

ISSN 1810-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

NATURAL RESOURCES

**№ 1
2020**

Научное издание
SCIENTIFIC EDITION

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

Навуковы часопіс
«ПРЫРОДНЫЯ РЭСУРСЫ»
Выдаецца з 1996 года
Выходзіць 2 разы ў год
Красавік 2020 г.

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

Галоўны рэдактар
Міхаіл Яфімавіч Нікіфараў

Рэдакцыйная калегія:

I. I. Ліштван (*намеснік галоўнага рэдактара*),
A. I. Чайкоўскі (*намеснік галоўнага рэдактара*),
Я. В. Рошчына (*вядучы рэдактар журналу*),
М. П. Аношка, У. М. Байчораў, А. І. Барадзін, С. У. Буга,
І. В. Войтаў, С. Я. Галаваты, М. Р. Гермянчук, В. І. Гіпчык,
В. В. Грычык, С. В. Дзямідава, С. А. Дубянок,
М. А. Ерэско, Дз. Л. Іваноў, А. І. Кавалевіч,
М. В. Клебановіч, А. М. Корбут, К. У. Кузняцова,
Б. В. Курзо, Р. Ю. Лабазнаў, В. В. Лапа,
С. А. Лысенка, А. А. Махнач, А. В. Нявераў,
А. В. Пугачэўскі, В. П. Сяменчанка, А. Э. Томсан,
В. С. Хоміч, У. У. Ціток, В. С. Шымава

Адрас рэдакцыі:
вул. Акадэмічная, 1, к. 119,
220072, г. Мінск
Тэл. +375 17 284 19 19.
E-mail: priod_res@mail.ru

Падпісныя індэксы:
012762 ведамасны
01276 індывідуальны

Камп'ютарная верстка М. Э. Малярэвіч
Падпісана да друку 23 красавіка 2020 г.
Фармат 60 × 84 ¹/₈. Папера афсетная. Друк лічбавы.
Ум. друк. л. 14,42. Ул.-выд. л. 15,8.
Наклад 64 экз. Заказ 78.
Кошт: індывідуальная падпіска – 21,74 руб.,
ведамасная падпіска – 21,96 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:
Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Выдавецкі дом «Беларуская навука».
Пасведчанні аб ДРВВРДВ № 1/18 ад 02.08.2013,
№ 2/196 ад 05.04.2017, ЛП № 02330/455 ад 30.12.2013.
Вул. Ф. Скарыны, 40, 220141, г. Мінск

Scientific Journal
“NATURAL RESOURCES”
Published since 1996
Issued twice a year
April 2020

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

Editor-in-Chief
Michael Yefimovich Nikiforov

Editorial board:

I. I. Lishtvan (*Associate Editor-in-Chief*),
A. I. Tchaikovsky (*Associate Editor-in-Chief*),
Ya.V. Roshchina (*Lead Editor*),
V. M. Baichorov, O. I. Borodin, S. V. Buga, I. V. Voitov,
M. G. Germenchuk, V. I. Gipchik, S. E. Golovaty,
V. V. Grichik, S. V. Demidova, S. A. Dubenok,
M. A. Yeresko, D. L. Ivanov, N. V. Klebanovich,
A. I. Kovalevich, A. N. Korbut, E. V. Kuznetsova,
B. V. Kurzo, R. Yu. Labaznov, V. V. Lapa,
S. A. Lysenko, A. A. Makhnach, A. V. Neverov,
M. P. Onoshko, A. V. Pugachevskii, V. P. Semenchenko,
V. V. Titok, A. E. Tomson, V. S. Khomich, O. S. Shimova

Address of editorial office:
1, Akademicheskaya str., room 119, 220072, Minsk,
Republic of Belarus.
Phone: 375 17 284 19 19
E-mail: priod_res@mail.ru

Subscription indices:
012762 departmental
01276 individual

Computer imposition M. E. Maliarevich
Signed for publication April 23, 2020
Format 60 × 84 ¹/₈. Offset paper. Seal digital.
Related press sheet 14.42. Publisher's signatures 15.8.
Circulation 64 copies. Order 78.
Price: individual subscription – 21,74 BYN,
departmental subscription – 21,96 BYN.

Publisher and printing:
Republican Unitary Enterprise
“Publishing house “Belarusian Navuka”.
Certificates by SRPMDPE N 1/18 on 08.02.2013,
N 2/196 on 05.04.2017, LP N 02330/455 on 30.12.2013.
40, Skorina, str., 220141, Minsk

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Ересько М. А. Комплексный подход к восстановлению нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых.	5
---	---

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Колобаев А. Н., Мелешко А. А. Совершенствование методики расчета платы за сброс сточных вод в природные водные объекты.	17
---	----

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Головенчик В. И., Гайдученко Е. С., Ризевский В. К., Романь А. М., Липинская Т. П. Генетическая вариабельность гена COI у чужеродных и аборигенных популяций западного тупоносого бычка (<i>Proterorhinus semilunaris</i> (Heckel, 1837))	23
Лапука И. И., Вежновец В. В. Изменение количественных показателей зообентоса с глубиной в озерах Северный Волос и Южный Волос	31
Яковлев А. П., Рупасова Ж. А., Антохина С. П., Савосько И. В., Коломиец Э. И., Алещенкова З. М., Белый П. Н., Карбанович Т. М. Эффективность применения удобрений в посадках молодых генеративных растений клюквы крупноплодной	40
Островский А. М. <i>Meria dorsalis</i> (Fabricius, 1804) – новый вид ос-тифий (Hymenoptera: Tiphidae: Myziniinae: Meriini) в фауне Беларуси.	46
Рыковский Г. Ф., Малько М. С., Сакович А. А. Эпифитный компонент бриофлоры Полесского региона	49
Усик А. В. Качественный состав производных кумарина в тканях листа борщевика Сосновского.	58
Масловский О. М. Сравнительный анализ видового биоразнообразия бриофлористических комплексов Беларуси.	62

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Бровка Ю. А. Временная и пространственная изменчивость продолжительности арктических вторжений	70
Божкова В. В., Людчик А. М., Мельник Е. А. Флуктуации поля приземного озона в Беларуси, обусловленные метеорологическими условиями и антропогенным загрязнением воздуха	80

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Войтешенко Б. С. К вопросу использования вторичных материальных ресурсов	92
Шуканов В. П., Машкин И. А., Корытько Л. А. Применение экологически безопасных препаратов для повышения качества семян сосны обыкновенной (<i>Pinus Sylvestris</i> L.)	99

ОБЗОРЫ

Шевцова Н. С., Вишняк А. К. Теоретико-методические основы оценки объектов туристско-рекреационной инфраструктуры.	108
--	-----

УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ

Владимир Федорович Логинов (К 80-летию со дня рождения)	122
--	-----

CONTENTS

SOIL AND LAND RESOURCES

- Yeresko M. A.** Integrated approach to restoration of damaged ecosystems in places of mining 5

WATER RESOURCES

- Kolobaev A. N., Meleshko A. A.** About charging a free the discharge of wastewater into natural water objects 17

BIOLOGICAL RESOURCES

- Golovenchik V. I., Gajduchenko H. S., Rizevsky V. K., Roman A. M., Lipinskaya T. P.** Genetic variability of gene COI of alien and native populations of tubenose goby (*Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837)) 23

- Lapuka I. I., Vezhnavec V. V.** The change of zoobenthos abundance with depth in lake Severnyi Volos and lake Yuzhnyi Volos 31

- Yakovlev A. P., Rupasova Zh. A., Antokhina S. P., Savosko I. V., Kolomiets E. I., Aleshchenkova Z. M., Bely P. N., Karbanovich T. M.** Efficiency of fertilizers use in plantation of young generative plants of large cranberry 40

- Ostrovsky A. M.** *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804) – a new species of typhiid wasps (Hymenoptera: Tiphidae: Myziniinae: Meriini) in fauna of Belarus 46

- Rykovsky G. F., Malko M. S., Sakovich A. A.** Epiphytic component of bryoflora of Polesia region 49

- Usik A. W.** Qualitative composition of kumarin derivatives in leaf tissues of Sosnowsky's hogweed 58

- Maslovsky O. M.** Comparative analysis of species biodiversity of the bryofloristic complexes of Belarus 62

CLIMATIC RESOURCES

- Loginov V. F., Lysenko S. A., Brovka Yu. A.** Temporal and spatial variability of arctic invasions duration 70

- Bozhkova V. V., Lyudchik A. M., Melnik E. A.** Fluctuations of the surface ozone field in Belarus resulted from meteorological conditions and anthropogenic air pollution 80

NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

- Voiteshenko B. S.** To the issue of efficient use of secondary material 92

- Shukanov V. P., Mashkin I. A., Korytko L. A.** The use of ecologically safe preparation for improving the quality of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings 99

REVIEWS

- Shevtsova N. S., Vishnyak A. K.** Theoretical-methodical bases of an estimation of objects of tourist and recreational infrastructure 108

SCIENTISTS OF BELARUS

- Vladimir Fedorovich Loginov** (to his 80th birthday) 122

ЗМЕСТ

ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

- Ерэска М. А.** Комплексны падыход да аднаўлення парушаных экасістэм у месцах здабычы карысных выкапняў 5

ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ

- Колобаев А. М., Мялешка А. А.** Удасканаленне метадыкі разліку платы за скідванне сцёкавых вод у прыродныя водныя аб'екты 17

БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Галавенчык В. І., Гайдучэнка А. С., Рызеўскі В. К., Рамань А. М., Ліпінская Т. П.** Генетычная варыябельнасць гена COI ў чужародных і абарыгенных папуляцый заходняга тупаносага бычка (*Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837)) 23

- Лапука І. І., Вежнавец В. В.** Змяненне колькасных паказчыкаў заабентасу з глыбінёй у азёрах Паўночны Волас і Паўднёвы Волас 31

- Якаўлеў А. П., Рупасава Ж. А., Антохіна С. П., Савоська І. В., Каламіец Э. І., Алешчанкава З. М., Белы П. М., Карбановіч Т. М.** Эфектыўнасць ужывання ўгнаенняў у пасадках маладых генератыўных раслін журавін буйнаплодных 40

- Астроўскі А. М.** *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804) – новы від вос-тыфій (Hymenoptera: Tiphidae: Myziniinae: Meriini) у фаўне Беларусі 46

- Рыкоўскі Г. Ф., Малько М. С., Саковіч А. А.** Эпіфітны кампанент брыяфлоры Палескага рэгіёну 49

- Усік А. В.** Якасны склад вытворных кумарына ў тканках ліста баршчэўніка Сасноўскага 58

- Маслоўскі О. М.** Параўнальны аналіз відавой біязнастайнасці брыяфларыстычных комплексаў Беларусі 62

КЛІМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ

- Логінаў У. Ф., Лысенка С. А., Броўка Ю. А.** Часавая і прасторавая зменлівасць працягласці арктычных уварванняў 70

- Бажкова В. У., Людчык А. М., Мельнік Е. А.** Флуктуацыі поля прыземнага азону ў Беларусі, абумоўленыя метэаралагічнымі ўмовамі і антрапагенным забруджаннем паветра 80

ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ

- Вайцяшэнка Б. С.** Да пытання выкарыстання другасных матэрыяльных рэсурсаў 92

- Шуканаў В. П., Машкін І. А., Карыцько Л. А.** Прымяненне экалагічна бяспечных прэпаратаў для павышэння якасці сеянцаў хвой звычайнай (*Pinus Sylvestris* L.) 99

АГЛЯДЫ

- Шаўцова Н. С., Вішняк А. К.** Тэарэтыка-метадычныя асновы ацэнкі аб'ектаў турысцка-рэкрэацыйнай інфраструктуры 108

ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ

- Уладзімір Фёдаравіч Логінаў** (Да 80-годдзя з дня нараджэння) 122

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ**SOIL AND LAND RESOURCES****ГЛЕБАВА-ЗЯМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 504.064.2

М. А. Ересько

*Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», Минск, Беларусь,
e-mail: kisa_marina@mail.ru*

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ
В МЕСТАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Аннотация. Показана актуальность комплексного подхода к восстановлению нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых. Выявлены пробелы в действующих актах законодательства, регулирующих отношения в области рекультивации земель. Установлены критерии оценки перспективности использования восстанавливаемых (рекультивируемых) территорий в зависимости от функционального назначения. Созданы модели комплексного функционального использования территории на краткосрочный и долгосрочный периоды с учетом альтернатив, обусловленных динамикой ландшафтно-геохимических условий территории. Разработан алгоритм реализации комплексного подхода восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых, утвержденный локальным нормативным актом.

Ключевые слова: почва, экосистема, принцип комплексности

M. A. Yeresko

*Belarusian Research Center «Ecology», Minsk, Belarus,
e-mail: kisa_marina@mail.ru*

INTEGRATED APPROACH TO RESTORATION OF DAMAGED ECOSYSTEMS IN PLACES OF MINING

Abstract. The relevance of an integrated approach to the restoration of damaged ecosystems in places of mining is shown. Gaps have been identified in the existing legislative acts regulating relations in the field of land restoration. Criteria are established for assessing the prospects of using the restored (reclaimed) territories depending on their functional purpose. Models have been created for the integrated functional use of the territory for the short and long term, taking into account alternatives caused by the dynamics of the landscape-geochemical conditions of the territory. An algorithm has been developed for implementing an integrated approach for restoration of damaged ecosystems at mining sites, approved by a local statutory act.

Keywords: soil, ecosystem, principle of complexity

M. A. Ерэсько

*Беларускі навукова-даследчы цэнтр «Экалогія», Мінск, Беларусь,
e-mail: kisa_marina@mail.ru*

**КОМПЛЕКСНЫ ПАДХОД ДА АДНАЎЛЕННЯ ПАРУШАНЫХ ЭКАСІСТЭМ
У МЕСЦАХ ЗДАБЫЧЫ КАРЫСНЫХ ВЫКАПНЯЎ**

Анатацыя. Паказана актуальнасць комплекснага падыходу аднаўлення парушаных экасістэм у месцах здабычы карысных выкапняў. Выяўлены прабелы ў дзеючых актах заканадаўства, якія рэгулююць адносіны ў галіне рэкультывацыі зямель. Устаноўлены крытэрыі ацэнкі перспектывнасці выкарыстання тэрыторый пасля іх аднаўлення ў залежнасці ад функцыянальнага прызначэння. Створаны мадэлі комплекснага функцыянальнага выкарыстання тэрыторыі на каротка- і доўгатэрміновыя перыяды з улікам альтэрнатыв, абумоўленых дынамікай ландшафтна-геахімічных умоў тэрыторыі. Распрацаваны алгарытм рэалізацыі комплекснага падыходу аднаўлення парушаных экасістэм у месцах здабычы карысных выкапняў, які зацверджаны лакальным нарматыўным актам.

Ключавыя словы: глеба, экасістэма, прынцып комплекснасці

Введение. Как показывает практика, не существует однозначного пути решения проблемы рекультивации горных выработок (карьеров). Проект рекультивации горной выработки, созданный до начала выполнения горных работ, не учитывает комплекса природных и антропогенных условий, возникающих в процессе осуществления добычных работ. Это усложняет реализацию

проекта рекультивации после окончания выработки полезного ископаемого. Ситуацию усугубляет наличие пробелов в актах законодательства Республики Беларусь и неурегулированности крупных блоков вопросов восстановления экосистем в рамках рекультивации территорий.

Добыча полезных ископаемых открытым способом приводит к образованию горных выработок различной глубины и конфигурации. Рекультивация горных выработок глубиной 50 м и более требует оценки и анализа комплекса факторов, определяющих изменение качественных и количественных характеристик экосистем прилегающей территории. Необходимость максимально точного прогнозирования влияния водоотлива карьера на рекультивированные участки, а также предполагаемых изменений структуры ландшафтов после прекращения работ по водоотливу требует дополнительных расчетов и оценок возможных экологических рисков с учетом сложившихся горнотехнических, геологических и гидрогеологических условий, а также влияния биологических факторов.

Особенности залегания подстилающих пород горной выработки определяются в зависимости от качества проведения валовых вскрышных работ. Восстановить первоначальное естественное залегание слоев горных пород не представляется возможным, что обуславливает изменение (квази)равновесного состояния взаимосвязанных прилегающих экосистем, трансформирует внутренние и внешние миграционные геохимические потоки вещества и энергии. Устойчивость ландшафта к внешнему техногенному воздействию понижается, что требует проведения дополнительных мер по поддержанию целостности экосистемы.

По окончании добычи полезных ископаемых в местах, характеризующихся значительной глубиной горной выработки, формируются уникальные по количественным и качественным характеристикам техногенные ландшафты, последующее функциональное назначение которых должно определяться исходя из индивидуальных характеристик территории с учетом экономической целесообразности и на основании расчета рисков возникновения неблагоприятных экологических последствий в процессе проведения работ по восстановлению территорий.

Методика исследования. Методологической базой исследования являются гипотезы, научные концепции, иные данные об оценке экологического состояния экосистем. Объект исследования – нарушенные экосистемы в местах добычи полезных ископаемых, характеризующиеся значительной глубиной горной выработки. Основным объектом являлся карьер «Гралево», где в настоящее время проводится добыча доломита.

Экспедиционный метод применен при проведении полевых исследований, в ходе которых осуществлена закладка почвенных разрезов с последующим отбором образцов исследуемых почв (послойно – по генетическим горизонтам), проведены наблюдения за склоновыми и эрозийными процессами. Экспериментальные исследования с отбором проб почв и вод выполнены с помощью пробоотборного оборудования (лаборатория РУП «Бел НИЦ «Экология» аккредитована на соответствие требованиям СТБ ИСО/МЭК 17 025, в область аккредитации включено право на отбор проб почв, поверхностных и подземных вод). Полевые изыскания и отбор почвенных проб осуществлены согласно общепринятой методике [1] и в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 [2, 3]. Отбор образцов воды проведен согласно СТБ ГОСТ Р 51 592-2001 и СТБ ISO 5667-11-2011 [4, 5] с применением соответствующего пробоотборного оборудования. По результатам отборов проб подготовлены акты установленного образца.

Химико-аналитические испытания выполнены с привлечением лабораторий, которые соответствуют критериям Системы аккредитации Республики Беларусь и аккредитованы на независимость и техническую компетентность в соответствии с требованиями СТБ ИСО/МЭК 17 025. Картографические работы выполнены с применением средств Google Earth, Adobe Illustrator CC2015, ArcGIS 10.2.

Основная часть. Действующие нормы права, регулирующие процедуру рекультивации территорий, содержатся в природоресурсных кодексах и законах [6–8], подзаконных нормативных правовых актах [9, 10], а также технических нормативных правовых актах [11–14]. Однако ни одна из действующих норм не содержит четких критериев выбора направления рекультивации,

возможности сочетания нескольких направлений и, самое главное, восстановления нарушенных экосистем.

