки.

## Благодарности

*Работа выполнена в рамках ГПНИ 10 «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задания 10.2.02 «Проблемы биологических инвазий и паразитарных угроз в природных и антропогенно-трансформированных экосистемах», НИР «Инвазивные фитопатогенные грибы, грибоподобные организмы и беспозвоночные животные на культивируемых и близкородственных дикорастущих растениях: статус в сообществах, распространение, диагностика» (№ ГР 20211704).*

*Выражаем благодарность Коротеевой Д. А., старшему преподавателю, младшему научному сотруднику кафедры зоологии биологического факультета Белорусского государственного университета за выполненные фотографии.*

## Литература

1. Азиатская божья коровка *Harmonia axyridis*: глобальная инвазия / Б. В. Андрианов, А. В. Блехман, И. И. Горячева [и др.]. – М.: Тов.-во науч. изданий КМК, 2018. – 143 с.

2. Orlova-Bienkowskaja, M. J. *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Asia: a reexamination of the native range and invasion to southeastern Kazakhstan and Kyrgyzstan / M. J. Orlova-Bienkowskaja, A. S. Ukrainsky, P. M. J. Brown // Biological Invasions. – 2015. – Vol. 17. – P. 1941–1948.

3. The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology / H. E. Roy, P. M. J. Brown, T. Adriaens [et al.] // Biological Invasions. – 2016. – Vol. 18. – P. 997–1044.

4. Haelewaters, D. *Hesperomyces harmoniae*, a new name for a common ectoparasitic fungus on the invasive alien ladybird *Harmonia axyridis* / D. Haelewaters, W. van Caenegem, A. de Kesel // Sydowia. – 2023. – № 75. – P. 53–74.

5. Воронин, К. Е. Акклиматизация дальневосточного хищника тлей хармонии (*Harmonia axyridis* Pall.) в Предкарпатье / К. Е. Воронин // Тр. ВНИИ защиты растений. – 1968. – Т. 31. – С. 234–243.

6. Сидняревич, В. И. Опыт использования гармонии в теплицах / В. И. Сидняревич, К. Е. Воронин // Защита растений. – 1973. – № 6. – С. 24.

7. Barševskis, A. Multicoloured Asian lady beetle (*Harmonia axyridis* (Pallas, 1773)) (Coleoptera: Coccinellidae) for the first time in the fauna of Latvia / A. Barševskis // Baltic Journal of Coleopterology. – 2009. – Vol. 9, № 2. – P. 135–138.

8. Nagrockaite, R. New and rare beetles (Coleoptera) species. / R. Nagrockaite, B. Tamute, V. Tamutis // New and rare for Lithuania insect species. – 2011. – Vol. 23. – P. 34–38.

9. Iazlovetchii, I. New invasive species in the Republic of Moldova: Multicolored Asian Ladybird *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) / I. Iazlovetchii, V. Sumencova // VIII International Conference of Zoologists: actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity, Chisinau, 10–12 October 2013 / Academy of sciences of Moldova. Section of natural and exact sciences institute of zoology; eds. I. Toderaş [et al.]. – Chisinau, 2013. – P. 136–137.

10. Верижникова, И. В. Последствия интродукции энтомофага *Harmonia axyridis* Pall. (Coleoptera, Coccinellidae) и прогнозируемый ареал его акклиматизации в Украине / И. В. Верижникова, Е. А. Шилова // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2013. – Вып. 15. – С. 65–68.

11. Орлова-Беньковская, М. Ю. Опасный инвазионный вид божьих коровок *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) в Европейской России / М. Ю. Орлова-Беньковская // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2013. – № 1. – С. 75–82.

12. Ukrainsky, A. S. Expansion of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) to European Russia and adjacent regions / A. S. Ukrainsky, M. Ju. Orlova-Bienkowskaja // Biological Invasions. – 2014. – Vol. 16, № 5. – P. 1003–1008.

13. Круглова, О. Ю. Изменчивость инвазивного вида кокцинеллид *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) по комплексу полиморфных признаков в условиях Беларуси / О. Ю. Круглова, О. В. Синчук // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Минск, 6–8 сентября 2017 г. / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; редкол. О. И. Бородин, В. А. Цинкевич. – Мн., 2017. – С. 249–264.

14. Круглова, О. Ю. Сравнительный анализ фенотипической структуры отдельных группировок азиатской коровки (*Harmonia axyridis* (Pallas, 1773)) из Беларуси / О. Ю. Круглова, А. В. Антонова // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе: сборник статей III Международной научно-практической конференции, Минск, 19–21 ноября 2019 г. / Отв. ред: А. В. Дерунков, А. В. Кулак, О. В. Прищепчик [и др.]. Мн.: А. Н. Вараксин, 2019. – С. 197–202.

15. Мониторинг фенотипического состава инвазивных группировок *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) в Беларуси / О. Ю. Круглова, А. В. Антонова, Ю. И. Клышейко, А. И. Силина // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды [Электронный ресурс]: V Международная научно-практическая конференция (Гомель, 4–5 июня 2020 года): сборник материалов / М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; редкол.: А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. Электронные текстовые данные (8,3 Мб). Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – С. 167–174. – URL: http://conference.gsu.by. (дата обращения: 25.10.2025).

16. More than «100 worst» alien species in Europe // W. Nentwig, S. Bacher, S. Kumschick [et al.] // Biol. Invasions. – 2018. – № 20. – P. 1611–1621.

17. Koch, R. L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and nontarget impacts / R. L. Koch // Journal of Insect Science. – 2003. – Vol. 3, № 32. – P. 1–16.

18. Predators and parasitoids of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, in its native range and invaded areas / P. Ceryngier, O. Nedvěd, A. A. Grez [et al.] // Biol. Invasions. – 2018. – № 20. – P. 1009–1031.

19. Tracking an ectoparasitic fungus of *Harmonia axyridis* in the USA using literature records and citizen science data / D. Haelewaters, T. Hiller, F. Y. Pan, J. Y. Pan // IOBC WPRS Bull. – 2019. – №145. – P. 17–22.

20. Beetlehangers.org: harmonizing host–parasite records of *Harmonia axyridis* and *Hesperomyces harmoniae* / M. D. De Groot, M. Christou, J. Y. Pan [et al.] // Arthropod-Plant Interactions. – 2024. – Vol. 18. – P. 665–679.

21. Garcés, S. First record of *Hesperomyces virescens* Thaxter (Laboulbeniales: Ascomycetes) on *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) / S. Garcés, R. Williams // J. Kans. Entomol. Soc. – 2004. – Vol. 77, № 2. – P. 156–158.

22. First record of *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales, Ascomycota) on *Harmonia axyridis* (Coccinellidae, Coleoptera) in Poland / M. Gorczak, M. Tischer, J. Pawłowska, M. Wrzosek // Acta Mycol. – 2016. – Vol. 51, № 1. – P. 1071.

23. Coinvasion by the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasites, *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales) and *Parasitylenchus bifurcatus* (Nematoda: Tylenchida, Allantonematidae), in the Caucasus / M. J. Orlova-Bienkowskaja, S. E. Spiridonov, N. N. Butorina, A. O. Bieńkowski // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13, № 11: e0202841.

24. Курс низших растений: учебник для студентов ун-тов / Л. Л. Великанов, Л. В. Гарибова, Н. П. Горбунова [и др.]; под ред. М. В. Горленко. – М.: Высш. Школа, 1981. – 504 с.

25. Parasites of *Harmonia axyridis*: current research and perspectives / D. Haelewaters, S. Y. Zhao, S. Clusella-Trullas [et al.] // BioControl. – 2017. – Vol. 62, № 3. – P. 355–371.

26. Ceryngier, P. *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) as a host of the parasitic fungus *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales, Laboulbeniaceae): a case report and short review / P. Ceryngier, K. Twardowska // Eur. J. Entomol. – 2013. – Vol.110, № 4. – P. 549.

27. de Kesel, A. *Hesperomyces* (Laboulbeniales) and coccinellid hosts / A. de Kesel // Sterbeeckia. – 2011. – Vol. 30, № 1. – P. 32–37.

28. Haelewaters, D. First finding of the parasitic fungus *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales) on native and invasive ladybirds (Coleoptera, Coccinellidae) in South Africa / D. Haelewaters, I.A. Minnaar, S. Clusella-Trullas // Parasite. – 2016. – Vol. 23. – P. 1–4.

29. Fiedler, L. Fifty shades of the harlequin ladybird and a sexually transmitted fungus / L. Fiedler, O. Nedvěd // Journal of Insect Science. – 2019. – Vol. 19, № 6. – P. 1–7.

30. Do Biotic and Abiotic Factors Influence the Prevalence of a Common Parasite of the Invasive Alien Ladybird *Harmonia axyridis*? / D. Haelewaters, T. Hiller, P. Ceryngier [et al.] // Front. Ecol. Evol. – 2022. – Vol. 10. – P. 773423.

31. Nalepa, C. A. Infection of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) by *Hesperomyces virescens* (Ascomycetes: Laboulbeniales): Role of mating status and aggregation behavior / C. A. Nalepa, A. Weir // Journal of Invertebrate Pathology. – 2007. – Vol. 94, № 3. – P. 196–203.

32. Riddick, E. W. Occurrence, Density, and Distribution of Parasitic Fungus *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales: Laboulbeniaceae) on Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) / E. W. Riddick, P. W. Schaefer // Annals of the Entomological Society of America. – 2005. – Vol. 98, № 4. – P. 615–624.

33. Riddick, E. W. Influence of Host Gender on Infection Rate, Density and Distribution of the Parasitic Fungus, *Hesperomyces virescens*, on the Multicolored Asian Lady Beetle, *Harmonia axyridis* / E. W. Riddick // Journal of Insect Science. – 2006. – Vol. 6, № 42. – P. 1–15.

34. Weir, A. Correla ve light- and scanning electron microscope studies on the developmental morphology of *Hesperomyces virescens* / A. Weir, G. W. Beakes // Mycologia. – 1996. – Vol. 88, № 5. – P. 677–693.

35. Influence of Elytral Color Pattern, Size, and Sex of *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) on Parasite Prevalence and Intensity of *Hesperomyces virescens* (Ascomycota, Laboulbeniales) / D. Haelewaters, T. Hiller, M. Gorczak, D. H. Pfister // Insects. – 2018. – Vol. 9. – P. 67.

36. Fungal ectoparasites increase winter mortality of ladybird hosts despite limited effects on their immune system / M. Knapp, M. Řeřicha, D. Haelewaters, E. González // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2022. – Vol. 289, № 1971. – P. 20212538.

*Поступила в редакцию 04.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

***Круглова Оксана Юрьевна*** – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии биологического факультета Белорусского государственного университета

***Федюшко Илья Александрович*** – выпускник аспирантуры кафедры ботаники биологического факультета Белорусского государственного университета; научный сотрудник лаборатории иммунитета и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Заяц Валерия Владимировна*** – студентка биологического факультета Белорусского государственного университета.

Круглова, О. Ю. Первая регистрация в Беларуси микромицета *Hesperomyces harmoniae* Haelew. & de Kesel (Ascomycota: Laboulbeniales) – эктопаразита инвазивного вида кокцинеллид – *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) / О. Ю. Круглова, И. А. Федюшко, В. В. Заяц // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 310–316.

УДК 581.95:582.757.2(476)

С. С. САВЧУК, В. Н. ЛЕБЕДЬКО

# ОБНАРУЖЕНИЕ МОЛОЧАЯ ИЛЛИРИЙСКОГО (*EUPHORBIA ILLIRICA* LAM.), ВИДА, РАНЕЕ СЧИТАВШЕГОСЯ ИСЧЕЗНУВШИМ ИЗ СОСТАВА ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

*Институт экспериментальной ботаника имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: ovata@yandex.by*

**Аннотация.** В Житковичском районе Гомельской области выявлен ранее считавшийся исчезнувшим из состава флоры Беларуси вид рода *Euphorbia – E. illirica* Lam. Это довольно полиморфный таксон многолетних молочаев из секции *Helioscopia* Dumort. Несмотря на свою исключительную редкость в стране, ареал его достаточно широкий, он фрагментирован и охватывает Антлантическую, Среднюю и Восточную Европу, Кавказ и Средиземноморье. В пределах ареала этот довольно изменчивый таксон представлен различными эколого-географическими расами. В сопредельных с Беларусью странах *E. illirica* известен из Польши и Украины. Все известные в настоящее время места произрастания *E. illirica* в Беларуси относятся к фрагменту ареала, занимающего юг Польши и запад Украины, который ограничивается горными системами Карпат от паннонской части ареала и доходит на востоке до меридиана 30° в.д.

**Ключевые слова:** флора, исчезнувший вид, локалитеты, популяция, *Euphorbia illirica*.

S. S. SAUCHUK, V. N. LEBEDKO

# DISCOVERY OF *EUPHORBIA ILLIRICA* LAM., A SPECIES PREVIOUSLY CONSIDERED AS EXTINCT IN THE FLORA OF BELARUS

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

**Annotation.** *Euphorbia illirica* Lam. previously considered as extinct in the flora of Belarus, has been discovered in the Zhitkovichi District of the Gomel Region. This is a highly polymorphic taxon of perennial spurges from the *Helioscopia* Dumort. Despite its exceptional rarity in the country, its range is quite wide and fragmented, includes Atlantic, Central, and Eastern Europe, the Caucasus, and the Mediterranean region. This rather variable taxon is represented by various ecological and geographical races within the range. In the countries, adjacent to Belarus, *E. illirica* is known from Poland and Ukraine. All currently known habitats of *E. illirica* in Belarus belong to a fragment of its range occupying southern Poland and western Ukraine, which is bounded by the Carpathian mountains from the Pannonian part of the range and extends to the meridian of 30° EL in the east.

**Key words:** flora, extinct species, locality, population, *Euphorbia illirica*.

## ВВЕДЕНИЕ

*Euphorbia illirica* Lam. (молочай иллирийский) – это довольно полиморфный таксон многолетних молочаев из секции *Helioscopia* Dumort. Следует отметить, что ранее довольно широко в отношении данного видового комплекса применяли название *E. villosa* Waldst. & Kit. ex Willd., однако в результате анализа типового материала в качестве приоритетного названия закреплено – *E. illirica* [1].

Ареал его достаточно широкий, он фрагментирован и охватывает Атлантическую, Среднюю и Восточную Европу, Кавказ и Средиземноморье. В пределах такого ареала этот довольно изменчивый таксон представлен различными эколого-географическими расами. Такая относительно большая морфологическая вариабельность позволила ученым рассматривать их в различных таксономических рангах, в том числе как самостоятельные виды [1–7]. В сопредельных с Беларусью странах *Euphorbia illirica* известен из Польши и Украины. Например, для территории Украины из данного видового комплекса приводилось не менее пяти видовых таксонов, один из которых под названием *E. volhynica* Besser ex Racib., как редкий вид был включен в национальную Красную книгу [8]. В настоящее время украинские ученые все эти таксоны рассматривают в качестве синонимов *E. illirica* и поэтому *E. volhy-*

*nica*, как уже довольно широко распространенный вид рекомендовано исключить из состава охраняемых растений Украины [7]. Проведенная Д. В. Гельтманом [1] детальная ревизия видового комплекса *E. illirica* s.l. позволила установить фрагменты ареала с характерной для них расовой изменчивостью вида.

Все известные в настоящее время места произрастания *Euphorbia illirica* в Беларуси относятся к фрагменту ареала, занимающего юг Польши и запад Украины, который ограничивается горными системами Карпат от паннонской части ареала и доходит на востоке до меридиана 30° в.д. В Беларуси он находится в изолированном локалитете на северо-восточной границе. Для особей *E. illirica* произрастающих в данном фрагменте ареала характерны следующие особенности: «сравнительно чаще встречаются особи с опушенным стеблем, а также более или менее узколистные формы с различным характером опушения» [1].

## Объекты (материалы) и методы исследования

Исследования проводили традиционным маршрутно-поисковым методам, особое внимание уделяли природным растительным комплексам. При работе и идентификации гербарных образцов использовали общепринятые методики [9, 10]. Определение проводили с помощью имеющихся в литературе и сети Интернет диагностических ключей, фотографий и рисунков, касающихся диагностики видов рода. Номенклатура таксонов принята по электронной базе данных Миссурийского ботанического сада «Tropicos» [11] и новейших систематических обработок рода [1]. Гербарные сборы приведенного в статье вида хранятся в Гербарии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK–V).

## Результаты исследований и их обсуждение

Впервые молочай иллирийский для территории Беларуси указывался с конца XIX в. для окр. г. Горки. Так, в Гербарии Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН (LE) хранится образец, собранный в 1899 г. А. Талиевым в г. Горки, без указания экотопа. Как выяснилось позже, после изучения гербарной коллекции А. Талиева, хранящейся там же, вполне вероятно, что данный образец мог быть собран за городскими оврагами, т.е. на территории бывшего ботанического сада. Учитывая значительное удаление от основного ареала и сильно отличающиеся фитоценотические условия произрастания вида, с большой долей вероятности можно утверждать, что данное местонахождение имеет антропогенный характер и это остатки культуры или одичавшие посадки, которые в настоящее время исчезли из состава флоры в данной местности.

Последние находки *Euphorbia illirica* в природе были сделаны на территории Житковичского района и относятся к 1980-м гг. Здесь вид произрастал среди зарослей кустарников на остепненных луговых участках в деградированных дубравах и в производных от них сообществах. Однако в результате хозяйственной деятельности данные местонахождения были трансформированы в агроценозы. Позже многочисленные целенаправленные поиски данного вида с целью оценки жизненности его популяции не принесли положительных результатов, хотя в неоднократных поисках принимали участие ученые, уже находившие *E. illirica* именно на этой территории.

Учитывая исключительную редкость вида при подготовке 3-го издания Красной книги Республики Беларусь [12] было принято решение о включении его в список охраняемых растений с присвоением I категории природоохранного национального значения с учетом высокой доли вероятности нахождения вида в будущем (поскольку популяция вида ранее была довольно многочисленна и состояла из четырех изолированных локалитетов). В 3-м (2005 г.) и 4-м (2015 г.) изданиях Красной книги какие-либо сведения о современном состоянии популяций *Euphorbia illirica* отсутствовали, а лишь базировались на данных начала 1980-х гг. При подготовке нового, 5-го издания национальной Красной книги (2025) которое рассчитано на 10 лет, уже было принято решение перевести *E. illirica* из основного списка в список видов, дикорастущих растений и грибов, вероятно, исчезнувших с территории Беларуси (так называемый «Черный список»), т.к. уже прошло 50 лет со времени последнего обнаружения вида в природе на территории Беларуси. Поэтому в утвержденном Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 10 «О редких и находящихся под угрозой исчезновения видах диких животных и дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь» от 14 марта 2025 г. *E. illirica* уже не числился в списке охраняемых растений.

Однако в июне 2025 г. на территории Житковичского района *Euphorbia illirica* был повторно

обнаружен в трех из пяти ранее известных локалитетах, а также в двух новых.

***Euphorbia illirica*** Lam. 1788, Encycl. 2: 435. – *E. villosa* Waldst. et Kit. ex Willd. 1799, Sp. Pl., ed 4. 2: 909. – Молочай иллирийский.

Многолетнее травянистое растение 45–100 (120) см выс., в разной степени опушенное; корень толсто-цилиндрический, многоглавый, с длинными отпрысками (рис. 1). Стебли многочисленные, прямостоячие, в нижней части 4–7 мм толщ., дудчатые, слегка ребристо полосатые, обычно б. м. опушенные, лишь иногда местами голые или, напротив, густо опушенные, ветвистые, с 2–10 пазушными цветоносами 1,5–10 см дл. и нижние с нецветущими побегами. Самые нижние листья чешуевидные; стеблевые листья сидячие или едва черешковые, из суженного основания продолговато-ланцетовидные, 4,5–11 см дл. и 0,9–2,5 см шир. (верхние укороченные, продолговато-яйцевидные), тупые, по хрящевому краю у верхушки мелкопильчатые, сверху голые или ближе к концу коротко опушенные, снизу обычно мягко-волосистые. Верхушечное общее соцветие щитковидное, верхушечные цветоносы в числе 5–8, как и пазушные – на конце трехраздельные, а затем еще двураздельные; листочки обертки (а также и верхние стеблевые) из усеченного основания широко яйцевидные или продолговато ланцетовидные, 1,7–4,5 см дл. и 0,7–1,7 см шир., спереди закругленные, реже заостренные, вначале желтовато-зеленые; листочки оберточек из округлого основания продолговато-эллиптические, тупые, желтоватые, голые или иногда у основания б. м. волосистые, нижние по три, верхушечные по два, уменьшенные; бокальчик колокольчатый, 2,5–3 мм диам., с округло-яйцевидными зубчато-бахромчатыми лопастями; нектарники в числе 4, поперечно-эллиптические, желтоватые, впоследствии красновато-желтые; столбики 1–1,5 мм дл., на ⅓–½ длины сросшиеся, толсто двулопастные; коробочка приплюснуто шаровидная, 3,5–4 мм дл. и 4–4,5 мм шир., слегка бороздчатая, слабо опушенная или голая; семена сжато-яйцевидные, 2–2,5 мм дл., гладкие или с редкими полукруглыми бугорками, темно-бурые, блестящие, с сидячим почковидным придатком. Цветет в конце мая-июне, плодоносит в июле-августе.



а б

**Рис. 1.** Общий вид растения:
а – генеративный побег в фазе цветения; б – средняя часть побега с опушением

**Fig. 1.** Overall picture of the plant:
а – generative shoot at the flowering stage; б – shoot middle part with indumentum

В настоящее время известно 5 локалитетов данного вида. Их площадь варьирует от нескольких квадратных метров до нескольких сотен квадратных метров. Во всех из них молочай иллирийский произрастал вблизи автомобильных дорог в пределах луговых и древесно-кустарниковых сообществ (рис. 2). В отмеченных локалитетах жизненность популяций оценивается от средней до достаточно высокой. Средняя высота растений 75 см. В популяциях наблюдалось преобладание генеративных особей, которые находились в фазе активного цветения. Отмечены как единичные экземпляры, так и парциальные кусты, со значительным числом побегов.

Распределение растений в фитоценозе случайно-групповое. Проективное покрытие травянистого покрова составляло в среднем 95%. В древесно-кустарниковом ярусе представлены *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L., *Euonymus europaea* L., *Prunus spinosa* L., *Rosa canina* L., *Rubus caesius* L., *R. idaeus* L., *Salix alba* L., *S. pentandra* L. и другие. В травянистом покрове доминировали злаки (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *F. rubra* L. и др.), бобовые (*Vicia cracca* L., *Medicago falcata* L.), а также *Centaurea jacea* L., *Galium mollugo* L., *G. verum* L., *Antriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Heracleum sibiricum* L., *Silene vulgaris* (Moench.) Garcke и др.

В результате проведенной повторной инвентаризации локальных групп в осенний период отмечено частичное нарушение напочвенного покрова и скашивание отдельных растений. Таким образом, все выявленные локалитеты находятся в зоне повышенного антропопрессинга, связанного, в первую очередь, с высокой вероятностью трансформации ценозов при выполнении работ как по уходу за придорожными территориями, так и при расширении занимаемых площадей под пахотные земли, влиянию применяемых удобрений и гербицидов. В целях сохранения вида необходимо в обязательном порядке его рекомендовать для дополнительного включения в Красную книгу Республики Беларусь (2025).



**Рис. 2.** Общий вид фитоценоза

**Fig.2.** Overall picture of phytocenosis

## Заключение

Таким образом, в Житковичском районе Гомельской области обнаружен ранее считавшийся исчезнувшим из состава флоры вид рода *Euphorbia* – *E. illirica*. Следует продолжать целенаправленные поиски в подходящих местах произрастания на территории Житковичского и близлежащих к нему районов Гомельской области, а также вести мониторинговые наблюдения за состоянием популяции. В созологическом отношении вид безусловно заслуживает особого внимания и согласно положению о Красной книге, его необходимо рекомендовать для дополнительного включения в Красную книгу Республики Беларусь (2025).

## Благодарности

*Выражаем искреннюю признательность директору Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН доктору биологических наук, Д. В. Гельтману за ценные консультации.*

## Литература

1. Гельтман, Д. В. К систематике комплекса видов из родства *Euphorbia illirica* (*Euphorbiaceae*) / Д. В. Гельтман // Бот. журн. – 2009. – Т. 94. – № 7. – С. 921–937.

2. Проханов, Я. И. Род молочай – *Euphorbia* L. / Я. И. Проханов // Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 14. – С. 304–495.

3. Клоков, М. В. Молочайні – *Euphorbiaceae* / М. В. Клоков // Флора УРСР. – К., 1955. – Т. 7. – С. 114–176.

4. Райлян, А. Ф. Об *Euphorbia villosa* Waldts. et Kit. и близких ей видах из западных районов СССР / А. Ф. Райлян // Бот. журн. 1972. – Т. 57. – № 3. – С. 401–406.

5. Govaerts, R. World checklist and bibliography of *Euphorbiaceae* (with *Pandaceae*) / R. Govaerts, D. Frodin, A. Radcliffe-Smith. – Kew: Royal Botanic Gardens, 2000. – Vol. 2. – P. 417–921.

6. Frajman, B. Evolutionary patterns and morphological diversification within the European members of the *Euphorbia illirica* (*E. villosa*) group: one or several species? / B. Frajman, M. Graniszewska, P. Schonswetter // Preslia. – 2016. – № 88. – S. 369–390.

7. Fedoronchuk, M. M. Ukrainian flora checklist. 10: families Euphorbiaceae, Phyllanthaceae (Euphorbiales, Angiosperms) / M. M. Fedoronchuk // Chornomorski Botanical Journal. – 2024. – Vol. 20. – N. 2. – P. 111–123.

8. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.

9. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / под ред. Д. В. Гельтмана. – Кью: Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.

10. Полевая геоботаника / под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. В 5 т. – Т.3. – М.-Л.: Наука, 1964. – 530 с.

11. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden : [site]. – URL: http:/www.tropicos.org. (date of access: 28.10.2025).

12. Красная книга Республики Беларусь : Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Р. Ю. Блажевич [и др.] ; гл. редк. Л. И. Хоружик [и др.]. – Мн. : Бел.Эн, 2005. – 456 с.

*Поступила в редакцию 19.11.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Савчук Сергей Сергеевич*** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией флоры и систематики растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Лебедько Владимир Николаевич*** – научный сотрудник лаборатории флоры и систематики растений Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Савчук, С. С. Обнаружение молочая иллирийского (*Euphorbia illirica* Lam.), вида, ранее считавшегося исчезнувшим из состава флоры Беларуси / С. С. Савчук, В. Н. Лебедько // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 317–321.

# БОТАНИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ
# BOTANICAL COLLECTIONS

УДК 582.29

А. П. ЯЦЫНА, А. П. СВИРИД

## ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЛИШАЙНИКОВ РОДА *CETRELIA* W. L. CULB. & C. F. CULB. В КОЛЛЕКЦИИ ЛИШАЙНИКОВ ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ НАН БЕЛАРУСИ (MSK–L)

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

**Аннотация**. Проведена ревизия некоторых гербарных образцов рода *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. в коллекции лишайников MSK–L. Качественный состав вторичных метаболитов выявлен в 100 гербарных образцах. Девять образцов относятся к виду *Cetrelia cetrarioides*, девять – к *C. chicitae*, 34 гербарных образца – к *C. monachorum* и 48 гербарных образов принадлежат к виду *C. olivetorum*. Методом тонкослойной хроматографии в гербарных образцах лишайников рода *Cetrelia* выявлено 8 вторичных метаболитов. Приведена встречаемость, фитоценотическая и субстратная приуроченность видов лишайников. Лишайник *Cetrelia chicitae* приводится для Беларуси впервые.

**Ключевые слова**: биоразнообразие, распространение, экология, вторичные метаболиты, *Cetrelia*, Беларусь, Евразия.

A. P. YATSYNA, A. P. SVIRID

## INVENTORY OF LICHENS OF THE GENUS *CETRELIA* W. L. CULB. & C. F. CULB. IN THE LICHEN COLLECTION OF THE INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BOTANY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS (MSK–L)

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

**Annotation**. A revision of some herbarium specimens of the genus *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. in the lichen collection MSK-L has been carried out. The qualitative composition of lichen secondary metabolites was identified in 100 herbarium specimens. Nine specimens belong to the species *Cetrelia cetrarioides*, nine belong to *C. chicitae*, 34 belong to *C. monachorum*, and 48 belong to *C. olivetorum*. As a result, 8 secondary metabolites were identified by thin-layer chromatography in herbarium samples of the genus *Cetrelia*. The occurrence, phytocenotic and substrate distribution of lichen species are presented. The lichen *Cetrelia chicitae* is reported for the first time for Belarus.

**Keywords**: biodiversity, distribution, ecology, secondary metabolites, *Cetrelia*, Belarus, Eurasia.

### ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь до настоящего времени род *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. был представлен следующими видами: *C. cetrarioides* (Delise) W. L. Culb. & C. F. Culb., *C. monachorum* (Zahlbr.) W. L. Culb. & C. F. Culb. и *C. olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. & C. F. Culb. [1, 2]. К сожалению, ранее проведенные исследования [2] не включили ряд образцов рода *Cetrelia*, хранящихся в гербарии Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (MSK-L), в связи с чем актуальной задачей является ревизия этих образцов в коллекции лишайников MSK-L с применением метода тонкослойной хроматографии (ТСХ).

## Объекты (материалы) и методы исследования

В качестве объекта исследования использованы отечественные и зарубежные сборы лишайников рода *Cetrelia* из коллекции лишайников MSK–L. Всего проанализировано 100 образцов. Морфологические признаки гербарного материла изучены с использованием бинокуляра Olympus SZ 6. Состав вторичных метаболитов определяли методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей С в соотношении: 170 мл толуола и 30 мл уксусной кислоты [4]. В ходе исследования использовали фрагмент таллома лишайника 1х1 см, который помещали в центрифужные пробирки типа Эппендорф. Экстракцию вторичных метаболитов проводили ацетоном объемом 3–5 мл. Экстракцию проводили в течение 25–30 мин. После этого экстракт наносили на пластины для тонкослойной хроматографии Alugram Sil G/UV254 (Германия). Элюирование пластины осуществляли в течение 30 мин. Визуализацию разделяемых веществ смеси проводили под ультрафиолетовым излучением с длиной волны 254 и 366 нм, а затем наносили кисточкой на пластину 10% раствор серной кислоты ($H_2SO_4$) с последующим нагреванием в сушильном шкафу до температуры 120°С в течение 5–7 мин.

## Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведения тонкослойной хроматографии в талломах белорусских и иностранных образцов установлены следующие вторичные метаболиты: атранорин, перлатоловая, имбрикаровая, оливеторовая, анциаевая, 4-О-диметилимбрикаровая, алекторониовая и а-коллатоловая кислоты (рис. 1, 2).

**Лишайник *Cetrelia cetrarioides*** приводится для национального парка (НП) «Беловежская пуща» (БП). Подтвержден данными ТСХ для территории Грузии [5], отмечен в Паргауйском и Яунелгавском краях Латвии, подтвержден в следующих субъектах Российской Федерации: Республике Башкортостан, Якутии и Свердловской области.

**Изученные образцы**:

**Беларусь, Брестская обл**., *Каменецкий р-н*, НП «БП», окр. д. Ляцкие, Королево-Мостовское л-во, кв. 777. 12.10.1955. Coll. Минченков С. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 28596);

**Грузия**, **Лечхуми и Квемо Сванети**, *Онский муниципалитет*, окр. г. Шови. 04.08.1950. Coll. Пахунова В. 22.02.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. В лесу возле железного источника. (MSK-L 25181), **Рача-Лечхуми и Квемо Сванети**, *Онский муниципалитет*, окр. г. Шови. 1600 м н.у.м. 19.06.1950. Coll. Пахунова В. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Хвойный лес. (MSK-L 25254); **Латвия**, **Паргауйский край**, *Райскумская вол*, НП «Гауя», окр. хутора Edernieki, кв. 637, выд. 27. Coll. Яцына А.П. 24.03.2021 Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Дубрава (Д.) снытевая (биотоп 9020). На валеже, кора *Fraxinus excelsior* L. 07.09.2020. (MSK-L 24324), **Яунелгавский край**, *Даудзесская вол.*, окр. д. Daudzese. Aklais purvs. 03.05.2019 Coll. Яцына А.П. 24.03.2021 Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Черноольшаник (Ч.) папоротниковый. На коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 22041);

**Россия**, **Республика Башкортостан**, Башкирский государственный природный заповедник. Бассейн верхнего течения реки Белой. 09.07.1946. Coll. Селиванова-Городкова Е. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Скалы в устье реки Анакбар. (MSK-L 25261); **Свердловская обл**., *Полевский р-н*, склон на вершине горы Азов. 12.06.1959. Coll. Горчаковский П.Л. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 25259), (там же), заповедник «Денежкин Камень», Еловка, кв. 73. 15.07.1959. Coll. Казарина А. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На сгнившем дереве. (MSK-L 25255), **Якутия** (**Саха**), *Нерюнгринский р-н*, Становой хребет, бассейн реки Алгама. Левобережье Авгенкура в 0,8 км ЗЮЗ устья Нимкуна. 29.08.1970 Coll. Гаращенко А.В. 22.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. 1150 м н.у.м. Аянский ельник зеленомощник, на кругом склоне ВЮВ. На коре *Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrière. (MSK-L 25362).

**Химический состав**: (атранорин, перлатоловая (основной метаболит), имбрикаровая (следы), анциаевая к-ты).

**Лишайник *Cetrelia chicitae*** впервые приводится для лихенобиоты Беларуси в двух локалитетах НП «БП»: Никорское л-во, кв. 558, выд. 22 и Хвойникское л-во, кв. 377, выд. 2 (рис. 3).