Для не крупных горных выработок зачастую простое обводнение и/или залесение территории не означает выбор оптимального подхода рекультивации территории и восстановления экосистем. Экономически обоснованное и эффективное использование нарушенных горными выработками экосистем – сложный поэтапный путь, включающий ряд последовательно выполняемых работ в рамках реализации комплексного подхода восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых (рис. 1).

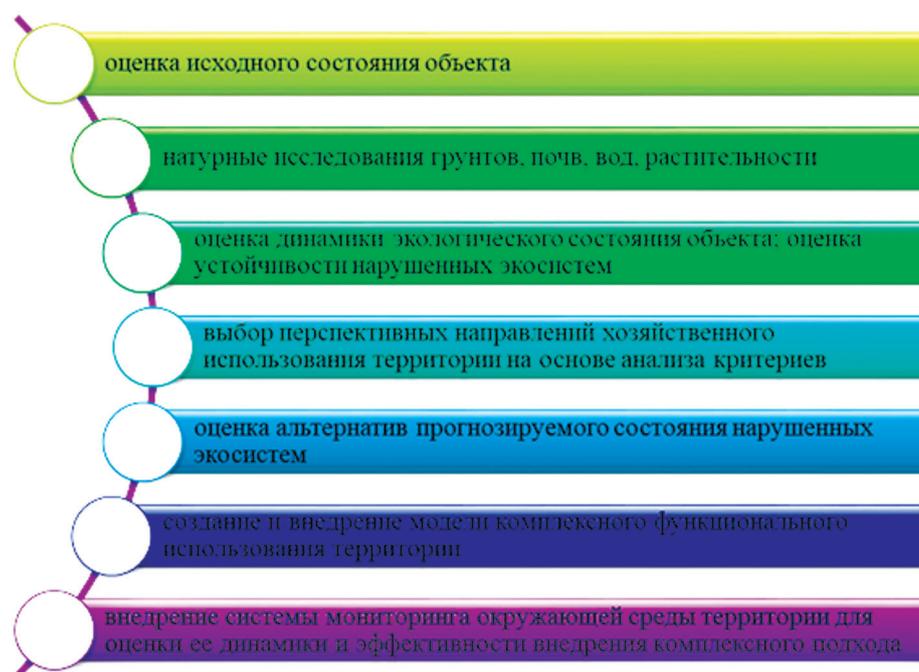


Рис.1. Алгоритм реализации комплексного подхода восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых

На первом этапе необходимо аккумулировать всю имеющуюся предшествующую информацию по объекту исследования, его гидрогеологических, орографических, гидрологических, ландшафтно-геохимических условиях. Требуется также уточнение и обновление исходных данных посредством проведения натурных исследований экологического состояния почв, вод (подземных и поверхностных, при их наличии), степени преобразованности форм рельефа, почвенного и растительного покрова, ландшафтов в целом.

Вся информация о состоянии объекта и его динамике, устойчивости экосистем должна быть положена в основу оценки перспективности использования территории после окончания добычи полезного ископаемого. Взаимосвязанная совокупность гидрологических, гидрогеологических, ландшафтно-геохимических условий устанавливает облик экосистемы, направленность и динамичность ее видоизменения, интенсивность внутренних и внешних потоков вещества и энергии, в связи с чем направления хозяйственного использования в кратко- и долгосрочном периодах неодинаковы. Оценка перспективности направлений хозяйственного использования необходимо проводить по комплексу критериев. Ввиду сложности и мозаичности условий восстанавливаемой территории выбранные перспективные направления хозяйственного использования целесообразно сочетать для получения наиболее экономически обоснованного результата.

Гидрогеологические условия территории являются, вероятно, наименее изменчивыми и определены геологическим строением территории, определяющим в свою очередь особенно-

сти залегания и режима подземных вод. Динамичность гидрогеологических условий возрастает с увеличением степени техногенного преобразования территории. В связи с этим основополагающим критерием, положенным в основу создания 3D-модели территории объекта исследования, является абсолютная отметка уровня подземных вод.

Выбор обусловлен тем, что глубина залегания подземных вод в сочетании с горными породами разного минерального и петрографического состава формируют условия для заболачивания территории, являются одним из определяющих факторов формирования элементарных ландшафтов разных типов (элювиальный, трансэлювиальный, элювиально-аккумулятивный, супераквальный), корректируют направленность и интенсивность почвообразующих процессов.

Гидрологические условия территории определены степенью развития гидрографической сети, климатическими факторами (режим увлажнения и термический режим), определяющими коэффициент увлажнения территории, диманику и интенсивность гидрологических процессов и параметров (обводненность, изменчивость уровней воды, расход воды, русловые процессы).

Тесная гидродинамическая связь поверхностных и подземных вод определяет закономерности изменения уровней поверхностных и подземных вод под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. В связи с этим наряду с критерием «абсолютная отметка уровня подземных вод» в основу моделирования комплексного функционального использования территории на краткосрочный и долгосрочный периоды положен критерий «абсолютная отметка уровня поверхностных вод».

Для реализации направления «размещение садоводческих товариществ и дачных кооперативов» основополагающими являются геологические (степень восстановления стратиграфии горных пород) и гидрогеологические (уровень подземных вод) критерии, во многом определяющие орографические особенности территории, направленность и интенсивность почвообразующих процессов, гранулометрический состав почв содержание гумуса и, как следствие, буферность почв к загрязняющим веществам.

Для реализации данного направления наиболее перспективны участки, в пределах которых стратиграфия горных пород будет восстановлена на 70–80 %, что позволит получить пологоволнистую в орографическом отношении территорию, вертикальное расчленение которой не превышает 10–15 м/км². Стабилизация уровня подземных вод на глубине 3–5 м в сочетании с распространением суглинистых пород на поверхности слоем не менее 50 м оптимальна и обусловит формирование полугидроморфных почв. В сочетании с формированием густого травянистого напочвенного покрова из злаков (виды овсяниц, тимофеевки, полевиц, ежа сборная и др.), разнотравья (вероника длиннолистная, тысячелистник, лапчатка гусиная, подорожник средний) и бобовых (разные виды клевера, люцерны, донника, лядвенец рогатый) такие условия активизируют дерновый почвообразовательный процесс. Дерновые глееватые суглинистые почвы характеризуются содержанием гумуса около 4 % и повышенной буферностью, что определяет относительную устойчивость экосистем к химическому воздействию [15].

Использование территории в сельскохозяйственных целях (пашни, сенокосы, пастбища) будет перспективным в случае, если характеристики почв будут достаточными для обеспечения необходимого уровня плодородия и, как следствие, развития растений, а также если буферная способность почв будет достаточной для сохранения этих характеристик при внешнем воздействии. Выровненные участки (вертикальное расчленение до 5 м/км²) площадью не менее 2 га с наиболее плодородными почвами (дерново-подзолистые на легких лессовидных суглинках) могут быть предложены в качестве пахотных угодий. Участки с более значительным вертикальным расчленением (5–10 м/км²) и развитыми полугидроморфными почвами оптимальны для использования под постоянные культуры, как луговые земли.

Использование восстанавливаемой территории в лесном хозяйстве регламентировано качественными характеристиками почв и, кроме того, особенностями рельефа, ввиду того что для закрепления и произрастания древесной и кустарниковой растительности существуют морфометрические ограничения по крутизне и форме склонов. Для развития лесного хозяйства перспективны неоднородные участки – мелко-, средне- и крупнохолмистые, пологоволнистые

с вертикальным расчленением 10–25 м/км². Оптимальны супесчаные и суглинистые почвы с содержанием гумуса 2,5–3,0 %.

Для использования территории в направлениях водного и рыбного хозяйства первостепенными являются качественные характеристики подземных (химический состав, минерализация, динамика уровня) и поверхностных (скорость течения водотоков, проточность водоемов) вод. Кроме того, важное значение имеет буферная способность почв, формирующая особенности латеральной и радиальной миграции геохимических потоков веществ и, как следствие, интенсивность вторичного загрязнения сопредельных сред, в том числе эвтрофикации озер.

Природоохранное и рекреационное направления использования территории может быть реализовано посредством вовлечения участков, характеризующихся уникальностью и неповторимостью сочетания природных компонентов, формирующих ландшафт, наиболее подходящий для целей сохранения биологического разнообразия, а также природоохранных, научно-исследовательских, для отдыха и туризма, в образовательно-воспитательных целях. В качестве подходящей альтернативы, гармонично сочетающейся с рядом вышеназванных, может быть вариант использования территории под торгово-развлекательный комплекс.

На этапе оценки альтернатив прогнозируемого состояния нарушенных экосистем должны быть сопоставлены данные о фактическом состоянии территории, устойчивости экосистем, существующих и потенциальных природных и антропогенных факторах.

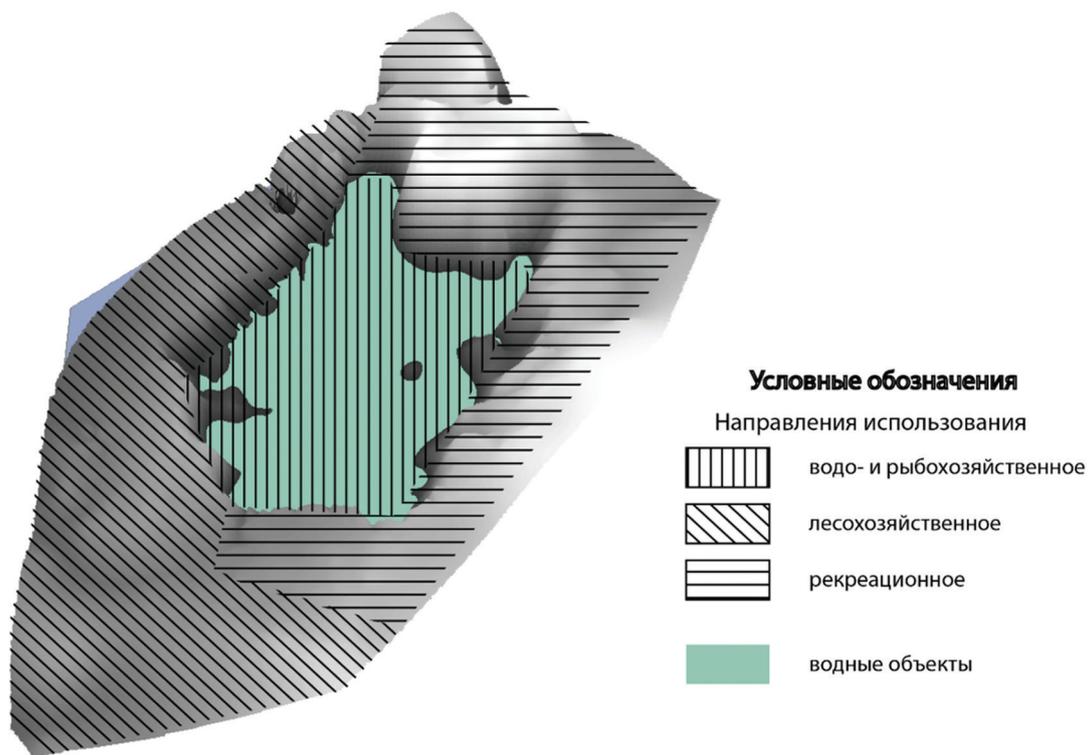
В рамках проводимых исследований альтернативы будущего хозяйственного использования территорий с нарушенными экосистемами в местах добычи полезных ископаемых, характеризующихся значительной глубиной горной выработки, и их комплексное сочетание определены путем сопоставления фактических данных о состоянии нарушенных экосистем и их устойчивости, прогнозных данных об изменении гидрологических, гидрогеологических, ландшафтно-геохимических условий территории с критериями оценки перспективности использования восстанавливаемых (рекультивируемых) территорий в зависимости от функционального назначения.

Исследованиями установлено, что обводненные участки карьера «Руба» пригодны для водохозяйственного и рыбохозяйственного направлений использования, согласно классификации по ГОСТ 17.5.1.02-85 [13] и результатам работ (рис. 2, а). При этом значимость рыбохозяйственного направления будет возрастать при увеличении уровня воды при одновременном возрастании доли эвфотической (освещенной) зоны толщи воды (рис. 2, б). Обеспечить это возможно путем дополнительной планировки склонов в долгосрочном периоде, согласно имеющимся технологиям [16–25].

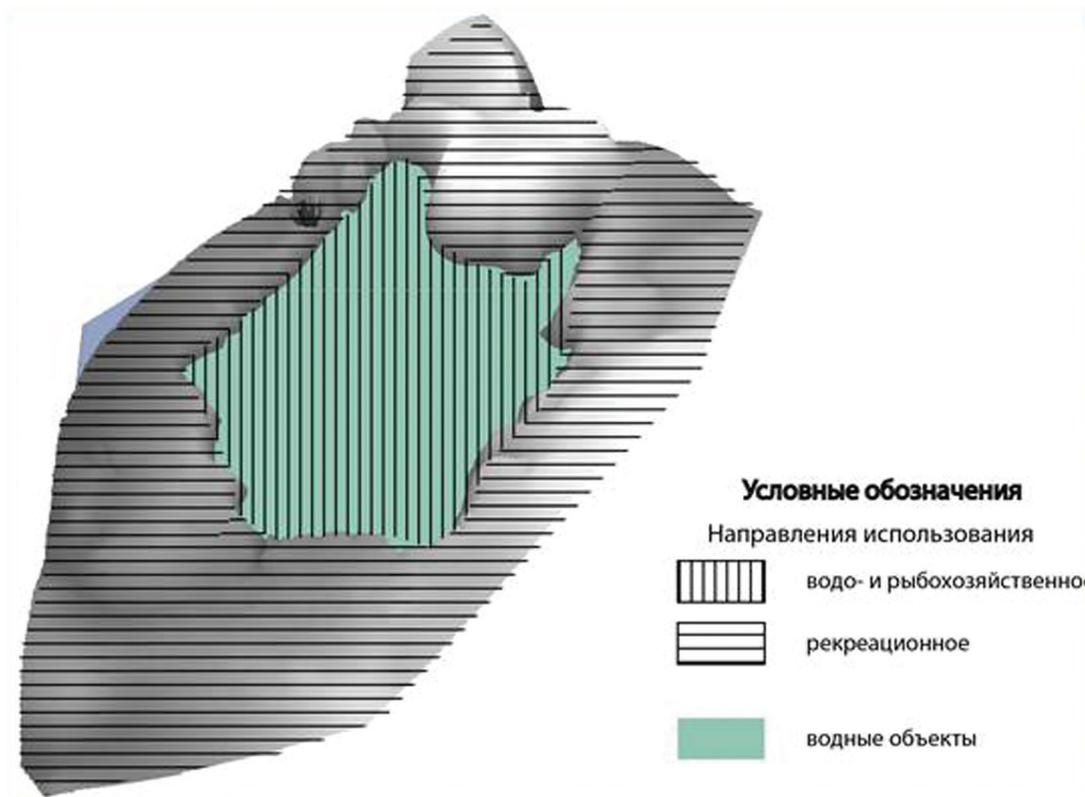
Обводненные участки карьера «Гралево» в краткосрочной перспективе будут находиться на близком расстоянии от зоны добычи полезного ископаемого (рис. 3, а), что обеспечит возможность для самовосстановления наземных и водных экосистем ввиду нецелесообразности их хозяйственного использования. В долгосрочной перспективе (рис. 3, б) роль водоема как водохозяйственного и рыбохозяйственного объекта возрастет. Конкретные условия использования территории будут определены уровнем воды и его чувствительностью к изменению режима увлажнения территории.

Собственно, создание модели комплексного функционального использования территории осуществлено на основании результатов проведенных исследований путем анализа альтернатив функционального использования территории исследования с нарушенными экосистемами, определения локализации ареалов разной хозяйственной направленности на краткосрочный и долгосрочный периоды, построения 3D-моделей средствами ArcCatalog, ArcMap и ArcScene.

Процедура построения полноценной 3D-модели комплексного функционального использования территории, выполненной в трех измерениях, включала следующие этапы: обработка и оцифровка массивов данных; приведение данных в требуемый формат; расчет модели рельефа в плоскости методом обратно-взвешенных расстояний; расчет 3D-модели рельефа в модуле ArcScene; нанесение слоя данных о направлениях хозяйственного использования территории; дифференцирование слоя данных о направлениях хозяйственного использования территории для краткосрочного и долгосрочного периодов.