Лишайник *Cetrelia chicitae* известен как с территории НП «Беловежская пуща» (Беларусь), так и с НП «Białowieża» (Польша). На территории НП «Białowieża» лишайник был найден в квартале 370 [6], который располагается параллельно кварталу 377 НП Беловежская пуща. Оба местонахождения расположены в ядре и заповедных зонах Пущи и входят в состав старовозрастного лесного массива. Вероятность нахождения вида *C. chicitae* в других локалитетах данного региона высока. Вид впервые приводится для Абхазии. На территории России лишайник известен в Забайкальском и Приморском Краях [7], а также на Кавказе [7].

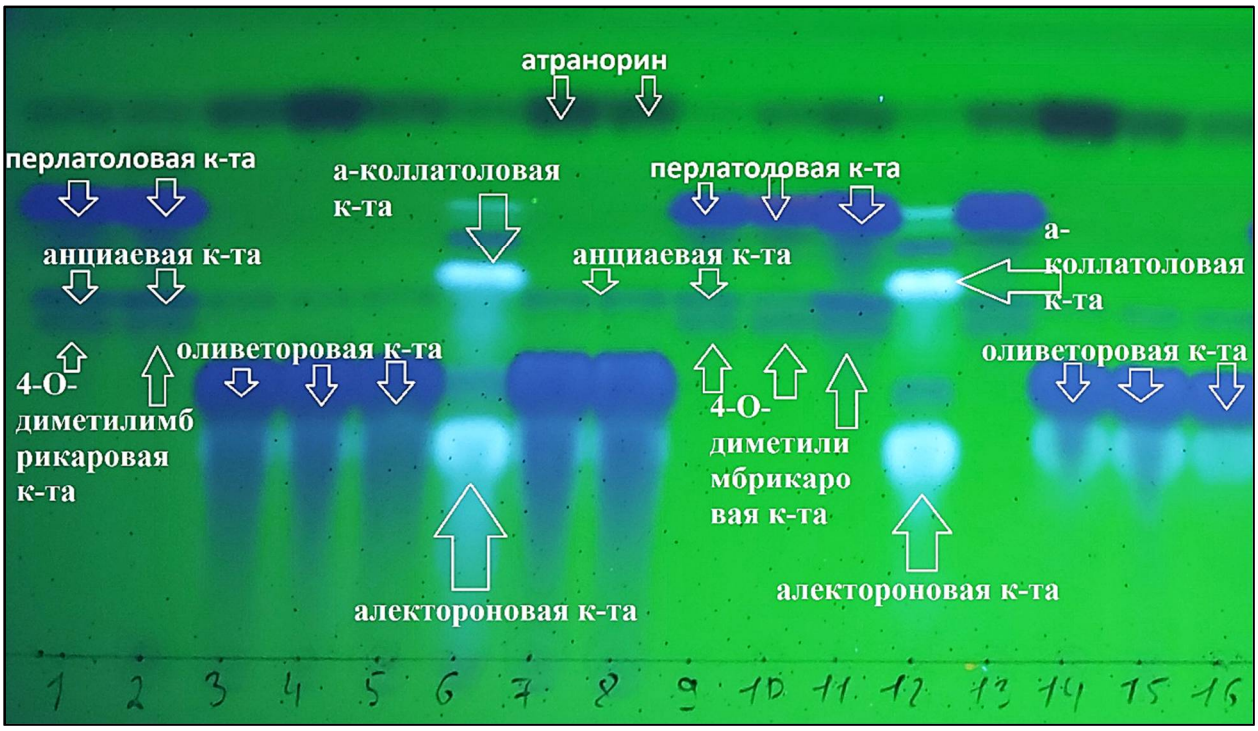



**Рис. 1.** Вторичные метаболиты лишайников рода *Cetrelia* в ультрафиолете (длина волны 254 нм) до обработки $H_2SO_4$

**Fig. 1.** Secondary metabolites of lichens of the genus *Cetrelia* under ultraviolet light (wavelength 254 nm) before treatment with $H_2SO_4$

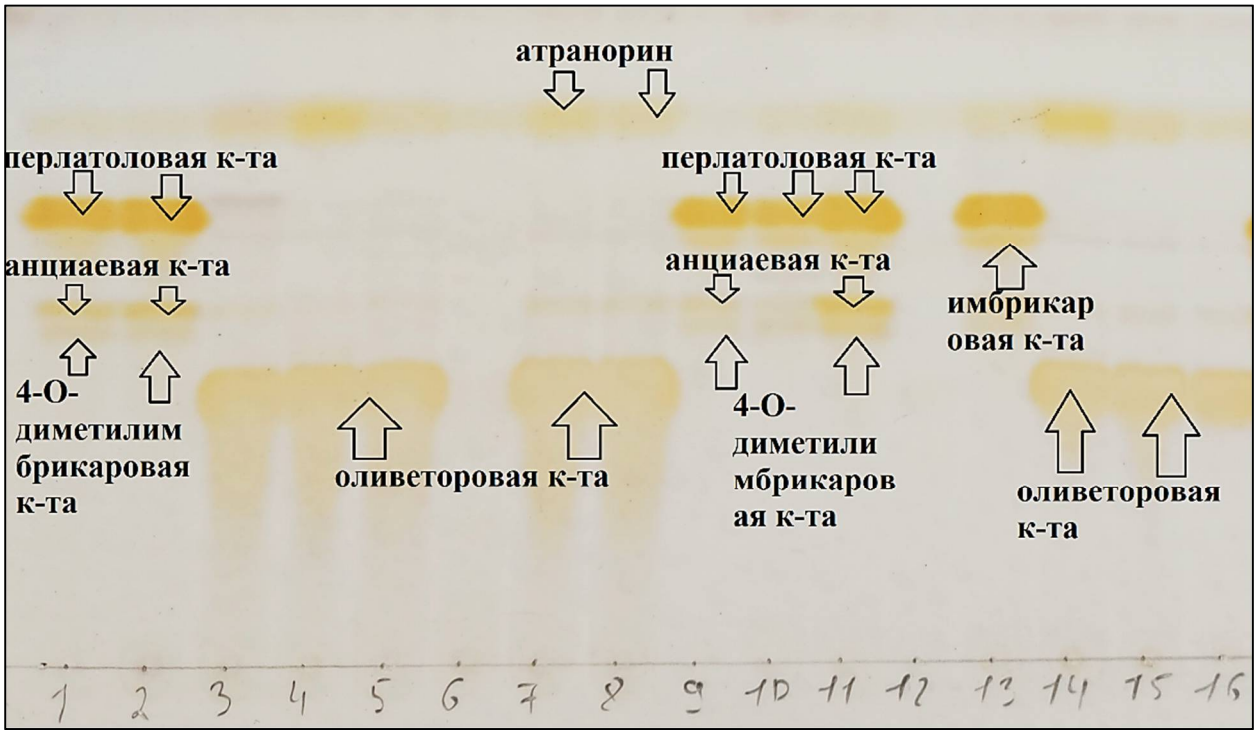



**Рис. 2.** Вторичные метаболиты лишайников рода *Cetrelia* после обработки $H_2SO_4$ и нагревания пластины при 120°C в видимом свете

**Fig. 2.** Secondary metabolites of lichens of the genus *Cetrelia* after treatment with $H_2SO_4$ and heating of the plate at 120°C in visible light



**Рис. 3.** Внешний вид лишайника *Cetrelia chicitae* (W. L. Culb.) W. L. Culb. & C. F. Culb. (MSK-L 29274)

**Fig. 3.** Appearance of lichen *Cetrelia chicitae* (W. L. Culb.) W. L. Culb. & C. F. Culb. (MSK-L 29274)

**Изученные образцы**:

**Беларусь, Брестская обл.**, *Пружанский р-н*, НП «БП», Никорское л-во, кв. 558, выд. 22. окр. хут. Переров. 52°39'24,2"N, 23°56'18,9"E. 27.08.2025. Coll. Яцына А.П., Свирид А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Грабняк (Г.) кисличный. На коре *Carpinus betulus* L. (MSK-L 29136), (там же), Хвойникское л-во, кв. 377, выд. 2, окр. д. Никор. 52°43'55,2"N, 23°57'39,0"E. 26.08.2025. Coll. Яцына А.П., Свирид А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Дубрава кисличная. На коре, валеж *C. betulus* L. (MSK-L 29274);

**Абхазия**, *Гагрский р-н*, на границе с Гудаутским, 13 км к СВВ от г. Гагра, Бзыбское ущелье, 3 км к СЗ от рабочего поселка, 12 км, 43°20'46,1"N, 40°22'40,2"E. 19.06.2013. Coll. Джус М.А. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Буковый лес. На коре *Fagus* sp. (MSK-L 12779);

**Россия**, **Забайкальский край**, *Каларский р-н*, Хребет Кодар, р-н озера Малое Леприндо, 56°38'12"N, 117°23'48"E. 17.08.2012. Coll. Конорева Л.А. 21.03.2015. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Глубокая тенистая расщелина в гранитных скалах с ручьем и водопад. Влажными замшелыми скалами на северном склоне. На коре *Sorbus* sp. (MSK-L 21846), **Приморский край**, Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник, долина реки Серебряной. 04.10.1956. Coll. Шеметова. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На коре *Populus* sp. (MSK-L 25263), (там же), государственный природный заповедник «Кедровая падь». 07.10.1954. Coll. Васильева Л.Н. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На сухостое *Abies holophylla* Maxim. (MSK-L 25265), (там же), близ села Кангауз, гора Хуалаза. 500 м н.у.м. 08.10.1950. Coll. Ворошилов В.Н. 22.02.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На камнях. (MSK-L 25182), (там же), окр. г. Владивосток, Ботанический сад. 20.10.1953. Coll. Васильева Л.Н. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На коре *Tilia* sp. (MSK-L 25266), (там же), *Владивостокский р-н*, «Богашал грива». 04.08.1952. Coll. Ворошилов В.Н. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На замшелом камне (MSK-L 25262).

**Химический состав**: атранорин, алекторановая и а-коллатоловая к-ты.

**Лишайник *Cetrelia monachorum*** часто встречается на территории НП «БП» – 24 гербарных образца. Вид отмечен преимущественно в дубравах кисличных – 10 образцов, в черноольшанниках – 6, осинниках – 3, ясенниках – 2, грабняках и липняках – по 1 соответственно. Лишайник приурочен к 7 породам: на коре граба отмечено 10 образцов, ольха черная – 7, по одному образцу на коре липы, дуба, клена, ели и ясеня соответственно. На территории НП «Браславские озера» (НП «БО») – 1 образец, в заказнике «Старобинский» – 2. Лишайник *C. monachorum* впервые приводится для следующих волостей Латвии: *Абельская, Виеситская, Даудзесская* и *Салская* [8].

**Исследуемые образцы:**

**Беларусь**, **Брестская обл.**, *Пружанский р-н*, НП «БП», Никорское л-во, кв. 558, выд. 22, окр. хут. Переров. 52°39'23,6"N, 23°56'31,1"E. 27.08.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Г. кис-

личный. На коре *T. cordata* Mill. (MSK-L 29134), (там же) Никорское л-во, кв. 533, выд. 17, окр. хут. Переров. 52°39'54,7"N, 23°55'55,8"E. 27.08.2025. Coll. Яцына А.П., Свирид А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. папоротниковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 29137), (там же), Никорское л-во, кв. 533, выд. 17, окр. хут. Переров. 52°39'54,7"N, 23°55'55,9"E. 27.08.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. папоротниковый. На ветках, кора *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 29132), (там же), окр. д. Немержа, Хвойникское л-во, кв. 263, выд. 13. 52°45'48,5"N, 23°58'25,7"E. 17.07.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 28923). Д. снытевая. На коре *C. betulus* L. (там же), окр. д. Немержа, Хвойникское л-во, кв. 263, выд. 13. 52°45'50,8"N, 23°58'33,0"E. 17.07.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. снытевая. На ветках, кора *C. betulus* L. (MSK-L 28917), (там же), окр. д. Немержа, Хвойникское л-во, кв. 292, выд. 1. 52°45'33,9"N, 23°57'54,0"E. 17.07.2025 Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28927), (там же), Хвойникское л-во, кв. 377, выд. 2, окр. д. Никор. 52°43'55,7"N, 23°57'42,2"E. 26.08.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре, валеж *C. betulus* L. (MSK-L 29190), (там же), Хвойникское л-во, кв. 505, выд. 6, окр. д. Никор. 52°40'54,6"N, 23°56'17,9"E. 28.08.2025 Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 29245), (там же), Хвойникское л-во, кв. 377, выд. 2, окр. д. Никор. 52°43'53,0"N, 23°57'44,7"E. 26.08.2025. Coll. Свирид А.П., Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 29252), (там же), Хвойникское л-во, кв. 377, выд. 2, окр. д. Никор. 52°43'52,9"N, 23°57'38,1"E. 26.08.2025. Coll. Яцына А.П., Свирид А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 29267), (там же), Никорское л-во, кв. 533, выд. 19, окр. хут. Переров. 52°39'55,0"N, 23°55'35,3"E. 27.08.2025. Coll. Яцына А.П., Свирид А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. 27.08.2025. Coll. Свирид А.П., Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Липняк кисличный. На валеже, кора *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 29169); **Витебская обл.**, *Браславский р-н*, НП «БО», окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 153, выд. 8. 26.06.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Сосняк долгомошный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 29007); **Гродненская обл.**, *Свислочский р-н*, НП «БП», окр. д. Немержа, Язвинское л-во, кв. 139, выд. 14. 52°48'0,7"N, 24°00'20,3"E. 15.05.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28570), (там же), окр. д. Немержа (2 км к ЮВ), Язвинское л-во, кв. 113. 23.07.1984. Coll. Голубков В.В. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Quercus robur* L. (MSK-L 28586), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 89, выд. 9. 52°52'20,8"N, 24°02'06,9"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. папоротниковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28591), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 90, выд. 29. 52°51'56,2"N, 24°03'05,2"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Я. папоротниковый. На коре *Acer platanoides* L. (MSK-L 28614), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 90, выд. 29. 52°51'56,2"N, 24°03'05,0"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ясенник папоротниковый. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28669), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 89, выд. 19. 52°52'14,2"N, 24°02'5,3"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре, ветка *P. abies* (L.) Karst. (MSK-L 28611), (там же), окр. д. Доброволя, Бровское л-во, кв. 90, выд. 28. 52°52'05,0"N, 24°02'41,4"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. папоротниковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28708), (там же), окр. д. Доброволя, Бровское л-во, кв. 91, выд. 6. Осинник кисличный. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28700), (там же), окр. д. Немержа, Язвинское л-во, кв. 199, выд. 10. 52°47'11,0"N, 23°58'15,1"E. 15.07.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Осинник (О.) кисличный. На коре *F. excelsior* L. (MSK-L 28951), (там же), окр. д. Немержа, Язвинское л-во, кв. 139, выд. 14. 15.07.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28661), (там же), окр. д. Немержа, Язвинское л-во, кв. 170, выд. 32. 52°47'25,0"N, 23°59'49,7"E. 15.07.2025 Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. кисличный. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28881), (там же), окр. д. Немержа, Язвинское л-во, кв. 139, выд. 14. 52°48'07,2"N, 24°00'20,9"E. 15.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28659); **Минская обл.**, *Солигорский р-н*, д. Листопадовичи, заказник «Старобинский», Листопадовичское л-во, кв. 28, выд. 26, 52°41'32,3"N, 27°30'11,8"E. 19.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. кисличный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 27956), (там же), окр. д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 20. 27.04.2025. Coll. Старобинский В. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28829);

**Латвия**, *Абельская вол.*, окр. д. Rubujkans. 56°24'38,8"N, 25°58'56,7"E. 05.07.2018. Coll. Яцына А.П. 15.02.2019. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. касатиковый (Biotop 9080). На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 20208), *Виеситская вол.*, северный берег оз. Виеситес. Кемпинг «Жемчужина». 56°21'08,2"N, 25°40'55,5"E. 05.07.2018. Coll. Яцына А.П. 15.02.2019. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На берегу озера, несколько старых деревьев. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 20211), **Салский край**, *Салская вол.*, д. Pūteji. 56°26'55,5"N, 25°40'50,2"E. 14.10.2018. Coll. Яцына А.П. 15.02.2019. Det. Свирид А.П., Яцына Ч. крапивный. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 20260), (там же), д. Zaki. 56°23'45,0"N, 25°40'35,2"E. 16.10.2018. Coll. Яцына А.П. 15.02.2019. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый (9080). На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 20261), **Яунелгавский край**, *Даудзесская вол.*, окр. д. Daudzese, «Aklais purvs». 07.05.2019. Coll. Яцына А.П. 24.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. снытевый (9020). На замшелом стволе, кора *P. tremula* L. (MSK-L 22028);

**Польша,** Zachodniopomorskie województwo, Wzgórza Bukowe, Puszcza Bukowa, wschodnie zbocze Paportnej, 810 m.s.m. 10.08.1956. Coll. Glanc K. 09.03.2021. Det. Яцына А.П. Na pniach starych bukow w lesie bukowym. (MSK-L 25256);

**Россия,** *Карачаево-Черкесия*, Теберда, устье Б. Хатичары, на высоте 1450 м. 11.07.1951 Coll. Ворошилов В.Н. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На камнях (MSK-L 9205).