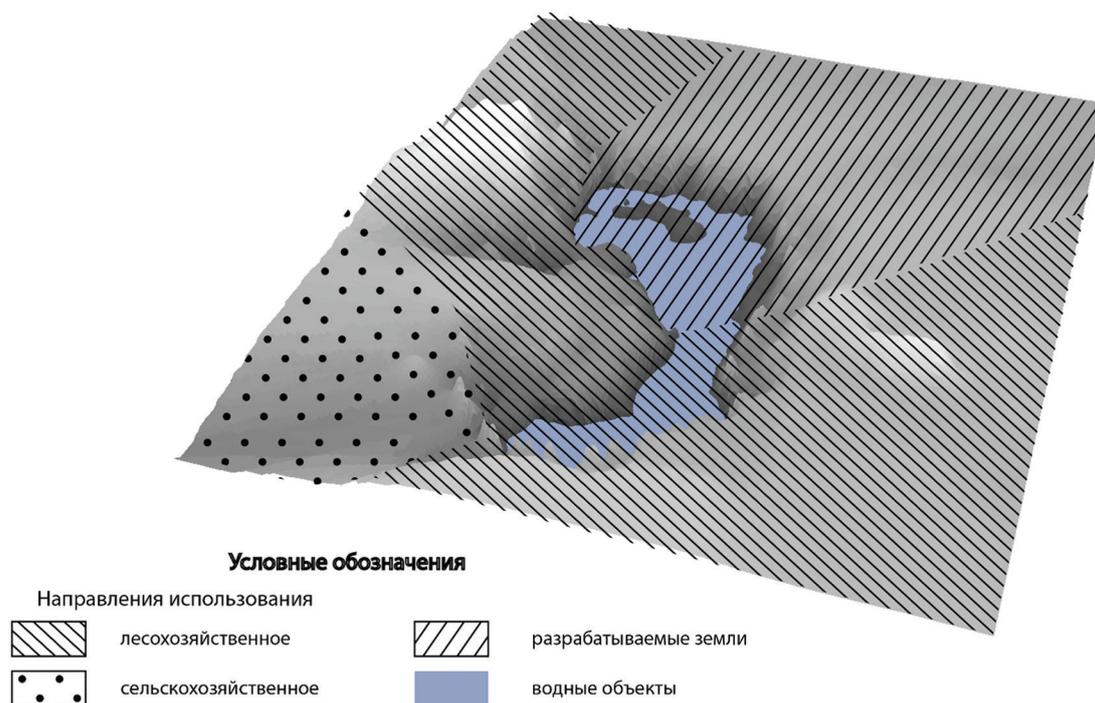
а



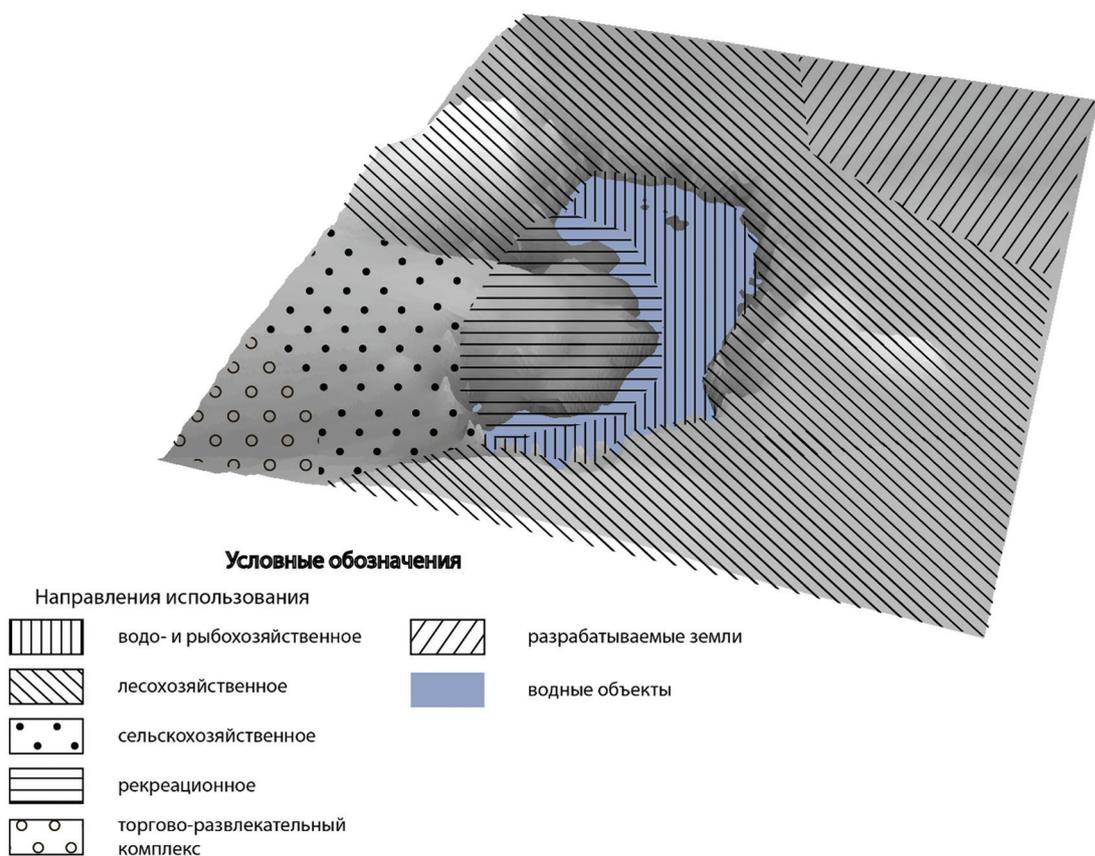
б

Рис. 2. 3D-модель комплексного использования территории размещения бывшего карьера «Руба» (при абсолютной отметке уровня вод: а – 135 м, б – 140 м)

Примечание. Графические материалы здесь и далее подготовлены специалистами ГИС отдела мониторинга окружающей среды РУП «Бел НИЦ «Экология».



а



б

Рис. 3. 3D-модель комплексного использования территории размещения карьера «Гралево» при абсолютной отметке уровня вод: а – 135 м, б – 140 м

Ландшафтно-геохимические условия территории накладываются на гидрогеологические и гидрологические и определяют направленность, интенсивность геохимических потоков вещества и энергии, формируют геохимические барьеры, завершают облик экосистемы.

В ряду ландшафтно-геохимических основополагающим является рельеф, так как орографические условия территории в совокупности с протекающими геологическими процессами являются базисными и устанавливают основы будущей экосистемы. На основании этого для создания 3D-моделей комплексного функционального использования территории на краткосрочный и долгосрочный периоды использованы критерии, характеризующие рельеф территории: густота и глубина расчленения, крутизна склонов. В качестве дополнительного корректирующего параметра использованы данные о наблюдаемых на территории исследования геологических процессах (эрозия, обвалы).

Проведенные исследования гидрологических, гидрогеологических, ландшафтно-геохимических условий территории, устанавливающих облик нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых, характеризующихся значительной глубиной горной выработки, а также работы по оценке состояния экосистем, в том числе с точки зрения их устойчивости к внешним воздействиям, позволили установить значения оценочных параметров для выявления наиболее перспективных альтернатив функционального использования территории; провести анализ возможностей использования территории по разным направлениям в соответствии с разработанными критериями.

Проведенные построения прогнозных 3D-моделей подтопления карьеров «Гралево» и «Руба» дали возможность провести зонирование территории карьера «Гралево» в зависимости от абсолютной отметки уровня подземных вод (рис. 4), что в свою очередь позволяет определить варианты перспективного использования территории. Результаты исследований позволяют наметить возможные способы консервации, рекультивации и использования выработанных карьеров на открытой разработке месторождений полезных ископаемых на основе построения прогнозных 3D-моделей подтопления карьера.

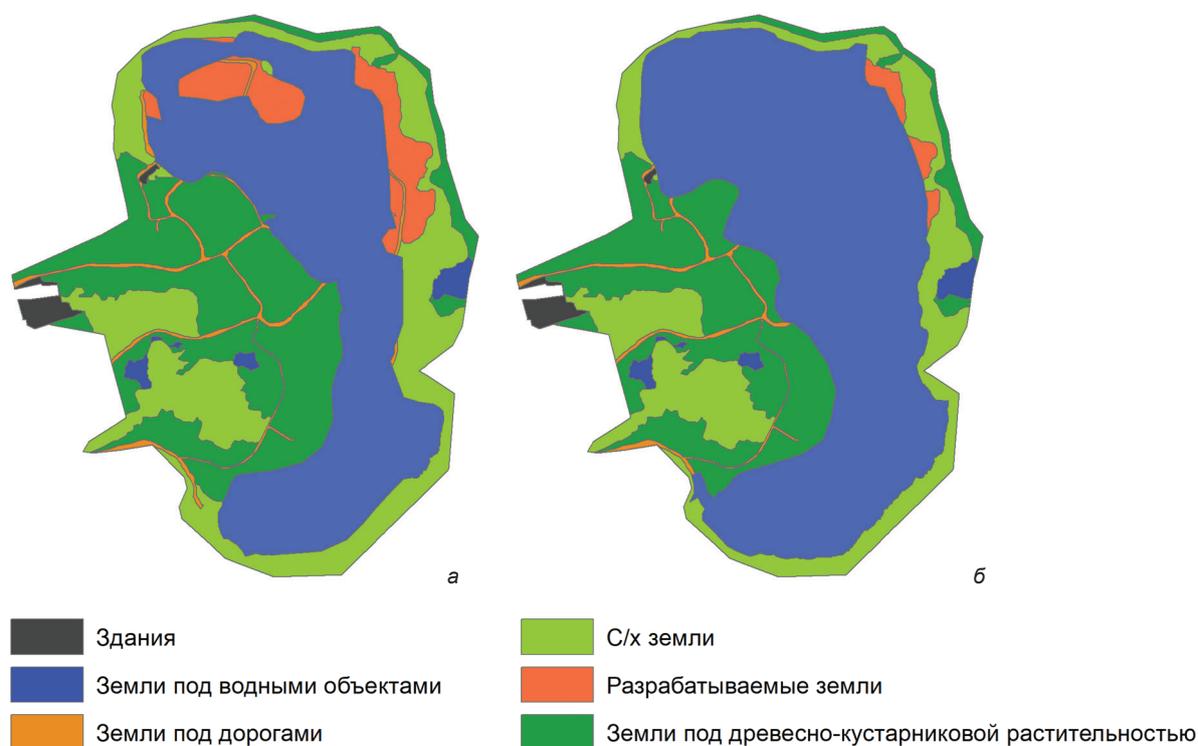


Рис. 4. Зонирование территории карьера «Гралево» в зависимости от прогнозного уровня подземных вод:
а – 135 м, б – 145 м