**Химический состав**: атранорин, перлатоловая (следы), имбрикаровая (основной метаболит), анциаевая и 4-О-диметилимбрикаровая к-ты.

В результате ревизии **лишайник *Cetrelia olivetorum*** отмечен преимущественно на особо охраняемых природных территориях Беларуси – 40 гербарных образцов: заказник «Старобинский» – 19 гербарных образцов, НП «БП» – 12, НП «БО» – 6, заказник «Острова Дулебы» («ОД») – 2, планируемый заказник «Россь-Неман» – 1. Лишайник встречается на 7 породах: на коре ольхи черной отмечено – 15 гербарных образца: на коре дуба – 12, на осине и ели по 5 соответственно, на липе, грабе и клене по 1 соответственно.

**Исследуемые образы**:

**Беларусь**, **Брестская обл.**, *Пружанский р-н*, НП «БП», окр. д. Немержа, Хвойникское л-во, кв. 233, выд. 36. 17.07.2025. Coll. Яцына А.П. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Березняк орляковый. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28935); **Витебская обл.**, *Браславский р-н*, НП «БО», окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 91, выд. 15. 55°23'02,8"N, 27°01'28,4"E. 28.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. черничный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 29018), (там же), окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 91, выд. 15. 55°23'02,8"N, 27°01'28,4"E. 28.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. черничный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 29018), НП «БО», окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 204, выд. 10. 55°26'40,4"N, 27°04'06,5"E. 27.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Е. черничный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 29016), (там же), окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 176, выд. 1. 55°21'46,0"N, 27°01'35,2"E. 26.06.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *T. cordata* Mill. (MSK-L 29015), (там же), окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 134, выд. 10. 55°22'28,6"N, 26°59'37,0"E. 26.06.2025 Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. кисличный. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 29014), (там же), окр. д. Дубровка, Дубровское л-во, кв. 90, выд. 7. 55°23'09,5"N, 27°00'38,9"E. 28.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025 Det. Свирид А.П., Яцына А.П. О. кисличный. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 29019); **Гродненская обл.,** *Свислочский р-н*, НП «БП», окр. д. Доброволя, Бровское л-во, кв. 89, выд. 5. 52°52'20,1"N, 24°02'07,4"E. Б. кисличный. На коре, ветка *P. abies* (L.) Karst. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 28715), (там же), окр. д. Доброволя, Бровское л-во, кв. 90, выд. 26. 52°52'06,7"N, 24°02'07,4"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28685), (там же), окр. д. Доброволя, Бровское л-во, кв. 89, выд. 19. 52°51'14,2"N, 24°02'05,3"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый. На ветках, кора *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28696), (там же), окр. д. Немержа (3 км к ЮВ), Язвинское л-во, кв. 92. 23.07.1984. Coll. Голубков В.В. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. приручейно-травяной. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28587), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 90, выд. 32. 52°51'54,2"N, 24°02'45,7"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28721), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 90, выд. 26. 52°52'06,7"N, 24°02'07,4"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28668), (там же), окр. д. Жарковщина, Свислочское л-во, кв. 123, выд. 21. 52°50'54,2"N, 24°06'02,8"E. 13.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. крапивный. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28606), (там же), окр. д. Жарковщина, Бровское л-во, кв. 90, выд. 16. 52°52'07,0"N, 24°02'19,4"E. 14.05.2025. Coll. Яцына А.П. 15.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Б. кисличный. На коре *C. betulus* L. (MSK-L 28644), *Щучинский р-н*, окр. д. Рыбаки, Щучинский л-хоз, Мостовское л-во, кв. 239, выд 1. Планируемый заказник «Россь-Неман». 53°24'41,6"N, 24°26'11,7"E. 12.05.2023. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. Валеж, на ветках, кора *A. platanoides* L. (MSK-L 27967); **Минская обл,** *Солигорский р-н*, заказник «Старобинский», д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 28, выд. 11. 52°41'20,8"N, 27°29'42,1"E. 19.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. черничная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 27940), (там же), д. Детенец, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 24. 52°41'01,1"N 27°29'50,0"E. Ч. осоковый. На коре *Q. robur* L. 02.02.2025. Coll. Старобинский В. 21.03.2025. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. (MSK-L 28198), (там же), окр. д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 10. 17.05.2025. Coll. Старобинский В. 17.10.2025. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. папоротниковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28778), (там же), д. Детенец, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 4. 52°41'08,0"N, 27°29'40,5"E. 23.11.2024. Coll. Старобинский В. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28108), (там же), д. Детенец, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 4. 52°41'07,5"N, 27°29'41,5"E. 23.11.2024. Coll. Старобинский В. 09.12.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 28109), (там же), д. Детенец, Листопадовичское л-во, кв. 30, выд. 17. 52°41'56,7"N, 27°31'26,2"E. 11.06.2024. Coll. Старобинский В. 09.12.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28110), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 39, выд. 28. 52°68'42,0"N, 27°52'23,1"E. 12.07.2025. Coll. Старобинский В. 31.03.2025. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Е. кисличный. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28824), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 11. 52°41'06,8"N, 27°29'12,6"E. 19.09.2024. Coll.

Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 27934), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 30, выд. 27. 52°41'38,2"N, 27°31'40,7"E. 30.03.2024. Coll. Старобинский В. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 27309), (там же), д. Мелковичи, Листопадовичское л-во, кв. 40, выд. 20, заказник «Старобинский». 52°41'30,4"N, 27°31'39,5"E. 28.12.2024 Coll. Старобинский В. 31.03.2025. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. кисличная (грабово-еловая). На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28104), (там же), Листопадовичское л-во, кв. 30, выд. 27, 52°69'54,0"N, 27°52'66,9"E. 12.01.2025. Coll. Старобинский В. 31.03.2025. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. кисличная. На ветках, кора *P. abies* (L.) Karst. (MSK-L 28102), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 23, выд. 6. 52°42'46,0"N, 27°32'17,6"E. 01.02.2025. Coll. Старобинский В. 03.03.2025. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28206), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 11. 52°41'05,9"N, 27°29'13,3"E. 19.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 27958), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 28, выд. 26. 52°41'32,3"N, 27°30'11,8"E. 19.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. О. черничный. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 27954), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 5. 52°41'17,5"N, 27°29'44,1"E. 30.03.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. черничная. На коре *P. tremula* L. (MSK-L 27345), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 28, выд. 26. 52°41'37,6"N, 27°31'33,6"E. 20.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Ч. осоковый. На ветке, кора *P. abies* (L.) Karst. (валеж) (MSK-L 27901), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 38, выд. 45. 52°40'55.4"N, 27°29'59.0"E. 19.09.2024 Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Ч. осоковый. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 27957), (там же), д. Листопадовичи, Листопадовичское л-во, кв. 28, выд. 2. 52°41'34,8"N, 27°30'14,6"E. 19.09.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Д. черничная. На замшелых ветках, кора *P. abies* (L.) Karst. (MSK-L 27959), (там же), 1,3 км к З от д. Мелковичи. Пойма реки Случь. 52°69'31,8"N, 27°49'52,4"E. 20.04.2024. Coll. Старобинский В. 28.05.2024. Det. Свирид А.П. Яцына А.П. Остатки пойменной дубравы, вторичный фитоценоз. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 27450); **Могилевская область,** *Кличевский р-н*, д. Усакино, Кличевский л-хоз, Усакинское л-во, кв. 77, выд. 12. Заказник «ОД». 53°37'45,3"N, 29°29'51,5"E. 28.11.2024. Coll. Яцына А.П. 08.01.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28114), (там же), д. Усакино, Кличевский л-хоз, Усакинское л-во, кв. 77, выд. 12, 53°37'45,3"N, 29°29'51,5"E. 28.11.2024. Coll. Яцына А.П. 08.01.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На ветках, кора *P. abies* (L.) Karst. (MSK-L 28101), (там же), д. Усакино, Кличевский л-хоз, Усакинское л-во, кв. 77, выд. 12. 53°37'45,3"N, 29°29'51,5"E. 28.11.2024. Coll. Яцына А.П. 09.12.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *Q. robur* L. (MSK-L 28111), *Славгородский р-н*, окр. д. Гиженка, Чериковский л-хоз, Гиженское л-во, кв. 55, выд. 50. 53°32'29,9"N, 31°01'27,8"E. 30.07.2024. Coll. Яцына А.П. 08.01.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Д. кисличная. На коре *A. glutinosa* (L.) Gaertn. (MSK-L 27619), д. Гиженка, Чериковский л-хоз, Гиженское л-во, кв. 55, выд. 34. 53°32'29,4"N, 31°15'02,5"E. 30.07.2024. Coll. Яцына А.П. 08.01.2024. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ч. снытевый. На ветках, кора *P. abies* (L.) Karst. (MSK-L 27620);

**Латвия**, **Паргауйский край**, *Райскумская вол.* НП «Гауя», окр. хутора Edernieki, kv. 637, nog. 27. Д. снытевая (9020). На поваленном стволе, кора *F. excelsior* L. 24.09.2020. Coll. Яцына А.П. 24.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 24332);

**Литва**, **Šiaulių apskritis**, Radviliškio rajono savivaldybė, окрестности деревни Manliškiai. Резерват «Praviršulis». 55°33'07,7"N, 23°29'31,4"E. Ч. снытевый (9080). На коре *Rhamnus cathartica* L. 10.12.2017 Coll. Яцына А.П. 15.02.2019 Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 19439);

**Россия**, **Карачаево-Черкесия**, Теберда, ущелье, реки Мухи. Пихтовый лес. На сыром камне. 14.07.1951. Coll. Ворошилов. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 25257), **Приморский край**, река Большая Уссурка (быв. названия Иман). 05.09.1952. Coll. Воробьев Д.П. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На коре *Betula* sp. (MSK-L 25264), **Якутия (Саха)**, *Оймяконский р-н*, 599 км трассы Якутск-Магадан. 63°08'14,9"N, 138°25'22,7"E. Распадок, вверх по ручью. На замшелой скале. 16.07.2016. Coll. Яцына А.П. 22.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. (MSK-L 17553), (там же), *Нерюнгринский р-н*, Становой хребет, Бассейн реки Алгама. Левобережье Авгенкура в 0,8 км ЗЮЗ устья Нимкуна. 1150 м н.у.м. 29.08.1970. Coll. Гаращенко А.В. 22.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Аянский ельник-зеленомошник, на крутом склоне ВЮВ. На коре *Betula ermanii* Cham. (MSK-L 25360);

**Словакия**, **Братиславский край**, Male Karpaty in valle Borinske udolie prope Bratislava, Kozie chrbty, ca 500 m.s.m. 06.04.1958. Coll. Pisut I. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. Ad corticem Fagi (MSK-L 25252);

**Украина**, **Закарпатская обл.**, *Тячевский р-н*, село Великая Уголька, урочище Каменное, берег ручья. 350 м. н.у.м. 21.07.1954. Coll. Макаревич М.Ф. & Копачевская Е.Г. 09.03.2021. Det. Свирид А.П., Яцына А.П. На коре *A. incana* (L.) Moench. (MSK-L 25260).

**Химический состав**: атранорин, оливеторовая и анциаевая к-ты.

## Заключение

В результате ревизии методом тонкослойной хроматографии 100 гербарных образцов установлено 8 вторичных метаболитов и 4 вида лишайников из рода *Cetrelia*: *C. cetrarioides* – 9 образцов, *C. chicitae* – 9, *C. monachorum* – 34 и *C. olivetorum* – 48. Метод тонкослойной хроматографии является надежным способом идентификации видов лишайников рода *Cetrelia*. Полученные в ходе инвентаризации данные уточняют экологию и распространение видов как на территории Беларуси, так и в пределах Европы и Азии. Гербарные образцы будут использованы в подготовке региональных флор.

## Благодарности

*Выражаем глубокую признательность Inga Kupradze за организацию экскурсии и возможность работы с гербарным материалом в Tzimi Inashvili, Nikoloz Lachashvili, Institute of Botany, Ilia State University (Тбилиси, Грузия). Благодарим рецензента за ценные замечания, которые, несомненно, улучшили рукопись.*

*Работа выполнена при поддержке республиканского бюджета в рамках темы: «Деятельность по обеспечению сохранности и функционирования гербария, который составляет национальное достояние».*

## Литература

1. Флора Беларуси. Лишайники. Т. 1. / А. П. Яцына, В. В. Голубков, Д. Е. Гимельбрант [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Мн.: Беларуская навука, 2019. – 341 с.

2. Новые данные о лишайниках рода *Cetrelia* (Lecamorales, Ascomycota) в Беларуси / П. Н. Белый, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков, Е. А. Сидарович // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 6. – С. 83–88.

3. Яцына, А. П. Новые находки охраняемых видов лишайников в Беларуси / А. П. Яцына, А. В. Абрамчук // Особо охраняемые природные территории Беларуси. – 2022. – Вып. 17. – С. 250–261.

4. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P. W. James, F. J. White. – London : British Lichen Society. 2010. – 102 p.

5. Inashvili, T. A Revised Catalog of Lichens of Georgia (SouthCaucasus) / T. Inashvili, I. Kupradze, K. Batsatsashvili // Acta Mycologica. – 2022. – Vol. 57. – P. 1–46.

6. Kukwa, M. The lichen family *Parmeliaceae* in Poland. II. The genus *Cetrelia* / M. Kukwa, M. Pietnoczko, K. Czyżewska // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. – 2012. – Vol. 81, № 1. – P. 43–52.

7. Урбанавичюс, Г. П. Список лихенофлоры России / Г. П. Урбанавичюс. – СПб. : Наука, 2010. – 194 с.

8. Degtjarenko P. Revision of the genus Cetrelia (lichenised Ascomycota) in Latvia / P. Degtjarenko, R. Moisejevs // Botanica. – 2020. – Vol. 26, №1. – P. 88–94.

*Поступила в редакцию 31.10.2025*
*Принята к публикации 02.12.2025*

## Сведения об авторах

***Яцына Александр Петрович*** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

***Свирид Анна Павловна*** – младший научный лаборатории микологии Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Яцына, А. П. Инвентаризация лишайников рода *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb. в коллекции лишайников Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK–L) / А. П. Яцына, А. П. Свирид // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Мн., 2025. – Вып. 56. – С. 322–329.

# ЮБИЛЯРЫ
# JUBILEE

## ВАЛЕРИЙ ФОМИЧ ПОБИРУШКО
## (к 70-летию)



Валерий Фомич Побирушко – кандидат биологических наук, известный ученый-биолог, Почетный лесовод.

Валерий Фомич родился 24 декабря 1955 г. (по официальным данным – 2 января 1956 г.) в д. Дроботы Дрогичинского р-на Брестской обл. Семья предопределила жизненные интересы – мать, Валентина Филипповна, была учителем, а отец, Фома Прокофьевич, работал вначале лесничим, а затем директором Ивацевичского лесхоза. С 1963 г. будущий ученый обучался в Соховской восьмилетней школе, а с 1967 г. в связи с переездом семьи – в СШ № 1 г. Ивацевичи.

По окончании школы в 1972 г. поступил на лесохозяйственный факультет Белорусского технологического института им. С. М. Кирова (сейчас – Белорусский государственный технологический университет), который закончил с отличием в 1977 г. с присвоением квалификации инженера лесного хозяйства. Во время учебы в институте принимал активное участие в работе студенческого научного общества, организации конференций, научных исследований кафедры лесоводства. Совместно с однокурсником А. В. Пугачевским опубликовал первую научную работу «Рост и формирование сосны при смешивании ее с березой и многолетним люпином». По окончании ВУЗа направлен на работу в Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича АН БССР, где и начал трудовую деятельность сначала в качестве лаборанта, а после – младшего научного сотрудника лаборатории древесных растений (руководил лабораторией тогда академик Н. Д. Нестерович). Зарекомендовал себя как квалифицированный, трудолюбивый, активный и инициативный работник. После стажировки в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, занимался проблемой стимулирования прорастания пыльцы древесных растений и является соавтором патента на изобретение.

Осенью 1980 г. офицер запаса В. Ф. Побирушко призван на военную службу. Служить пришлось в Забайкалье, на ст. Даурия – на стыке границ СССР, Китая и Монголии. Несмотря на напряженный ритм военной жизни, не забывал о науке, в свободное время увлеченно изучал природу и растительность Забайкальского края, поддерживая постоянную связь с институтом. Демобилизовавшись в 1982 г., привез 2 тысячи гербарных листов флоры степей Забайкалья, чем значительно пополнил фондовый гербарий института, имеющей статус Национального достояния Республики Беларусь.

Научную деятельность продолжил в лаборатории флоры и систематики растений (руководитель – академик В. И. Парфенов) вначале в должности младшего, затем научного и старшего научного сотрудника. Валерий Фомич участвовал во многих полевых экспедициях, изучал лесную, луговую и болотную флору, особенности роста и развития растений в различных условиях. В 1985 г. поступил в заочную аспирантуру при институте. Под руководством В. И. Парфенова подготовил и в 1992 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Эколого-биологические особенности и внутривидовая изменчи-

вость некоторых видов рода *Betula* L. на границах ареалов (в условиях Белоруссии)», в которой раскрыты особенности экологии, биологии и полиморфизма редких видов берез: карельской, черной, приземистой и карликовой.