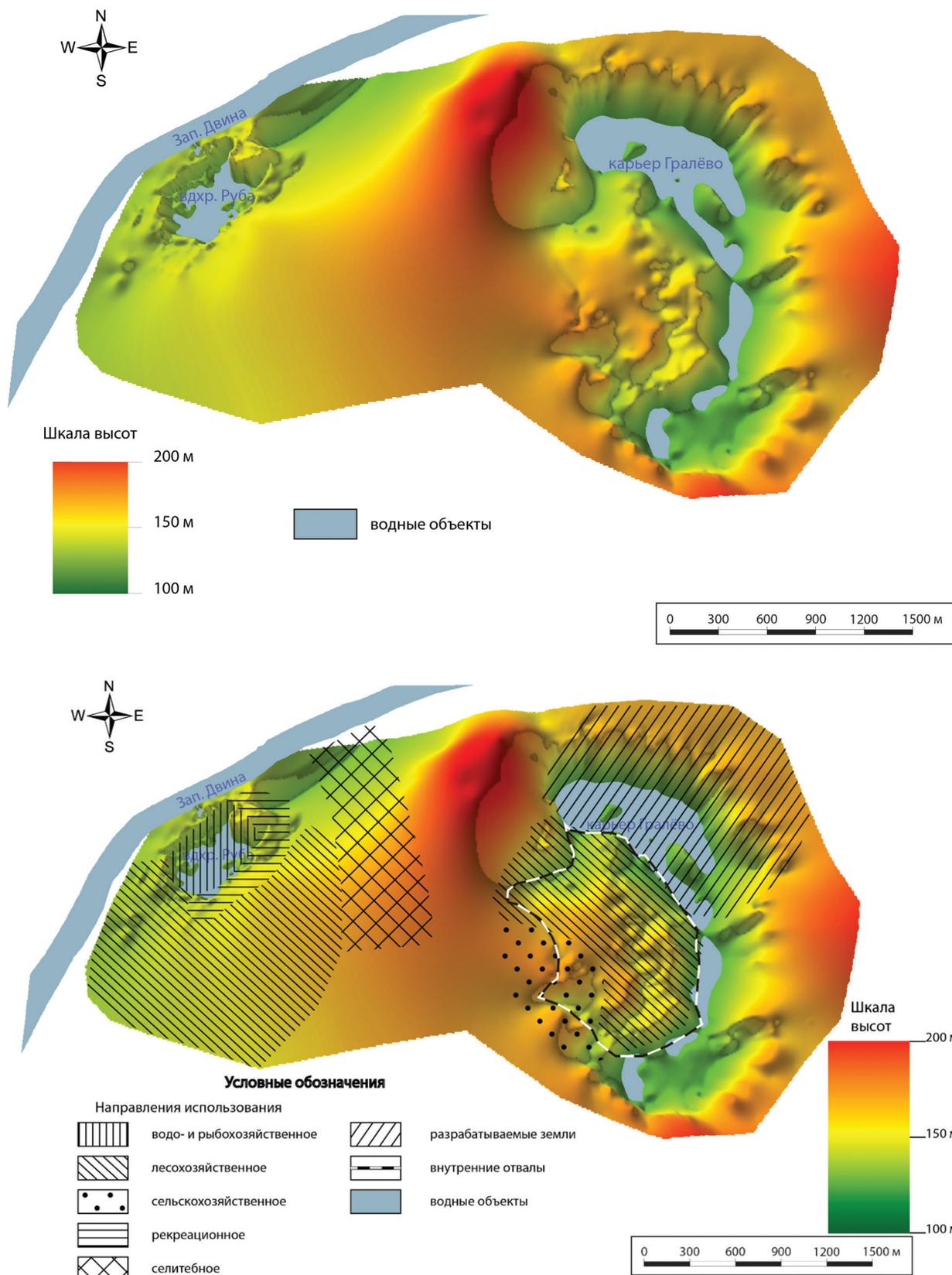


Рис. 5. Модель комплексного функционального использования территории на краткосрочный период

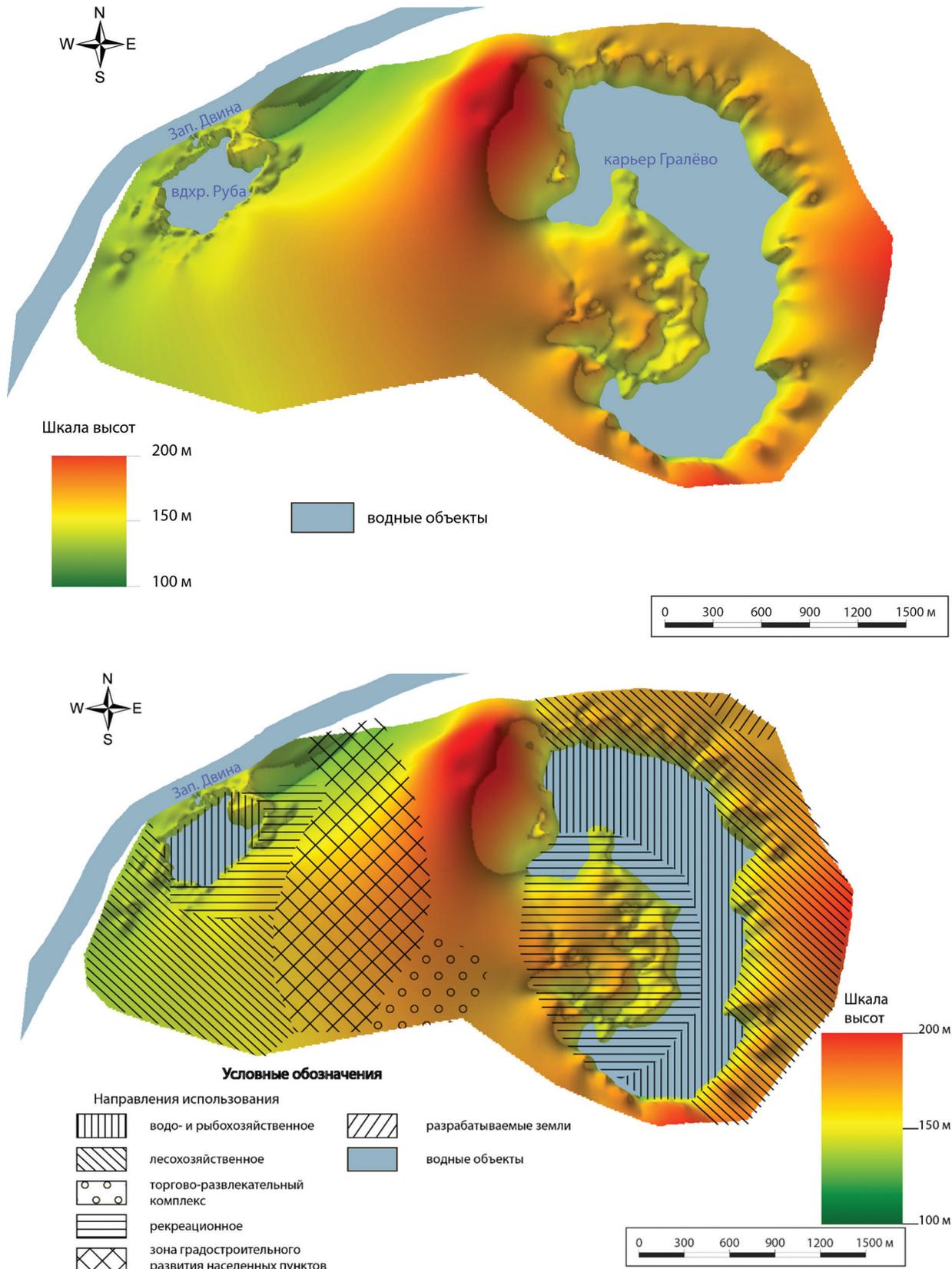


Рис. 6. Модель комплексного функционального использования территории на долгосрочный период

При осуществлении процедуры моделирования комплексного функционального использования территории карьерного хозяйства ОАО «Доломит» на краткосрочный и долгосрочный периоды (рис. 5, 6) при разработке слоя «направление функционального использования» в качестве основополагающих (базовых) были использованы критерии: абсолютная отметка уровня подземных вод, абсолютная отметка уровня поверхностных вод, густота и глубина расчленения, крутизна склонов, интенсивность развития геологических процессов, отражающие гидрогеологические, гидрологические, ландшафтно-геохимические условия территории исследования и определяющие альтернативы возможных видов хозяйственной деятельности.

Анализ построенных 3D-моделей (рис. 5, 6) показал практическую возможность реализации концепции комплексного функционального использования территории, совмещая следующие направления, установленные ГОСТом 17.5.1.02-85 [13]: лесохозяйственное – под лесные насаждения общего хозяйственного и полезного назначения; водохозяйственное – карьерные водоемы для хозяйственно-бытовых, промышленных, рыбохозяйственных целей; рекреационное – зоны отдыха: сочетания парков и лесопарков с водоемами для оздоровительных и туристских целей; природоохранное и санитарно-гигиеническое – участки самозарастания и самовосстановления экосистем (специально не благоустраиваемые), под древесно-кустарниковой растительностью или травянистыми многолетними растениями.

Заключение. Доказана состоятельность комплексного подхода к восстановлению нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых как научной основы для экономически эффективного возвращения в хозяйственный оборот земель, нарушенных в ходе добычи полезных ископаемых.

Разработанная по результатам исследования инструкция о порядке проведения комплексного восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых утверждена и введена в действие приказом ОАО «Доломит» от 2 декабря 2019 г. № 447. Кроме объектов ОАО «Доломит» комплексный подход восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых был апробирован и на объектах КУП «Минскоблдорстрой». Этим подтверждена универсальность разработки и ее практическая применимость на неограниченном числе объектов. Проведенные исследования закладывают научные основы реализации концепции комплексного восстановления нарушенных экосистем для эффективного их возвращения в хозяйственный оборот.

Список использованных источников

1. Полевое исследование и картографирование почв БССР (Метод. указания) / Под ред. Н. И. Смяна, Т. Н. Пучкаревой, Г. А. Ржеутской. – Минск: Ураждай, 1990. – 223 с.
2. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 8 с.
3. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. – Введ. 01.01.1986. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 16 с.
4. Вода. Общие требования к отбору проб: СТБ ГОСТ Р 51592-2001. – Введ. 01.11.2002. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2020. – 42 с.
5. Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб подземных вод: СТБ ISO 5667-11-2011. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 32 с.
6. Об охране окружающей среды: Закон Респ. Беларусь от 26 нояб. 1992 г. № 1982-XII: в ред. от 18 июня 2019 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
7. Кодекс Республики Беларусь о земле [Электронный ресурс]: принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 24.10.2016 г. № 439-З // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
8. Кодекс Республики Беларусь о недрах [Электронный ресурс]: принят Палатой представителей 10 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 20 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 18.06.2019 г. № 201-З // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
9. Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ [Электронный ресурс]: приказ Гос. комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Респ. Беларусь, 25 апреля 1997 г., № 22 // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.
10. Положение о порядке передачи рекультивированных земель землевладельцам, землепользователям субъектами хозяйствования, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, а также проводящими

геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова [Электронный ресурс] : приказ Гос. комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Респ. Беларусь, 25 апр. 1997 г., № 22 // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020.

11. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения: ГОСТ 17.5.1.01-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 12 с.

12. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель: ГОСТ 17.5.3.04-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 16 с.

13. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации: ГОСТ 17.5.1.02-85. – Введ. 01.01.1986. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 20 с.

14. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНИП 17.01.06-001-2017. – Введ. 01.10.2017. – Минск: Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2020. – 188 с.

15. *Ересько, М. А.* Оценка кислотно-основной буферности почв Западно-Белорусской физико-географической провинции: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.03.01 / М. А. Ересько; Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2016. – 24 с.

16. Методические указания по созданию экологически устойчивых водоемов многоцелевого назначения на месте отработанных карьеров минерального сырья: отчет о НИР / Ин-т геолог. наук НАН Беларуси; рук. С. А. Хомич. – Минск, 1998. – 32 с. – № ГР 1997895.

17. *Левкевич, В. Е.* Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2015. – 306 с.

18. *Левкевич, В. Е.* Динамика береговых процессов русловых, наливных и озерных водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2015. – 202 с.

19. *Бирюков, М. Э.* Совершенствование технологии рекультивации карьеров по разработке месторождений строительного сырья (на примере Московской области): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / М. Э. Бирюков; Гос. ун-т по землеустройству. – М., 2003. – 23 с.

20. *Тальгамер, Б. Л.* Классификация и обоснование схем консервации карьеров / Б. Л. Тальгамер, Е. А. Коробкова // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 3 (62). – С. 56–60.

21. *Елсуков, П. Ю.* Классификация и типизация в информатике / П. Ю. Елсуков // Перспективы науки и образования; Междунар. электрон. журн. – 2016. – № 2 (20). – С. 7–11.

22. Способ рекультивации карьеров (варианты) // FindPatent.ru – пат. поиск [Электронный ресурс]. – 2012–2017. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/243/2433268.html>. – Дата доступа: 02.01.2020.

23. Способ консервации карьеров с затоплением выработанного пространства // FindPatent.ru – пат. поиск [Электронный ресурс]. – 2012–2017. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451179.html>. – Дата доступа: 02.01.2020.

24. Способ восстановления выработанных карьеров // FindPatent.ru – пат. поиск [Электронный ресурс]. – 2012–2017. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/244/2442896.html>. – Дата доступа: 02.01.2020.

25. Способ восстановления нарушенных земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых // FindPatent.ru – пат. поиск [Электронный ресурс]. – 2012-2017. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/244/2444628.html>. – Дата доступа: 02.01.2020.

26. Разработать и внедрить комплексный подход восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых: отчет о НИР (промежуточн.) / РУП «Бел НИЦ «Экология»; рук. М. А. Ересько. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2017. – 95 с. – № ГР 20164556.

Поступила 21.02.2020

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**WATER RESOURCES****ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 628.29+504.062.2

А. Н. Колобаев, А. А. Мелешко*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: aleftin@list.ru***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЛАТЫ ЗА СБРОС СТОЧНЫХ ВОД
В ПРИРОДНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Аннотация. Действующая система взимания платы (экологического налога) за отведение сточных вод в природные водные объекты имеет два существенных недостатка: 1) не учитывается масса сброса загрязняющих веществ, которая может быть превышена даже при условии, что концентрации загрязняющих веществ находятся в пределах нормы, т.е. ниже максимально допустимых; 2) отсутствуют понижающие коэффициенты (или другие налоговые льготы) для предприятий, которые сбрасывают свои сточные воды с концентрациями загрязняющих веществ значительно меньшими, чем допустимые. Для устранения этих недостатков предлагается: 1) установить повышающие коэффициенты к ставке экологического налога в зависимости от степени превышения фактической массы сброса загрязняющих веществ по отношению к максимально допустимой массе; 2) предусмотреть понижающие коэффициенты для предприятий, которые сбрасывают свои сточные воды в пределах допустимых объемов и со значительно меньшими концентрациями загрязняющих веществ, чем допустимые. Разработаны формулы расчета вышеупомянутых коэффициентов.

Ключевые слова: водные объекты, сточные воды, объемы сточных вод, налоговый кодекс Республики Беларусь, плата за сброс сточных вод, возмещение вреда, концентрации загрязняющих веществ

A. N. Kolobaev, A. A. Meleshko*Belarussian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: aleftin@list.ru***ABOUT CHARGING A FEE FOR THE DISCHARGE OF WASTEWATER INTO NATURAL WATER OBJECTS**

Abstract. The current system of charging a fee (environmental tax) for the discharge of wastewater into natural water objects has two significant drawbacks: 1) it is not taken into account that even if the concentrations of pollutants are within the norm, the mass of emissions of pollutants can be exceeded; 2) there are no decreasing coefficient (or other tax benefits) for enterprises that discharge their wastewater with concentrations of pollutants significantly below the permissible. To address these shortcomings, it is proposed to: 1) establish the raising coefficients to the rate of the ecological tax depending on degree of excess of the actual weight of dumping of polluting substances in relation to the maximum permissible mass; 2) to provide reduction coefficients for the enterprises which dump their waste water within admissible volumes and with the concentrations of polluting substances, much smaller, than admissible. The formulas for calculating the above-mentioned coefficients are developed.

Keywords: water object, wastewater, volume of wastewater, tax code of the Republic of Belarus, fee for wastewater discharge, indemnification, concentration of pollutants

А. М. Калабаеў, А. А. Мялешка*Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: aleftin@list.ru***УДАСКАНАЛЕННЕ МЕТОДЫКІ РАЗЛІКУ ПЛАТЫ ЗА СКІДВАННЕ СЦЁКАВЫХ ВОД
У ПРЫРОДНЫЯ ВОДНЫЯ АБ'ЕКТЫ**

Анатацыя. Дзеючая сістэма спаганання платы (экалагічнага падатку) за адвядзенне сцёкавых водаў у прыродныя водныя аб'екты мае два істотных недахопу: 1) не ўлічваецца маса скіду забруджвальных рэчываў, якая можа быць перавышаная нават пры ўмове, што канцэнтрацыі забруджвальных рэчываў знаходзяцца ў межах нормы, г. зн. ніжэй максімальна дапушчальных; 2) адсутнічаюць паніжальныя каэфіцыенты (або іншыя падатковыя льготы) для прадпрыемстваў, якія скідаюць свае сцёкавыя воды з канцэнтрацыямі забруджвальных рэчываў значна меншымі, чым дапушчальныя. Для ліквідацыі гэтых недахопаў прапануецца: 1) ўсталяваць павышаючыя каэфіцыенты да стаўкі экалагічнага падатку ў залежнасці ад ступені перавышэння фактычнай масы скіду забруджвальных рэчываў у адносінах да максімальна дапушчальнай масы; 2) прадугледзець паніжальныя каэфіцыенты для прадпрыемстваў, якія скідаюць свае сцёкавыя воды ў межах дапушчальных аб'ёмаў і з канцэнтрацыямі забруджвальных рэчываў значна меншымі, чым дапушчальныя. Распрацаваны формулы разліку вышэйзгаданых каэфіцыентаў.

Ключавыя словы: водныя аб'екты, сцёкавыя воды, аб'ёмы сцёкавых вод, падатковы кодэкс Рэспублікі Беларусь, плата за скід сцёкавых вод, пакрыццё шкоды, канцэнтрацыі забруджвальных рэчываў

Введение. Согласно Водному кодексу Республики Беларусь [1] все водопользователи обязаны платить за сброс сточных вод в природные водные объекты, создавая тем самым специальный фонд средств, предназначенный для финансирования природоохранной деятельности [2]. Как отмечалось в работах [3–5], обоснование размера этой платы в значительной степени зависит от системы нормирования сбросов сточных вод, которая в Республике Беларусь часто меняется. Используемые в настоящее время нормативы [6–8] являются менее жесткими по сравнению с нормативами предыдущих периодов. Поэтому экономические механизмы воздействия на водопользователей приобретают первостепенное значение.

В отличие от стран Евросоюза и ряда других государств мира, в Республике Беларусь плата за отведение сточных вод взимается в зависимости от их объема, а не от количества загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. Существующая система взимания платы базируется на двух основных механизмах: плата (экологический налог) за сброс сточных вод с концентрацией загрязняющих веществ в пределах, установленных в разрешениях на специальное водопользование или в комплексных природоохранных разрешениях, согласно действующим нормативам; плата за сброс сточных вод с концентрацией загрязняющих веществ, превышающих установленные пределы; в этом случае, кроме экологического налога за сброс сточных вод, взимается плата за сверхнормативное загрязнение в виде «возмещения вреда, причиненного водной среде» [9].