Изучал распространение и селекционную ценность карельской березы; разработал рекомендации по выявлению, учету и рациональному использованию этой ценной породы, выделил ее ресурсные районы и дал оценку запасов древесины в них. В качестве международного эксперта возглавлял научную экспедицию в Швеции по выявлению этой породы и оценке ее ресурсов.

В 1990-е гг. страна переживала сложные времена, и ситуация с финансированием научной деятельности была крайне тяжелой. В этот период наука потеряла многие ценные кадры. По приглашению первого заместителя министра В. П. Романовского Валерий Фомич в 1995 г. переходит на работу в Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь в должности сначала ведущего и главного инженера, а затем – начальника отдела науки и подготовки кадров, отдела правовой и кадровой работы.

Работая в аппарате Министерства лесного хозяйства В. Ф. Побирушко наладил деловые контакты с научными организациями, многими учеными и специалистами; знал круг их научных интересов и потенциал. Им внесен весомый вклад в научное обеспечение лесной отрасли: успешно разработаны и реализованы шесть государственных научно-технических программ, многие целевые проекты. Получили развитие информационные технологии и аэрокосмические методы, лесная генетика, внедрены в практику новые биотехнологические приемы, препараты, средства защиты растений и борьбы с лесными пожарами.

Валерий Фомич непосредственно участвовал в разработке и реализации Стратегических планов развития лесного хозяйства Беларуси; издании справочного пособия по лесному законодательству, воспроизводству, охране и защите леса, руководства по правоприменению в сфере лесного законодательства для должностных лиц, а также ряда других документов, имеющих практическое значение.

В 2004 г. В. Ф. Побирушко окончил Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «международные отношения». Полученные знания и опыт востребованы при подготовке и подписании международных договоров межведомственного характера, участии в заседаниях Межправительственного совета по лесопромышленному комплексу и лесному хозяйству СНГ, Генеральных ассамблеях PEFC, сессии Комитета лесного хозяйства ФАО, 13-м Всемирном лесном конгрессе, форуме ООН по лесам, и т.д. Это оказало положительное влияние на развитие устойчивого лесоуправления в нашей стране, формирование позитивного имиджа отечественного лесного хозяйства за рубежом.

В круг его служебных задач входили также вопросы кадрового состава. Большое внимание при этом уделено формированию научно-технической политики отрасли, развитию лесного образования, созданию единой системы подготовки и повышения квалификации специалистов, организации эффективной деятельности отраслевого учебного центра, разработке отраслевых программ, работе с резервом кадров.

Валерием Фомичом многое сделано и для развития связей с общественностью – организация общереспубликанских добровольных акций «Неделя леса», «Чистый лес», работа школьных лесничеств, юниорских лесных конкурсов.

О Валерии Фомиче как о прекрасном человеке и ответственном работнике очень тепло отзываются однокурсники, сослуживцы и многочисленные коллеги.

О плодотворной научно-производственной и общественной деятельности В. Ф. Побирушко свидетельствуют многочисленные Почетные грамоты Совета Министров, Министерства лесного хозяйства, Государственного комитета по науке и технологиям нашей страны, нагрудные почетные знаки Минлесхоза и НАН Беларуси.

После выхода в отставку Валерий Фомич продолжил научную деятельность в качестве ведущего научного сотрудника в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Богатый опыт и знания, полученные за время государственной службы, востребованы при разработке и подготовке ТКП «Правила выделения типов леса», «Рекомендаций по организации рекреационной деятельности в ГЛХУ», «Программы мер по устойчивому развитию рекреационной деятельности в лесном хозяйстве Республики Беларусь на период до 2030 года». Всего в его активе около 50 опубликованных научных работ.

Валерий Фомич – увлеченный человек, интересный собеседник, оптимист, творчески одаренная личность. Вырастил двух дочерей, у него уже подрастают внуки. Свободное время посвящает работе на даче, на лесной пасеке, охоте.

Желаем Валерий Фомичу крепкого здоровья, радостных событий, ощущения полноты жизни и новых творческих замыслов!

*Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо,*
*А. В. Пугачевский, А. И. Лучков*

# АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ ПУГАЧЕВСКИЙ
## (к 70-летию)



Александр Викторович Пугачевский – известный белорусский ученый-лесовед, ведущий специалист в области лесной фитоценологии и экологии растений кандидат биологических наук, директор Института экспериментальной ботаники в 2010–2022 гг.

Александр Викторович родился в живописном г. Дисна Миорского р-на Витебской обл. в семье служащих 3 ноября 1955 г. В 1972 г. по окончании средней школы № 92 г. Минска поступил на лесохозяйственный факультет Белорусского технологического института им. С. М. Кирова (сейчас – Белорусский государственный технологический университет), который закончил с отличием в 1977 г., получив квалификацию инженер лесного хозяйства. После окончания ВУЗа в течение 5 лет работал в нем же на кафедре лесоводства в должности лаборанта. Одновременно, с 1977 по 1981 гг. без отрыва от производства проходит обучение в аспирантуре Ботанического института имени В. Л. Комарова АН СССР под руководством известного фитоценолога, д.б.н. В. Г. Карпова. С 1982 г. научная деятельность А. В. Пугачевского неразрывно связана с Институтом экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича, где он прошел путь от инженера до директора Института. В 1986 г. успешно защитил диссертационную работу, посвященную структуре, динамике, факторам регуляции ценопопуляций ели в основных типах еловых лесов южной тайги, по материалам которой в 1992 г. опубликована монография.

В должности старшего научного сотрудника лаборатории продуктивности и устойчивости лесных экосистем принимал активное участие в разработке программы и проведении научных исследований эколого-биологических особенностей, структуры и продуктивности лесных биогеоценозов в условиях антропогенного воздействия. Под его руководством и при непосредственном участии выполнен сравнительный анализ динамики состояния лесов в условиях заповедного режима (Березинский биосферный заповедник), интенсивного техногенного воздействия (санитарно-защитная зона Новополоцкого нефтепромышленного комплекса) и рекреационного пресса (г. Минск). Наряду с научно-исследовательской деятельностью, А. В. Пугачевский активно участвует в научно-организационной работе. В период 1988–1995 гг. был председателем совета молодых ученых Института, а в 1988 г. ученым секретарем проекта ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАВ).

С 1995 г. Александр Викторович возглавил лабораторию продуктивности и устойчивости лесных экосистем, продолжив и развивая основные направления исследований: развитие общей и прикладной теории устойчивости лесных экосистем; выявление закономерностей формирования, структуры и продуктивности древостоев в связи с изменчивостью эдафических и климатических условий, антропогенным воздействием; изучение динамики и направленности сукцессионных процессов в растительном покрове; разработка научных основ сохранения биоразнообразия, воспроизводства, рационального использования и охраны растительного мира; технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды. Возглавляемая им лаборатория сосредоточилась на решении актуальных проблем лесоведения и лесного хозяйства, разработке эколого-биологических основ адаптации и повышения устойчивости древесных растений и их сообществ к неблагоприятным условиям среды.

Под руководством Александра Викторовича и при его участии подготовлены обоснования для создания ряда заказников и памятников природы. Разработаны научные основы и нормативно-техническая документация для вовлечения в промышленную эксплуатацию и воспроизводство ресурсов древесины карельской березы и резонансной ели. Результаты исследований этих исследований вошли в «Правила рубок леса в Республике Беларусь».

В 2001 г. А. В. Пугачевский избран заместителем директора института по научной работе. В рамках работ, выполненных в этот период под его руководством и при участии, сформулированы основные положения общей теории устойчивости лесных экосистем. Дана характеристика изменений в структурных элементах лесных со-

обществ на организменном, популяционном, фитоценотическом и экосистемном уровнях, показаны особенности деградации лесов, охарактеризованы дигрессивные и демутационные процессы, вызванные антропогенными и природными факторами. На основе анализа влияния гелиофизических факторов на климат, формирование древостоев и жизнедеятельность стволовых вредителей леса, разработан долгосрочный прогноз массового усыхания ели в Беларуси. Заложены основы для создания модели ведения экологически ориентированного лесного хозяйства. Элементы разработанной концепции нашли широкое применение, они внедрены в нормативную базу и практику лесного хозяйства, лесной сертификации, а также используются при лесоустроительном проектировании, создании особо охраняемых территорий.

Александр Викторович внес значительный вклад в законодательную базу Республики Беларусь. В составе коллектива авторов он принимал участие в разработке Закона Республики Беларусь «О растительном мире» (принят 14 июня 2003 г. № 205-З), ряда подзаконных актов к нему, а также множества других проектов законов, подзаконных актов, технических кодексов устоявшихся практик и других природоохранных документов.

Начиная с 2010 г. А. В. Пугачевский возглавил Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси и руководил им на протяжении 12 лет. С 2022 г. и по настоящее время он возглавляет лабораторию проблем экологии леса и дендрохронологии.

Александр Викторович являлся одним из разработчиков и координатором концепции, программы и технического проекта Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС) по двум направлениям: «Мониторинг растительного мира» и «Комплексный мониторинг экосистем на особо охраняемых природных территориях».

Как идейный вдохновитель, организатор и руководитель, он сыграл центральную роль в проведении шести Международных научных конференций «Мониторинг и оценка состояния растительного мира» (1998–2023 гг.).

Благодаря А.В. Пугачевскому в Институте развивался разносторонний подход к оценке состояния природного растительного покрова, ориентированный на практические нужды природопользования и охраны природы. Значительны успехи были достигнуты в изучении эффектов воздействия неблагоприятных факторов среды на жизнедеятельность растений и природных экосистем, а также в понимании механизмов устойчивости фитоценозов. На основе анализа климатических изменений сформулированы гипотезы о их возможных последствиях для лесной отрасли. Результаты его исследований опубликованы в 340 научных работах, в т.ч. в 19 монографиях и книжных изданиях.

Александр Викторович отличается особым подходом к работе с молодежью. Он учит «видеть» природу и научные явления, делает акцент на самостоятельности, убежденный, что это ключевой фактор для успешного выполнения диссертации. В совместных работах выявлялись самые человечные качества Александра Викторовича – его обаятельность, преданность научным исследованиям и особый дар заражать своими идеями и трудолюбием других. Эти качества высоко ценят его ученики и соратники, которые видят в нем талантливого ученого и замечательного человека. Трое из его учеников И. П. Вознячук, А. В. Судник и М. В. Ермохин успешно защитили кандидатские диссертации.

А. В. Пугачевский – представитель поколения ученых, в научных интересах и стиле руководства которого органично сочетаются классические традиции известных научных школ, восходящие к учениям Г. Ф. Морозова, В. Н. Сукачева и В. Г. Карпова, и лучшие качества ученого, способного решать актуальные задачи и вызовы, выдвинутые перед наукой новым временем.

За значительный вклад в формирование научных основ ведения лесного хозяйства, направленных на сохранение биоразнообразия, разработку мер по адаптации лесного хозяйства к изменению климата и развитие системы мониторинга, а также за обширные исследования лесов в зонах интенсивного антропогенного воздействия А. В. Пугачевский награжден многочисленными Почетными грамотами Института, Национальной академии наук, различных Министерств и ведомств нашей страны, несколькими нагрудными знаками, медалью НАН Беларуси.

Выражаем Александру Викторовичу глубокую благодарность за многолетнюю плодотворную деятельность и сердечно поздравляем с праздником! 70 лет – это возраст, наполненный мудростью, богатым опытом и заслуженным уважением. От всей души желаем крепкого здоровья, бодрости духа, оптимизма и уюта. Пусть каждый новый день приносит радость и новые свершения!

*А. В. Судник, И. П. Вознячук*

# ИОСИФ МИХАЙЛОВИЧ СТЕПАНОВИЧ
**(к 70-летию)**



3 февраля 2025 г. отметил юбилейную дату – 70 лет со дня рождения белорусский ученый-геоботаник, специалист в области фитоценологии и экологии растений, доктор биологических наук, профессор Иосиф Михайлович Степанович.

Иосиф Михайлович родился в д. Лыцевичи Вилейского р-на Минской обл. В 1972 г. с похвальной грамотой окончил Сырмежскую среднюю школу (Мядельский р-н), находящуюся в 8 км от дома. В 1977 г. завершил обучение на факультете естествознания Минского государственного педагогического института имени А. М. Горького (сейчас – Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка). Затем работал в г. Вилейка Минской обл. директором Дома пионеров и школьников (сейчас – Вилейский районный центр дополнительного образования детей и молодежи). В 1979 г., после службы в рядах Советской армии, Иосиф Михайлович поступил на работу в лабораторию геоботаники Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Академии наук БССР (сейчас – НАН Беларуси), где прошел путь от лаборанта и инженера до заведующего лабораторией. В 1988 г. защитил кандидатскую диссертацию «Геоботаническая структура, продуктивность и хозяйственная оценка луговой растительности бассейна р. Вилии (в пределах БССР)», руководитель – академик И. Д. Юркевич. Прошел стажировку в ведущих научных центрах: Ботаническом институте имени В. Л. Комарова АН СССР, Ботаническом институте и Ботаническом саду Грайфсвальдского университета. В 2001 г. защитил докторскую диссертацию на тему: «Синтаксономия и синдинамика луговой растительности Беларуси». С 2005 г. И. М. Степанович – профессор кафедры общей биологии в Белорусском государственном педагогическом университете имени Максима Танка. В 2015 г. Иосиф Михайлович возвращается в Институт на должность главного научного сотрудника в сектор мониторинга растительного мира, где проработал до 2022 г.

И. М. Степанович участвовал в выполнении более 60 тем государственных программ и договорных заданий по изучению разнообразия, экологического состояния и ресурсного потенциала видов, популяций и сообществ естественной травянистой растительности. Принимал участие в реализации более 10 международных и конкурсных зарубежных проектов, стоял у истоков создания Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (возглавлял блок «Мониторинг растительного мира»). Работал над стратегией устойчивого использования луговой растительности Беларуси, составлением каталога редких, уникальных и типичных растительных сообществ страны. Им разработан комплекс мероприятий по охране, оптимизации и рациональному использованию кормовых (сенокосных и пастбищных) угодий Беларуси. Исследования И. М. Степановича всегда отличались особым своеобразием в решении одной из центральных проблем геоботаники – классификации растительности. Им предложен интегрированный подход в синтаксономических исследованиях и разработана авторская система синтаксонов естественной травянистой растительности Беларуси.

Вопросы синтаксономии, экологии, охраны и рационального использования растительности отражены более чем в 250 публикациях Иосифа Михайловича, в том числе в 9 монографиях, 9 брошюрах и ряде геоботанических карт. Он принимал участие во внедрении результатов научно-исследовательских работ в практику природоохранной деятельности (69 актов внедрения). Являлся рецензентом учебников и учебных пособий по биологии и экологии, словарей научной терминологии, монографий, исследовательских проектов и т.д. Под руководством И. М. Степанович успешно защищены 2 кандидатские диссертации.

Поздравляем Иосифа Михайловича с юбилеем желаем крепкого здоровья, бодрости на долгие годы, творческих успехов и личного счастья.

*А. В. Судник, Е. Я. Куликова, Н. А. Зеленкевич*

# ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ
# MEMORABLE DATES

## ДИНА КОНСТАНТИНОВНА ГЕСЬ
## (1935–2019)
### к 90-летию со дня рождения



Дина Константиновна Гесь (Иванова) – ученый-фитопатолог, специалист в области физиологии растений, кандидат биологических наук.

Родилась 18 июля 1935 г. в г. Миллерово Ростовской обл. Российской Федерации в семье рабочего. Также проживала в г. Новозыбков и г. Злынка Брянской обл., после чего, в 1951 г. семья перебралась в г. Минск, БССР, на родину матери. Здесь в 1953 г. она закончила среднюю школу и поступила на биологический факультет Белорусского государственного университета. Во время учебы в университете увлеклась изучением низших растений, выступала с докладами, состояла в научно-исследовательском кружке систематики растений. В 1957 г. участвовала в освоении целинных земель в Кустанайской области Казахской ССР (сейчас – Костанайская область Республики Казахстан).

По завершения учебы в 1959 г. принята на работу старшим лаборантом, а после (с 1961 г.) – младшим научным сотрудником отдела флоры и гербария Института биологии АН БССР (сейчас – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси). В 1962 г. поступила в аспирантуру в отдел физиологии и систематики низших растений по специальности «вирусология» под руководством члена-корреспондента АН СССР В. Ф. Купревича, которую окончила в 1965 г. и была зачислена на должность младшего научного сотрудника по специальности «физиология больного растения». В 1970 г. Д. К. Гесь защитила кандидатскую диссертацию на тему «Вирусные болезни томатов и огурцов Белоруссии». С 1971 г. работала в лаборатории физиологии больного растения в Институте экспериментальной ботаники АН БССР. В 1986 г. избрана на должность научного, а в 1991 г. – старшего научного сотрудника.

Исследования Д. К. Гесь посвящены различным аспектам фитопатофизиологии, изучению нуклеинового обмена злаков в связи с поражением био- и некротрофными паразитами. Ею открыты закономерности, определяющие характер функциональной активности генома, и показана их роль в возникновении защитных и патологических реакций к ржавчинной и фузариозной инфекциям. За время работы в Институте Д. К. Гесь являлась ответственным исполнителем ряда плановых госбюджетных тем и хоздоговорных заданий. Полученные результаты опубликованы в 1982 г. в монографии «Окислительно-восстановительные процессы инфицированного растения» (в соавторстве). По результатам НИР в соавторстве и самостоятельно ею опубликовано свыше 60 работ, в том числе 2 монографических издания, посвященных флоре Беларуси. Работа Дины Константиновны неоднократно отмечена благодарностями и грамотами Института экспериментальной ботаники и АН Беларуси.

Д. К. Гесь вела активную общественную жизнь, много лет являлась профоргом лаборатории, лектором общества «Знание».

Ушла из жизни 2 октября 2019 г. в возрасте 84 лет.

*Редакция сборника «Ботаника (исследования)»*

# НИКОЛАЙ АФАНАСЬЕВИЧ ДОРОЖКИН (1905–1993)

## к 120-летию со дня рождения



Николай Афанасьевич Дорожкин – академик, профессор, выдающейся ученый, один из основателей белорусской школы фитопатологии и микологии.

Николай Афанасьевич родился 14 декабря 1905 г. в д. Гороховка Брянской обл., Россия. Получил двухклассное начальное образование в сельской школе, основанной дочкой известного русского поэта Ф. И. Тютчева в с. Овстуг. Среднее образование получил в Брянском вечернем рабфаке в 1923 г. В 1921–1923 гг. работал в должности секретаря Уголовного отдела Брянского Губернского суда. В 1923 г. поступил на агрономический факультет в Горецкий сельскохозяйственный институт (в 1925 г. Институт был преобразован в Белорусскую сельскохозяйственную академию), который закончил в 1927 г. по специальности «ученый агроном-растениевод». Еще будучи студентом Н. А. Дорожкин начал работать в должности ассистента на кафедре фитопатологии и микробиологии у профессора М. Н. Медиша, активно изучал заболевания хлебных злаков и в 1927 г. опубликовал первую научную работу «Сажа на палях Горацкага раёну». В 1929 г. по решению ЦК компартии Белоруссии назначен директором Старо-Борисовского сельхозтехникума, преподавание Николай Афанасьевич одновременно совмещал с работой на Минской станции защиты растений Института семенного и лесного хозяйства имени В. И. Ленина. После ликвидации станции направлен на работу в Белорусскую Академию наук.

С августа 1931 г. начал свою работу в недавно организованном на базе кафедр ботаники, зоологии, физиологии и экспериментальной биологии Институте биологических наук (сейчас – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси), сначала в должности ученого секретаря, затем заведующим лабораторией фитопатологии, открытой с его приходом. Был одним из первых исследователей, занимающихся болезнями зерновых культур, в 1934 г. опубликовал работу «Головневые заболевания зерновых культур и меры борьбы с ними» и учебное пособие «Хваробы збожжа».

Николай Афанасьевич в 1934 г. утвержден в звании профессора по кафедре «Фитопатологии» и ему присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук.

С 1933 по 1936 г. Н. А. Дорожкин работает в должности заместителя директора Института биологических наук, а с 1936 по 1940 г. – директора Института.

В эти годы по поручению Наркомата земледелия возглавляет экспедиционные работы по обследованию посевов картофеля в пограничных районах БССР. На основе обследования более 3000 колхозов и совхозов подготовлена и опубликована монография «Порайонная характеристика заболеваний картофеля в БССР».

По совместительству с 1933 по 1941 гг. преподает на кафедре систематики растений Белорусского государственного университета сначала в должности доцента, а затем профессора, с 1947 г. занимал должность заведующего кафедрой.

В июне 1938 г. Николай Афанасьевич арестован по ложному обвинению по ст. 68 и 76 УК БССР; в феврале 1940 г. решением военного прокурора Белорусского военного округа реабилитирован.

Во время Великой Отечественной войны находился на оккупированной территории, как участник партизанского движения в Беларуси в составе партизанских отрядов «Большевик» и «Мститель». Награжден медалями «За Отвагу», «Партизану Отечественной войны I-степени», «За победу над Германией» и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

После освобождения г. Минска, в 1944 г. Н. А. Дорожкин возвращается на работу в Академию наук, и в декабре 1947 г. вновь становится директором Института биологии, которым руководит по 1952 г.

Сотрудниками института в этот период выполняли ряд тем по проблемам изучения Полесья, способам борьбы с вредителями и болезными с/х культур, борьбы с полеганием зерновых культур на торфяных почвах, пополнением состава растений БССР ценными для народного хозяйства видами, изучением флоры и фауны БССР. Николай Афанасьевич активно занимался благоустройством ботанического сада, разоренного во время войны, постоянно обращался в Президиум Академии, в ЦК КПб Белоруссии, Госплан БССР с ходатайствами о выделении финансирования для развития и расширения территории сада, установке ограды, вегетационного домика, дополнительных теплиц и модернизации оранжерей, аргументировал и отстоял перенос улицы, которая по плану должна была пройти через ботанический сад.

За время его работы на должности директора института издан ряд монографий, в т.ч. три тома «Флора БССР» (являлся редактором издания).

В 1950 г. Н. А. Дорожкин избран член-корреспондентом Академии наук БССР. В 1951 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени, отмечен Грамотой Верховного Совета БССР, орденом «Знак почета».

В конце 1940-х – начале 1950-е гг. в науке была развернута широкая политическая компания по преследованию и дискредитации ученых-генетиков, и в 1952 г. Институт биологии АН БССР реорганизуют, а директора Н. А. Дорожкина снимают с должности.

После этого, с 1952 по 1959 гг. Николай Афанасьевич работает в должности старшего научного сотрудника и заведующего отделом фитопатологии в Институте социалистического сельского хозяйства.

Одновременно продолжает преподавать в БГУ вплоть до 1971 г. в должности заведующего кафедрой систематики растений. Он разработал и читал на биологическом факультете БГУ как общие, так и специальные курсы («Растениеводство», «Микология», «Сельскохозяйственная патология»).

В 1959 г. Н. А. Дорожкин возглавил вновь созданный Белорусский научно-исследовательский институт картофелеводства и плодоовощеводства и лабораторию иммунитета этого института, и руководил им в течение 17 лет. В 1962 г. избран действующим членом (академиком) АН БССР, в 1965 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки БССР».

Постановлением ЦК КПСС и Совета министров СССР в 1974 г. Государственная премия в области науки и техники присуждена академикам АН БССР П. И. Альсмику и Н. А. Дорожкину, член-корреспонденту А. Л. Амбросову за выведение, размножение и внедрение высокопродуктивных сортов картофеля – Огонек, Темп, Развaристый, Лошицкий, Белорусский ранний, Белорусский крахмалистый.

С 1971 г. на общественных началах, а с 1976 г. в штатной должности заведующего он руководил лабораторией низших растений Института экспериментальной ботаники АН БССР.

Неоднократно выступал с докладами на форумах высокого ранга, вел большую просветительскую работу в обществе «Знание» и более 20 лет был членом его правления. Был первым председателем Белорусского отделения Всесоюзного ботанического общества, а затем его вице-президентом и членом правления, возглавлял секцию микологии и фитопатологии.

Научные работы Николая Афанасьевича посвящены главным образом фитопатологии сельскохозяйственных растений. Он изучал биологию распространения возбудителей болезней зерновых и бобовых культур, картофеля, томатов, других овощей. Определил новый цикл развития фитофтороза и рака картофеля, разработал агротехнические способы борьбы с возбудителями рака картофеля, лабораторно-полевой метод оценки устойчивости сортов картофеля к фитофторе, технологию борьбы с болезнями и вредителями картофеля. Разработал оригинальную методику выделения монозооспоровых клонов возбудителя фитофторы картофеля.

Автор более 600 научных работ, в т. ч. 23 монографий, а книга «Болезни картофеля» (1955 г.) переведена на китайский, английский, немецкий, чешский и французский языки.

За время своей работы Н. А. Дорожкин, как научный руководитель подготовил более 60 кандидатов наук и 10 докторов наук.

До настоящего времени он остается признанным экспертом в области сельскохозяйственной фитопатологии и иммунологии. Его труды используются и цитируются, входят в учебники для подрастающего поколения фитопатологов.

Научно-исследовательская и научно-педагогическая деятельность Н. А. Дорожкина являются крупным вкладом в отечественную биологию. Его многочисленные ученики тепло и с уважением вспоминают своего учителя.

*Т. Г. Шабашова, Д. Б. Беломесяцева*

# ОЛЬГА ОЛЕГОВНА ЕРМАКОВА (1945–2014)

## к 80-летию со дня рождения



Ольга Олеговна Ермакова – кандидат биологических наук, специалист в области ботаники, фитоценологии и радиоэкологии растений, трудовой путь и научная деятельность которой без остатка были посвящены работе в Институте экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси.

О. О. Ермакова родилась 11 сентября 1945 г. в г. Ставрополь, Россия, в семье журналиста-международника, историка О. А. Здоровенина. С переводом отца на издательскую работу и переездом семьи в г. Минск, БССР, среднее и высшее образование Ольга Олеговна получила в стенах белорусских образовательных учреждений: окончив в 1962 г. минскую СШ № 2 поступает на химический факультет Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (г. Горки), после окончания 1-го курса которой переводится на биологический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. По завершению в 1967 г. учебы в БГУ с дипломом по специальности «биолог, преподаватель биологии и химии» в течение года работает в должности старшего техника-картографа в НИИ почвоведения Министерства сельского хозяйства БССР.

В 1968 г. поступила на должность старшего инженера в лабораторию экологии растений Института экспериментальной ботаники АН БССР, возглавляемую д.б.н., профессором И. Н. Рахтеенко. В 1970 г. избрана на должность младшего научного сотрудника и принимает активное участие в выполнении исследований под руководством д.б.н. Б. И. Якушева; одновременно поступает в заочную аспирантуру. В 1982 г. диссертация О. О. Ермаковой «Эколого-физиологические особенности водного режима сосны обыкновенной в культурах на ранних этапах развития» успешно защищена на Ученом спецсовете Института.

За период служебного роста в должности научного сотрудника (1986 г.) и старшего научного сотрудника (1993 г.) Ольга Олеговна принимала активное участие и была ответственным исполнителем ряда тем по исследованиям особенностей функционирования корневых систем сосны, что легло в основу разработки рекомендаций по выращиванию посадочного материала.

В послечернобыльский период деятельности лаборатории экологии растений (1986–2006 гг.) в связи с перепрофиллированием тематики на радиоэкологическое направление О. О. Ермакова активно включается в работу по ее выполнению. Результат – две главы фундаментального труда «Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС)» (1995 г.) – первой в стране коллективной монографии по радиоэкологической тематике.

Всего за период работы в Институте О. О. Ермаковой по материалам исследований лично и в соавторстве опубликовано свыше 40 научных работ (в т.ч. в 4 монографии).

Наряду с большой трудоемкой научной работой Ольга Олеговна принимала самое активное участие в общественной жизни Института – продолжительное время выполняла обязанности профорга лаборатории, как член женсовета ответственно относилась к решению личных и производственных проблем сотрудников, их материальной и моральной поддержке, в отдельных случаях выходя на уровень компетенции профкома Академии наук. За активную профсоюзную деятельность награждена нагрудным знаком ВЦСПС «За активную работу в профгруппе».

После выхода на заслуженный отдых в 2004 г. с удовольствием занималась семейными и дачными хлопотами. Ушла из жизни 19 июля 2014 г.

Коллеги Ольги Олеговны Ермаковой запомнили ее как профессионала высокого уровня, талантливого исследователя-аналитика, а в повседневном общении как коммуникабельного, жизнерадостного и надежного друга, оставившего о себе в их сердцах добрую светлую память.

*Т. А. Будкевич, М. М. Сак*

# СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ МАШТАКОВ (1905–1970)

## к 120-летию со дня рождения



Сергей Михайлович Маштаков – доктор биологических наук, профессор, видный ученый в области физиологии и биохимии растений, основатель одного из научных направлений в Беларуси.

Родился 24 октября 1905 г. в с. Николаевский городок Саратовской обл. России (сейчас – Октябрьский городок) в крестьянской семье. В 1919 г. окончил семилетнюю школу, затем Тимирязевский сельскохозяйственный техникум, а с 1926 по 1930 гг. продолжил учебу в Саратовском сельскохозяйственном институте (сейчас – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова).

По окончании института С. М. Маштаков непродолжительное время работал на производстве в совхозах зернотреста. В январе 1932 г. Сергей Михайлович переезжает в Москву и поступает на работу в лабораторию физиологии растений НИИ инсектофунгицидов (сейчас – Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я. В. Самойлова) сначала в должности младшего, а затем старшего научного сотрудника. В 1936 г. С. М. Маштаков переходит на работу старшим научным сотрудником в Центральную лабораторию по изучению вирусных и бактериальных заболеваний Всесоюзного (сейчас – Всероссийского) научно-исследовательского института защиты растений. В 1937 г. Сергей Михайлович приглашен на работу во Всесоюзный НИИ каучуконосов (сейчас – Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С. В. Лебедева) на должность заместителя заведующего лабораторией физиологии растений, а с 1938 по 1940 гг. – заведовал этой лабораторией. В этот период Сергеем Михайловичем выполнены экспериментальные исследования и подготовлена кандидатская диссертация на тему «Качественные изменения каучука в корнях коксагыза в обоснование сроков уборки урожая», которую он защитил в 1939 г.

В 1940–1944 гг. он работал на кафедре ботаники Свердловского сельскохозяйственного института, а также выполнял работу по совместительству в других учреждениях: читал лекции по общей ботанике в Уральском лесотехническом институте, работал старшим сотрудником Белорусской академии наук (во время эвакуации академии), старшим научным сотрудником Свердловской полеводческой опытной станции, заведующим кафедрой высших растений биологического факультета Уральского государственного университета. В 1942 г. ему присвоено ученое звание доцента. С 1945 по 1946 гг. – он старший научный сотрудник Свердловского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства (сейчас – Всероссийский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова); с 1946 по 1948 гг. – в лаборатории каучуконосного сырья Института натурального каучука.

В 1948 г. Сергей Михайлович переезжает в г. Минск и становится заведующим лабораторией физиологии и биохимии кок-сагыза Института мелиорации, болотного и водного хозяйства АН БССР (сейчас – Институт мелиорации НАН Беларуси), в котором проработал до 1955 г. В 1955 г. на заседании Ученого совета Ботанического института имени В. Л. Комарова АН СССР Сергей Михайлович защитил докторскую диссертацию на тему «Накопление каучука в растениях кок-сагыза в связи с его биологическими особенностями и условиями произрастания», в которой обобщил многолетний экспериментальный материал по каучуконосам.

В 1956 г. в связи с реорганизацией структуры Института мелиорации и по ходатайству академика Н. В. Турбина, Сергей Михайлович перехо-

дит на работу в Институт биологии АН БССР (сейчас – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси) в должности заместителя директора по научной работе. В этом же году ВАК СССР присваивает С. М. Маштакову учёное звание профессор.

В 1958 г. он становится во главе лаборатории стимуляторов роста и гербицидов Институт биологии АН БССР, созданной им на базе существовавшей группы экологической физиологии растений. Через несколько лет направление научной деятельности лаборатории уточнено, она получает название «лаборатория химической регуляции роста и развития растений». Данный этап научной деятельности характеризуется совершенно новой оригинальной постановкой исследований по физиолого-биохимической характеристике устойчивости генетически различных форм культурных растений к гербицидам. С. М. Маштаковым обоснована принципиальная возможность повышения содержания биоактивных веществ в растениях с помощью химических регуляторов роста. Именно в этот период своей деятельности проявилась незаурядная интуиция Сергея Михайловича как учёного, его логика в обосновании целей и методов экспериментального исследования, способность анализировать экспериментальный материал и выявлять наиболее перспективные пути дальнейших исследований. Основные результаты экспериментальных работ С. М. Маштакова изложены в монографиях «Физиологическое действие гербицидов на сорта культурных растений» (1967 г.), «Физиологическое действие некоторых гербицидов на растения» (1971 г.), а также в многочисленных статьях, опубликованных в самых престижных союзных журналах. Исследования С. М. Маштакова всегда ориентированы на завершение в форме конкретного технологического приёма, на решение важной народнохозяйственной задачи. Им подготовлены и изданы многочисленные рекомендации. В целом, профессор С. М. Маштаков является автором более 150 научных работ и основателем научной школы, яркими представителями которой являются д.б.н., профессор В. П. Деева, д.б.н., профессор А. П. Волынец, академик НАН Беларуси, д.б.н., профессор Н. А. Ламан, к.б.н. З. П. Паршакова, к.б.н. П. А. Мощук, к.б.н. А. Ф. Гуз, к.б.н. Р. А. Прохорчик, к.б.н. И. И. Паромчик, к.б.н. В. А. Войнило, к.б.н. В. А. Щербаков, к.б.н. В. Н. Столович, к.б.н. Т. Е. Свиридова. Фактически за 10 лет под руководством Сергея Михайловича выполнено и защищено 2 докторские и 12 кандидатских диссертаций.

Характеризуя С. М. Маштакова как крупного учёного и незаурядную личность, нельзя не отметить его большой вклад в организацию и координацию научных исследований в Беларуси и Западном регионе. Являясь на протяжении многих лет председателем Регионального научного совета по проблемам физиологии и биохимии растений Беларуси и Прибалтийских республик АН СССР, С. М. Маштаков снискал большое уважение коллег, на долгие годы заложил благоприятные условия плодотворного научного сотрудничества в регионе. Сергей Михайлович установил и поддерживал самые тесные научные контакты с коллегами, проводившими исследования по проблеме избирательного действия гербицидов и регуляторов роста в гг. Москве, Киеве, Вильнюсе, Риге, Уфе и т.д.

Его внезапный уход из жизни в 1970 г. в таком продуктивном для ученого возрасте лишил научное сообщество выдающегося человека блестящих прозрений и неутомимого искателя истины. Сергей Михайлович был высоко требователен к себе и всем, кто работал рядом с ним, являлся личностью исключительной честности и принципиальности, человеком необыкновенно энергичным и трудоспособным, отличался неутолимой жаждой к экспериментальным исследованиям, способностью сохранять самообладание в критических ситуациях и находить выходы из них.

*Заведующий лабораторией роста и развития растений,*
*академик НАН Беларуси Н. А. Ламан*

# ИВАН НАУМОВИЧ РАХТЕЕНКО (1905–1988)

## к 120-летию со дня рождения



Иван Наумович Рахтеенко – доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки БССР, лесовод, ученый-фитоценолог, специалист в области экологии и физиологии растений, создатель белорусской школы корневедов.

Иван Наумович Рахтеенко родился 21 сентября 1905 г. в д. Слепцы Лиозненского р-на (бывшая Витебская губерния) в крестьянской семье. Рабфак при Белорусском государственном университете, лесохозяйственный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии (г. Горки) – вот путь, который привел его в науку. Уже в годы студенчества проявил интерес к вопросам физиологии растений и экологии лесных сообществ. С твердым желанием заняться научно-исследовательской работой поступил в аспирантуру при Белорусском НИИ лесного хозяйства (г. Гомель), где прошел аспирантскую подготовку под руководством известного лесохимика академика В. В. Шкателова.

После окончания в 1933 г. аспирантуры оставлен в институте для продолжения исследовательской работы в должности научного сотрудника, а 1935 г. – старшего научного сотрудника. Здесь в этот период им собран и обобщен большой экспериментальный материал по подсочке лиственных древесных пород с целью получения из их соков сахаристых продуктов и винного спирта. Разработка представлена на ВДНХ СССР, имя И. Н. Рахтеенко внесено в Книгу почета выставки. В 1941 г. в Институте химии АН БССР им защищена кандидатская диссертация по подсочке лиственных пород.

В годы Великой Отечественной войны Иван Наумович назначен директором образованного в Оренбургской области филиала Всесоюзного НИИ лесного хозяйства, а в 1944–1945 гг. после освобождения Белоруссии, переведен в г. Гомель для исполнения обязанности директора возвращенного из эвакуации Белорусского НИИ лесного хозяйства. В 1946 г. И. Н. Рахтеенко направлен в г. Пушкин Московской области для руководства экспериментальной базой Всесоюзного НИИ лесного хозяйства, где за период 1946–1951 гг. наряду с большой организационной работой проводит обширные исследования в области экологии и физиологии древесных растений. По материалам исследований этого периода подготавлена и опубликована в 1952 г. монография «Корневые системы древесных и кустарниковых пород», высоко оцененная отечественными специалистами и переизданная за рубежом.

В 1961 г. на основе обобщения своих многолетних исследований Иван Наумович завершает докторскую диссертационную работу на тему «Рост и взаимодействие корневых систем древесных пород в лесных насаждениях», которую успешно защищает в Ботаническом институте имени В. Л. Комарова АН СССР. Диссертационная работа И. Н. Рахтеенко, отражающая во многом новые оригинальные подходы к изучению и анализу особенностей жизнедеятельности корневых систем и их роли во взаимоотношениях растений в чистых и смешанных культурах, в 1963 г. опубликована в виде монографии «Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений».

В 1951 г. И. Н. Рахтеенко назначен директором Ботанического сада АН БССР, на территории которого под его руководством проводится подготовка к возведению нового исследовательского корпуса сада и тепличных помещений, происходит расширение и обновление коллекций. Одновременно Иван Наумович продолжает исследования роста и развития подземных органов древесных и кустарниковых растений, выполняет ряд оригинальных модельных экспериментов по изучению физиологической активности корней различных древесных пород.

В 1956 г. Иван Наумович Рахтеенко приглашен на работу в Институт экспериментальной

ботаники и микробиологии АН БССР, где он основал отдел экологии растений (позже получивший статус лаборатории), ставший на многие годы одним из фундаментальных научных подразделений Института. Направление деятельности лаборатории нацелено на решение важнейшей проблемы фитоценологии – разработке теоретических основ создания устойчивых и высокопродуктивных растительных сообществ различного народнохозяйственного назначения. Приоритетное внимание исследователей направлено на изучение корневых систем.

Иваном Наумовичем сформирован плодотворный и многогранный научный коллектив, который изучал широкий круг морфологических, физиологических и биохимических характеристик функционирования корневых систем во взаимосвязи с надземными органами у хозяйственно ценных древесных и травянистых видов. Исследовательская работа в лаборатории велась на высоком методологическом уровне с использованием современного высокоточного фотоколориметрического, спектрофотометрического, хроматографического и радиометрического измерительного оборудования. И. Н. Рахтеенко одним из первых в Беларуси начал использовать индикационный метод «меченых» атомов, что открыло совершенно новые возможности в изучении физиологических процессов в жизнедеятельности растений.

Вклад Ивана Наумовича Рахтеенко в биологическую науку весьма значителен – за более чем 30-летний период руководства обширной и плодотворной школой корневедов реализован уникальный комплекс исследований структуры, функционирования и роли корневых систем растений в лесных насаждениях и агроценозах, сформулированы научные принципы, которые легли в основу подбора биологически совместимых видов растений в смешанные посадки и посевы, отличающиеся по сравнению с монокультурами большей устойчивостью и продуктивностью. По результатам многолетних исследований И. Н. Рахтеенко опубликовано более 200 научных работ (включая 7 монографий), подготовлены 1 доктор и 12 кандидатов наук, достойно продолживших дело, начатое их руководителем. Заложенные И. Н. Рахтеенко основы оригинального направления исследований по изучению эколого-физиологических механизмов межвидовых и внутривидовых взаимоотношений растений в растительных сообществах, разработанные им и учениками его школы теоретические принципы экологической совместимости видов растений в фитоценозах внесли важный вклад в развитие и достижения фитоценологии и экологии растений в Беларуси, во многом способствовали признанию Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича АН БССР одним из головных ботанических центров среди ведущих отечественных и зарубежных научно-исследовательских учреждений фитоценологического направления.

Кроме основной научной деятельности И. Н. Рахтеенко много энергии отдавал организационной и общественной работе: трижды избирался членом Бюро и на протяжении восьми лет являлся заместителем академика-секретаря Отделения биологических наук, был вице-президентом Белорусского ботанического общества, членом союзных и республиканских координационных советов по проблемам фитоценологии и лесоведения, членом редколлегии сборника «Ботаника: исследования», журнала «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (серыя біялагічных навук), Всесоюзного журнала «Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах».

Как признание большой научной и научно-организационной деятельности И. Н. Рахтеенко в 1971 г. ему присвоено звание «Заслуженный деятель науки БССР». В числе удостоенных им государственных наград за многолетний плодотворный труд – орден «Знак Почета», медали «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» и «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», Почетные грамоты Президиума Верховного Совета БССР.

Все желающие в наши дни отдать дань памяти и уважения И. Н. Рахтеенко, могут склонить головы перед живым памятником – рукотворным лесным массивом, заложенным Иваном Наумовичем и его учениками 60 лет назад на обширной площади в районе Биологической опытной станции Института генетики АН БССР как экспериментальный полигон для исследования смешанных посадок лесных культур. Сегодня это памятник человеку и ученому, патриоту своей страны, посвятившему жизнь изучению и приумножению богатств родной природы.

*Б. С. Мартинович, Т. А. Будкевич*

# ПОТЕРИ НАУКИ
# OBITUARY

## ОЛЕГ ПЕТРОВИЧ БУЛКО
## (1935–2025)



4 ноября 2025 г. в возрасте 90 лет ушел из жизни кандидат биологических наук, специалист в области биохимии растений и молекулярной биологии Олег Петрович Булко – один из старейших представителей известной не только в стране, но и за рубежом белорусской биохимической школы академика А. С. Вечера.

О. П. Булко родился в г. Красный Сулин Ростовской обл. (Россия) 10 июля 1935 г. в семье служащих. После учебы в школе и окончания биологического факультета Харьковского государственного университета (1953–1958 гг.) в течение трех лет проработал в Украинском НИИ растениеводства, селекции и генетики (сейчас – Институт растениеводства имени В. Я. Юрьева НААН Украины, г. Харьков) сначала в должности техника, а затем младшего научного сотрудника лаборатории агротехнологии, где зарекомендовал себя инициативным, любознательным, творчески мыслящим сотрудником, успешно освоившим агротехнологические приемы исследования. С этой характеристикой, подписанной директором института академиком В. Я. Юрьевым, Олег Петрович в 1961 г. направлен в Институт биологии АН БССР (сейчас – Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси) для поступления в аспирантуру.

Весь свой дальнейший путь научного роста от аспиранта до ведущего научного сотрудника пройден Олегом Петровичем в отделе биохимии растений (позже – лаборатории биохимии и биотехнологии растений), возглавляемом А. С. Вечером. В основу успешно защищенной в 1968 г. диссертации О. П. Булко положена выполненная впервые в Беларуси фундаментальная работа по исследованию биохимического состава и свойств пластид растений. За период работы в лаборатории Олег Петрович, наряду с совершенствованием и развитием новых научно-методических разработок в области нуклеиновых кислот и ядерного аппарата, принимал активное участие в выполнении важных исследований по фотометрическому определению белка в картофеле. В 1998 г. лаборатория (руководитель д.б.н. В. Н. Решетников) в полном составе переведена из Института экспериментальной ботаники в Центральный ботанический сад НАН Беларуси, где О. П. Булко совместно с д.б.н. В. Л. Калером изучал биохимические аспекты взаимодействия продуцентов и консументов в водных экосистемах; выполнял ряд эколого-биохимических исследований по влиянию радионуклидов на морфологические и биохимические параметры клеток семян у культур различных систематических групп, позволяющие дать оценку адаптогенности их к воздействию радиации.

В памяти и сердцах коллег и друзей Олега Петровича Булко навсегда останется образ ученого-подвижника, глубоко эрудированного специалиста в вопросах молекулярной биологии, биохимии и генетики, преданного научным принципам и поиску новых методических решений в исследовательской работе. Оставленное им наследие – его научные публикации и методологические разработки, до настоящего времени сохраняющие актуальность для новых поколений биохимиков растений.

*Редакция сборника «Ботаника (исследования)»*

# ХРОНИКА
# CHRONICLE

## МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ЛЕТНЯЯ ШКОЛА ПО ЛЕСНОЙ ФИТОЦЕНОЛОГИИ «SYLVAN 2025»

12–20 июля 2025 г., Гродненская область, Свислочский район, д. Войтов Мост, ГПУ «Национальный парк «Беловежская Пуща»

12–20 июля 2025 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси при поддержке ГПУ «Национальный парк «Беловежская Пуща» и ОО «Ботаническое общество» на базе эколого-просветительского центра на территории Национального парка «Беловежская пуща» (Гродненская область, Свислочский район, д. Войтов Мост) организована и проведена ***V-ая Международная молодежная летняя школа по лесной фитоценологии «Sylvan 2025»***.

В работе школы приняли участие представители из 8 научно-исследовательских и природоохранных учреждений, высших учебных заведений Республики Беларусь и Российской Федерации (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Гродненский государственный университет имени Я. Купалы, Национальный парк «Беловежская пуща, Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Кольский научный центр Российской академии наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, Тульский государственный университет, Национальный парк «Тульские засеки»).

Работа была организована в группах по 4 человека по пяти тематическим направлениям:

1. *Исследование лесных фитоценозов на постоянных пробных площадях* – оценка структуры и состояния лесных фитоценозов, видовое разнообразие и структура живого напочвенного покрова, подроста и подлеска, фитоиндикация по экологическим шкалам (куратор – д.б.н., доцент О. В. Созинов);

2. *Дендрохронологические исследования* – определение возраста деревьев, оценка динамики древостоев, дендроклиматология (куратор – к.б.н. А. Ю. Комар);

3. *Изучение лесных фитоценозов маршрутным методом* – изучение техники геоботанического описания, камеральная обработка, применение описаний при классификации растительности (куратор – к.б.н. Р. В. Цвирко);

4. *Таксация древостоя на постоянных пробных площадях. Методы исследования мертвой древесины в лесных фитоценозах* – определение основных лесоводственно-таксационных показателей древостоя на постоянных пробных площадях, определение стадий разложения мертвой древесины (куратор – к.б.н. В. В. Лукин);

5. *Лесное болотоведение* – закладка геоботанического профиля, временных пробных площадей, отбор образцов торфа и определение его состава и параметров (кураторы – д.б.н., доцент Д. Г. Груммо, д.б.н., доцент Е. М. Волкова).

Вместе с кураторами участники школы проводили исследования на территории Новоселковского лесничества Национального парка «Беловежская пуща» в старовозрастных лесных массивах. Каждая группа провела полный цикл исследовательской работы от сбора полевого материала до выступления в заключительный день школы с научным докладом о результатах проделанной работы в виде презентаций.

В рамках работы летней школы кураторы и приглашенные специалисты прочитали ряд лекций на актуальные научные и природоохранные темы.

Проведение молодежной школы по лесной фитоценологии способствует формированию базовых компетенций, мотивации и проявлению интереса у студентов, магистрантов и аспирантов к научным исследованиям в области ботанической науки. Все участники отметили высокий уровень организации школы и выразили пожелания по организации такого мероприятия ежегодно с расширением сроков проведения (до 10 дней) и направлений работы групп.

Всем «выпускникам» и кураторам вручены сертификаты Международной молодежной летней школы по лесной фитоценологии «Sylvan-2025».



*Сбор полевого материала участниками Международной молодежной летней школы «Sylvan 2025»*






*Защита проектов участниками Международной молодежной летней школы «Sylvan 2025»*



*Участники Международной молодежной летней школы «Sylvan 2025» в день выпуска*

# IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ»

16–18 сентября 2025 г., Витебская область, Браславский район, г. Браслав, ГПУ «Национальный парк «Браславские озера»

16–18 сентября 2025 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси на базе ГПУ «Национальный парк «Браславские озера» (Витебская область, Браславский район, г. Браслав) организована и проведена ***IV Международная научная конференция молодых ученых «Современные проблемы экспериментальной ботаники»***.

Цель проведения конференции – обсуждение молодыми учеными результатов собственных научных исследований, обмен опытом, поиск новых идей и путей решения актуальных задач, развитие и расширение научных связей, а также развитие перспективных научных направлений, что в дальнейшем положительно скажется на качестве научных исследований молодых ученых и их практико-ориентированной реализации.

Доклады на конференцию направили свыше 180 молодых ученых, аспирантов, студентов из Абхазии, Азербайджана, Беларуси, Вьетнама, Китая, России, Туркменистана и Узбекистана. Для участия в работе конференции зарегистрировались 50 ученых из 15 учреждений науки, образования, охраны природы Беларуси и России.

16 сентября 2025 г. состоялось открытие конференции. С приветственными словами выступили представители Отделения биологических наук НАН Беларуси, дирекции Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, научного отдела ГПУ «Национальный парк «Браславские озера». На пленарном заседании заслушаны и обсуждены 3 доклада от Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Института леса НАН Беларуси и Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН.

17 сентября 2025 г. прошла работа 3 тематических секций, где обсуждены 46 докладов из 16 учреждений Беларуси и России. Лучшие доклады отмечены дипломами, поощрены призами и рекомендованы к публикации в сборнике научных трудов «Ботаника (исследования)».

18 сентября 2025 г. состоялись полевые экскурсии по территории национального парка, где молодые ученые ознакомились с растительными сообществами Браславских озер и условиями произрастания редких и исчезающих видов растений, попрактиковались в определении видов и оценке состояния фитоценозов.

Участники отметили научную значимость проведенной конференции, способствующей установлению новых научных и творческих связей, определению перспективных направлений исследований в области экспериментальной ботаники среди молодежных коллективов.



*Участники IV Международной научной конференции молодых ученых «Современные проблемы экспериментальной ботаники» на территории национального парка «Браславские озера»*

# МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНВАЗИЙ»

16–18 октября 2025 г., г. Минск, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

16–18 октября 2025 г. Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси организована и проведена ***Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты исследований биологических инвазий»***.

Оргкомитетом конференции получены заявки от 125 участников, которые представили 52 доклада. В работе приняли участие (в форме докладов и/или публикаций) известные ученые Беларуси, России, Армении и Италии, представляющие 43 научные организации и учреждения, среди которых представители Управления делами Президента Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минского городского комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Законодательного собрания Санкт-Петербурга, ряда научно-исследовательских институтов НАН Беларуси, высших учебных заведений Беларуси (гг. Минск, Гродно, Витебск) и России (гг. Санкт-Петербург, Москва, Тюмень, Петозаводск, Саранск, Пермь, Сыктывкар, Сургут, Вятка и др.).

С приветствием к участникам конференции обратились представители Отделения биологических наук НАН Беларуси, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Законодательного собрания Санкт-Петербурга, Управления делами Президента Республики Беларусь, УП «Минскзеленстрой».

С пленарными докладами выступили сотрудники Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Законодательного собрания Санкт-Петербурга, Главного ботанического сада имени Н. В. Цицина РАН, Зоологического института РАН.

В рамках конференции состоялись заседания, на которых заслушаны и обсуждены доклады о нормативно-правовых и технологических основах ограничения распространения и искоренения биологических инвазий, аллелопатическом потенциале инвазивных видов растений, экспансии и акклиматизации инвазивных видов растительного и животного миров, методах ограничения и борьбы, внедрении новых эффективных способов и приемов борьбы с инвазивными видами, разработке и реализация совместных проектов по ограничению распространения и искоренению инвазивных видов в рамках Союзного государства Беларуси и России.

По результатам конференции принята резолюция, в которой указали на необходимость поиска мер борьбы с инвазивными видами в лесных экосистемах, где проведение химических обработок существенно ограничено. Намечено решать вопросы и по поиску биологических мер борьбы (насекомых, бактерий, вирусов, грибов и т.п., включая генетические манипуляции), позволяющих стать естественным инструментом регуляции численности инвазий. Актуален поиск новых соединений, имеющих избирательное воздействие на чужеродные виды. В то же время стоит обратить внимание на получение новых субстанций из растительного сырья инвазивных видов, перспективных в фитопатологических и фармацевтических целях. На основе положительного опыта г. Минска предложено ввести в практику проведение обязательной экспертизы плодородного слоя почвы, снимаемого с отведенных под строительство земельных участков, на предмет засоренности почвы жизнеспособными семена борщевика Сосновского и золотарника канадского.

В рамках конференции состоялась встреча представителей Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси и Законодательного собрания г. Санкт-Петербург, где обсужден широкий спектр вопросов в области ограничения и распространения инвазивных видов.

По итогам работы конференции издан сборник материалов. Участники конференции отметили высокий научный уровень, отличную организацию конференции. Это мероприятие придаст новый импульс изучению биологических инвазий и улучшению нормативно-правовых и технологических основ ограничения распространения и искоренения биологических инвазий Союзного государства Беларуси и России.



*Участники Международной научной конференции*
*«Фундаментальные и прикладные аспекты исследований биологических инвазий»*

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОВЕТА СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА («ЭКОСОВЕТ»)

(17–18 декабря 2025 г., г. Минск – д. Домжерицы Лепельского района Витебской области, ГПУ «Березинский биосферный заповедник»)

17–18 декабря 2025 г. состоялся ***международный научно-практический семинар Международного научно-общественного экологического Совета стран Евразийского экономического союза («ЭКОСОВЕТ»)*** (г. Минск – д. Домжерицы Лепельского района Витебской области, ГПУ «Березинский биосферный заповедник»).

Семинар организован рядом научных и общественных структур, среди которых и Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

«Экосовет» учрежден странами-членами Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в целях объединения усилий научного и экспертного сообщества для решения экологических проблем в регионе. Учредительная конференция и первое заседание «Экосовета» стран ЕАЭС состоялись в г. Москва в 2024 г. Инициатором создания выступила АНО «Центр перспективных научно-образовательных программ Евразийского пространства «Евразимут». В состав «Экосовета» вошли представители национальных Академий наук и университетов, государственных структур, бизнеса и экспертного сообщества стран ЕАЭС, в том числе в действующем составе «Экосовета» 5 представителей от Республики Беларусь. Председателем «Экосовета» является академик НАН Беларуси А. В. Кильчевский.

В рамках семинара проведены пленарные заседания и круглые столы, где обсуждены актуальные вопросы сохранения биологического и ландшафтного разнообразия стран ЕАЭС, развития научного и экологического туризма на особо охраняемых природных территориях, издания образовательного пособия по вопросам экологии и природопользования, а также роль общественных организаций в экологическом образовании молодежи.

С докладами выступили представители всех стран-участниц Союза, что подчеркнуло общность экологических вызовов и необходимость координации усилий.

Представлен отчет о проделанной работе за 2025 г., также обсужден план работы на 2026 г., включающий создание экологической литературы, учреждение Постоянной рабочей группы по сохранению биоразнообразия, разработку концепции пилотного трансграничного эколого-познавательного маршрута, поддержку в организации первого Молодежного экологического форума ЕАЭС, активизацию работы по привлечению финансирования для ключевых проектов.

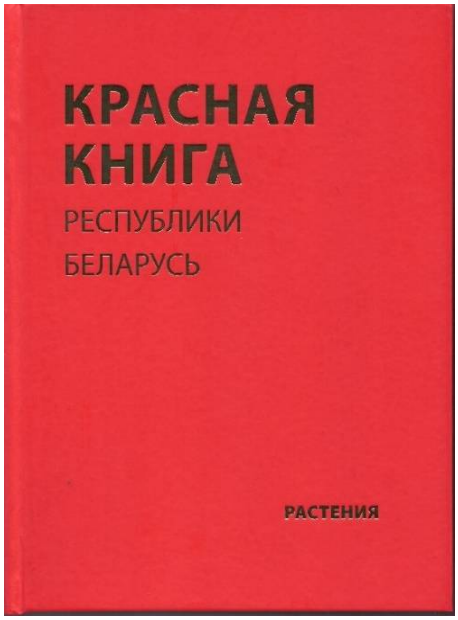


*Пленарное заседание «Экосовета»*
*«Актуальные вопросы сохранения биологического разнообразия в странах ЕАЭС»*

# АННОТАЦИИ НОВЫХ КНИГ
# NEW BOOKS DESCRIPTIONS

## КРАСНАЯ КНИГА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. РАСТЕНИЯ:
### РЕДКИЕ И НАХОДЯЩИЕСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ВИДЫ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Красная книга Республики Беларусь. Растения : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол. : С. М. Масляк (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. ; редсовет : А. Н. Карлюкевич (гл. ред.) [и др.]. – 5-е изд. – Мн. : Беларусь, 2025. – 576 с. ISBN 978-985-01-1932-2.




В 5-е издание Красной книги включено 310 видов, в том числе: 189 видов сосудистых растений, 37 – мохообразных, 23 – водорослей, 29 – лишайников и 32 – грибов. Для каждого из видов приведены категории национальной и международной природоохранной значимости, краткое описание, информация о распространении, местах обитания, биологии, численности и тенденциях ее изменения, основных факторах угроз, мерах охраны, а также фотографические материалы и картосхемы распространения в стране. Также приведены приложения в виде аннотированных списков видов сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников и грибов, вероятно исчезнувших с территории Беларуси («черный список») и списки видов сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников и грибов, требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны.

Сотрудники Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси являются авторами очерков и фотографий.

## АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НАИБОЛЕЕ АГРЕССИВНЫХ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Прохоров, В. Н. Аллелопатический потенциал наиболее агрессивных инвазивных видов растений Беларуси / В. Н. Прохоров ; НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Мн. : Беларуская навука, 2025. – 323 с. ISBN 978-985-08-3357-0.




В книге обобщены результаты многолетних комплексных исследований по оценке аллелопатического потенциала наиболее агрессивных инвазивных видов растений на территории Беларуси и их аборигенных сородичей. Рассмотрены эколого-биологические особенности инвазивных видов растений и их аборигенных сородичей, влияние аллелопатической активности на проявление инвазионности, основные направления использования их в хозяйственно полезных целях. Издание рассчитано на специалистов в области инвазионной биологии, физиологии и биохимии растений, ботаники, защиты растений, агрохимии.

# УКАЗАТЕЛЬ НОВЫХ НАЗВАНИЙ СИНТАКСОНОВ
# INDEX TO NEW SYNTAXA NAMES

subassociation ***Urtico dioicae–Heracleetum sosnowskyi erigeronetosum canadensis*** Kulikova et al. 2025 nov. hoc loco 100

association ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris*** Tsvirko et al. 2025 nov. hoc loco 132

subassociation ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris typicum*** Tsvirko et al. 2025 nov. hoc loco 132

subassociation ***Thelypterido palustris–Pinetum sylvestris caricetosum elongatae*** Tsvirko et al. 2025 nov. hoc loco 132

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
# REQUIREMENTS FOR AUTHORS

1. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные, не иметь научно некорректного заимствования (использования результатов иных лиц, без ссылок на автора и источник). Редакция отставляет за собой право проверки материалов на антиплагиат.

2. Основным условием публикации статей является их соответствие профилю издания, новизна и информативность содержания. Статьи принимаются редакцией и издаются на **русском, белорусском и английском языках**. Объем научной статьи должен составлять **не менее 14 тыс. печатных знаков** и не должен превышать ~40 тыс. печатных знаков, или 7 тыс. слов, иной объем необходимо согласовать с редакцией. Объем статей о персоналиях должен составлять не более 6–7 тыс. печатных знаков или 1 тыс. слов.

3. Все материалы представляют в электронном и в распечатанном виде с подписями всех авторов (или одного из авторов с пометкой «согласовано со всеми соавторами») на последнем листе. На отдельных листах к материалам прилагаются:

3.1. Сведения на русском языке с фамилиями, именами, отчествами авторов, указанием их должности, ученой степени и звания, полным названием учреждения, SPIN-кодом и AuthorID портала elibrary.ru; электронным адресом и номером телефона одного из авторов для сообщений.

3.2. Акт экспертизы о возможности опубликования статьи в открытой печати.

3.3. Сопроводительное письмо руководства или выписка из протокола заседания ученого совета (отдела, кафедры и т.п.) учреждения, в котором выполнена работа, либо завизированная научным руководителем (руководителем структурного подразделения) первая страница статьи. Подпись должна иметь расшифровку и заверена печатью учреждения.

3.4. Акт передачи типа/изотипа таксона либо дублета в фонд Гербария Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси – для статей о новых таксонах и новых флористических находках на территории Беларуси (для оценки рецензентом).

4. В электронном варианте работа предоставляется в редакцию в формате *.docx, *.doc, *.rtf. Название файла – фамилии первых (1–3) авторов на языке публикации. Формат страницы – **А4**, книжная ориентация, все поля – **2,2 см**. Шрифт текста **– Times New Roman**, межстрочный интервал – **1,0**, кегль шрифта **12**, абзацный отступ – **0,5 см**, выравнивание – по ширине, автоматические переносы слов – отключены. Для заглавной части (авторы, название статьи и учреждения) – без отступа, выравнивание по центру.

5. Структурные элементы статьи располагают в следующей последовательности:

5.1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).

5.2. Инициалы и фамилии авторов.

5.3. Название статьи. В названии статьи, как и во всем тексте, типовые названия растений дублируют на латыни.

5.4. Полное наименование учреждений, город, страна, адрес электронной почты (одного из авторов). Если статья предоставлена несколькими учреждениями, то после ФИО каждого автора ставится верхний цифровой индекс ([1], [2], [3]), он же ставится перед названием учреждения.

5.5. Аннотация (кратко и информативно излагает цели, методы и результаты работы (100–200 слов) с ключевыми словами (не дублируют название, а отражают содержание текста в терминах объектов, научной отрасли и методов исследования – 5–8 слов или словосочетаний).

5.6. Далее в русскоязычных статьях на *английском языке* полностью приводят все данные, предшествующие основному тексту статьи (пп. 5.1.–5.5.: авторы, название статьи, учреждения и аннотация); в англоязычных статьях вышеуказанные данные приводят на *русском языке*, в белорусскоязычных статьях – на *русском* и *английском языке*.

5.7. Основной текст статьи должен содержать рубрики: «Введение», «Объекты (материалы) и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение».

Рисунки и таблицы вставляют в основной текст, общее их количество, как правило, не должно превышать 8–10. Названия таблиц и рисунков дают на *русском* (либо *белорусском*) и *английском языках.* Ссылки в тексте – рис. и табл., при повторной ссылке – см. рис., см. табл. Переход таблиц на следующую страницу через функцию «повторить строки заголовков».

Латинское название родов и видов растений печатают *курсивом*, при первом упоминании приводят ссылку на автора прямым шрифтом (напр., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench). При использовании русских названий растений обязательно приводится и латинское название. Возможно сокращение родового названия при полном упоминании в начале каждого абзаца.
Названия синтаксонов пишут ***полужирным курсивом*** и при первом упоминании должны сопровождаться фамилией валидно опубликовавшего автора и годом публикации (обычным шрифтом). Названия синтаксонов, состоящие двух таксонов, при наличии видовых эпитетов пишут через среднее тире (–) (***Helictotricho desertorum–Stipetalia***, ***Trifolio–Festucetum rubrae***, ***Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris***), при их отсутствии – через дефис (***Vaccinio-Piceetea***).

5.8. Под заголовком «Благодарности», «Падзяка» или «Acknowledgements» сообщают информацию о финансовой поддержке проектов грантами, а также о консультативной или методической помощи в проведении исследований.

5.9. Литература (цитируемые источники) – как правило, от 10 до 50 ссылок, приводят общим списком **в порядке упоминания**, в тексте представлены порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1], [2, 3]). Список оформляют в соответствии с требованиями *Высшей аттестационной комиссии* Республики Беларусь. Ссылки на неопубликованные работы (отчеты и т.п.) **не допускаются**. Ссылки на собственные работы – не более 20% от общего количества.

6. Прочие технические требования:

6.1. Не изменять стандартных положений колонтитулов.

6.2. Для формул использовать формульный редактор Word.

6.3. Вставку специальных символов выполнять через меню «Вставка / Символ».

6.4. Верхний и нижний индексы ($C^4$, $C_2$) выполнять через меню «Шрифт / Верхний индекс», «Шрифт / Нижний индекс».

6.5. Для символов химических элементов (Na, Fe, Cl и др.) использовать прямой шрифт.

6.6. Между цифрами всегда ставят среднее тире (–) без пробелов (напр., 28,3–34,6, 8–10).

6.7. Графический материал вставляют в текст **без сжатия рисунков**. Редакция вправе затребовать графический материал в виде отдельных файлов.

7. Поступившие в редакцию рукописи регистрируют, рассматривают на соответствие профилю издания, соблюдение правил оформления, оценивают на новизну представленных данных и научное заимствование. Все представляемые материалы проходят рецензирование. По рекомендации рецензента рукописи возвращают авторам на доработку. Правки авторы вносят в текст самостоятельно и готовят ответ рецензенту, где указывают какие замечания учтены, какие нет и аргументируют отказ от внесения правок. Переработанные рукописи передают редколлегии для принятия решения о публикации их в очередном выпуске сборника. Редколлегия оставляет за собой право сокращать и редактировать текст статьи (включая оптимизацию названия). Сверстанный макет статьи (гранки) направляют авторам для корректуры, обязанность автора внимательно и в сжатые сроки вычитать материал, это последняя возможность внесения незначительных изменений перед публикацией.

8. Плата с авторов за публикацию рукописей не взимается. Авторы должны активно сотрудничать с редакцией: быстро отвечать на все запросы, вносить рекомендованные исправления.

9. **Электронный вариант статьи** предоставляют в редакцию **только** по электронной почте: **botanika.issledovaniy@gmail.com**. Название файла должно состоять из фамилий первых (1–3) авторов на языке публикации.

Отправляя статью в адрес редакции вы, тем самым, подтверждаете свое согласие и согласие всех соавторов на публикацию отредактированного варианта статьи в Сборнике научных трудов «Ботаника (исследования)» в бумажном и электронном виде, а также распространение ее в сети интернет, размещение в наукометрической базе данных РИНЦ и иных базах.

10. Материалы в распечатанном виде с подписями и всеми сопроводительными документами следует направлять по адресу: Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27; Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, редакция сборника научных трудов «Ботаника (исследования)», каб. **301**, Зеленкевич Наталье Алексеевне. Тел. для справок: **+375 17 378 25 14.**

*Научное издание*

# БОТАНИКА
# (ИССЛЕДОВАНИЯ)
сборник научных трудов

Выпуск 56

Ответственный за выпуск: *Н. А. Зеленкевич*
Фото обложки: *С. С. Савчук*

Подписано в печать 29.12.2025.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл.печ.л. 41,15. Уч.-изд.л. 41,62.
Тираж 100 экз. Заказ № 475.

Выпущено по заказу
Государственного научного учреждения
«Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/41 от 29.01.2014
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17