Материалы и методика исследований. До 2012 г. при отведении сточных вод в природные водные объекты с превышением допустимых объемов сточных вод (т. е. лимитов или максимальных значений, установленных в разрешениях на специальное водопользование), но без превышения допустимых концентраций загрязняющих веществ в этих водах предусматривалось повышение базовой ставки платы в 15 раз. Величина повышающего коэффициента не была обоснована, а понять логику его установления не представлялось возможным. Кроме того, это положение противоречило экономическому стимулированию охраны вод, так как увеличенный объем сброса сточных вод уменьшает возможный дефицит водохозяйственного баланса реки, а качество речной воды может и не ухудшиться, если фактические концентрации загрязняющих веществ в сточных водах близки к фоновым концентрациям в приемнике сточных вод.

Отмена этого положения вполне оправдана, но лишь при отсутствии превышения установленного в разрешении на специальное водопользование допустимого сброса (массы) загрязняющих веществ в составе сточных вод. Однако действующей системой исчисления экологического налога не учитывается фактическая масса сброса загрязняющих веществ, которая вследствие повышенного объема сточных вод может превысить разрешенную массу (допустимый сброс) тогда, когда фактические концентрации загрязняющих веществ находятся в пределах нормы, т. е. не превышают допустимых концентраций. В таком случае предприятие-загрязнитель почему-то не относится к нарушителю водного законодательства (хотя и не в полной мере выполняет требования, установленные разрешением на специальное водопользование или комплексным природоохранным разрешением) и платит лишь экологический налог. Процедура взимания платы за сброс сточных вод в этой ситуации не предусмотрена ни новой редакцией налогового кодекса [10] (вступившего в силу с 01.01. 2019 г.), ни действующими с 2010 г. нормативами по «...определению размера возмещения вреда, причиненного водам сбросом загрязняющего вещества с нарушением требований в области охраны окружающей среды...» [9]. За критерий нарушения принимается лишь факт превышения допустимой концентрации (ДК) и тем самым игнорируется фактическое превышение установленной водопользователю величины допустимого сброса (ДС), т. е. максимально допустимой (нормативной) массы загрязняющих веществ в составе сточных вод. Например, если $ДК = 1 \text{ мг/дм}^3$, т. е. 1 г/м^3 , а разрешенный объем сточных вод $W = 1 \text{ млн м}^3$, то величина $ДС = 1 \text{ т}$. В этом случае при сбросе сточных вод объемом $1,5 \text{ млн м}^3$ с концентрацией $0,9 \text{ г/м}^3$ фактическая масса сброса загрязняющего вещества составит $1,35 \text{ т}$ и на 35% превысит $ДС$. Обязательность возмещения вреда за сверхнормативное загрязнение применительно к подобным случаям не узаконена, что может привести к недопустимому ухудшению экологического состояния водной среды. Рано или поздно предприятия начинают

понимать, что у них имеется возможность сбрасывать сверхнормативную массу загрязняющих веществ без экономических санкций. Кроме того, увеличивается вероятность умышленных действий предприятия по разбавлению своих сточных вод чистой водой с целью уменьшения концентраций загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах. Это является следствием того, что стоимость дополнительно забираемой чистой воды (особенно из природного источника) несопоставима мала по сравнению с размером возмещения вреда за сверхнормативное загрязнение. Не удивительно, что в ряде стран мира [11] разбавление сточных вод с целью выполнения экологических требований категорически запрещается.

Таким образом, действующая в Республике Беларусь методика расчета величины экологического налога за отведение сточных вод при превышении допустимого объема их сброса нуждается в усовершенствовании. Здесь возможны два варианта:

1) законодательно требовать возмещения вреда, причиненного водному объекту вследствие сверхнормативного загрязнения, не только при превышении допустимых концентраций, но и в случае превышения нормативов допустимых сбросов (допустимой массы загрязняющих веществ) при фактических концентрациях, не превышающих допустимые;

2) установить повышающие коэффициенты к ставке экологического налога в зависимости от степени превышения фактической массы сброса загрязняющих веществ к максимально допустимой массе. При этом величины повышающих коэффициентов логично определять из условия, чтобы сумма дополнительного налога не превышала размера возмещения вреда, вычисленного согласно [9].

Второй существенный недостаток действующей методики расчета экологического налога за сброс сточных вод в природные водные объекты – отсутствие понижающих коэффициентов (или других налоговых льгот) для предприятий, которые сбрасывают свои сточные воды с концентрациями загрязняющих веществ значительно меньшими, чем допустимые. Предприятие финансово не заинтересовано в дальнейшем снижении концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, потому что затраты на модернизацию очистных сооружений даже частично не компенсируются снижением налогового бремени. Для того чтобы у предприятия была возможность за счет пониженной налоговой платы возвращать часть своих средств, потраченных на внедрение современных технологий, предлагается предусмотреть поощрение тех предприятий, которые очищают свои сточные воды значительно лучше, чем того требует разрешение на специальное водопользование. Величину понижающих коэффициентов (индивидуальных для каждого предприятия) целесообразно определять в зависимости от объема сброса сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в составе этих вод (в сопоставлении с допустимыми концентрациями).

С учетом вышеизложенного предлагаются следующие уточнения и изменения к методике определения размера экологического налога за сброс сточных вод в природные водные объекты:

1) к базовой ставке платы (установленной новой редакцией Налогового кодекса Республики Беларусь [10]) ввести повышающие и понижающие коэффициенты (их можно назвать «поправочные коэффициенты»);

2) величину поправочных коэффициентов определять в зависимости от соотношения фактической и допустимой массы загрязняющих веществ (соответственно Z и $Z_{\text{доп}}$);

3) учитывать не только максимальное превышение (из всех зарегистрированных), но и превышения по другим нормируемым загрязняющим веществам (в случае их наличия).

Предлагаемая формула расчета:

$$П = K_1 K_2 C_{\text{баз}} W_{\text{факт}}, \quad (1)$$

где $П$ – величина платы, руб.; K_1 – понижающий коэффициент, максимальное значение которого не превышает единицы; K_2 – повышающий коэффициент, минимальное значение которого равно единице; $C_{\text{баз}}$ – базовая ставка платы в руб. за 1 м^3 , принимаемая согласно новой редакции Налогового кодекса Республики Беларусь [10]; $W_{\text{факт}}$ – фактический объем сточных вод за расчетный интервал времени (квартал, год).

Значения понижающих коэффициентов предлагается определять в зависимости от максимального соотношения между фактической и допустимой концентрацией (из всех нормируемых и контролируемых загрязняющих веществ):

$$K_1 = \max \frac{ФК_i}{ДК_i}, \quad (2)$$

причем $K_1 = 1$, если хотя бы по одному загрязняющему веществу $ФК_i$ больше $ДК_i$, так как в этом случае предприятие является нарушителем требований в области охраны водной среды и кроме экологического налога должно вносить плату в размере вреда, причиненного водам сверхнормативным загрязнением. На основе анализа фактических данных статистической отчетности водопользователей [12, 13] можно утверждать, что для водопользователей Республики Беларусь величина K_1 будет находиться в пределах 0,3–1,0.

Величины повышающих коэффициентов должны определяться из условия, чтобы сумма дополнительного налога не превышала размера возмещения вреда, вычисленного согласно приложению 6 к Указу Президента Республики Беларусь от 24.06.2008 № 348 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь от 03.12.2010 № 618) «Таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного водам сбросом загрязняющего вещества с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иного законодательства» [9]. Величину K_2 предлагается вычислять следующим образом:

$$K_2 = 1 + \sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{Z_{доп\ i}} r_j, \quad (3)$$

где $Z = W_{факт} \cdot ФК$; $Z_{доп} = W_{доп} \cdot ДК$; j – загрязняющие вещества, по которым имеется превышение допустимого сброса (допустимой массы загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод); n – количество загрязняющих веществ, по которым имеется превышение допустимого сброса; $W_{факт}$, $W_{доп}$ – фактические и допустимые объемы сбрасываемых сточных вод соответственно; r_j – коэффициенты приведения в соответствие денежных средств на уплату экологического налога и возмещение вреда, а также учитывающие относительную экологическую опасность загрязняющих веществ, которая в большинстве стран мира определяется в зависимости от величины $1/ПДК$, т.е. от предельно допустимой концентрации в водном объекте, являющимся приемником сточных вод. Однако в Республике Беларусь, согласно [9], при определении размера возмещения вреда выделяются всего три группы загрязняющих веществ по вышеупомянутому принципу, а также (отдельно) БПК и взвешенные вещества. Поэтому до уточнения действующих такс для определения размера возмещения вреда конкретные значения коэффициентов r_j можно установить только для вышеупомянутых загрязняющих веществ. Используя действующие ставки экологического налога [10] и приведенные в [9] таксы для определения размера возмещения вреда, авторами настоящей статьи проведены соответствующие расчеты и определены ориентировочные значения коэффициентов r_j (таблица). При использовании этих данных величины повышающих коэффициентов, вычисляемых по (3), будут находиться в пределах $K_2 = 1,0–3,0$ в зависимости от количества загрязняющих веществ, по которым имеет место превышение допустимого сброса (массы) загрязняющих веществ отводимых сточных водах, что не противоречит предварительным результатам ранее опубликованной работы [14]. Так, например, для рассмотренного выше случая, когда фактический объем сброса сточных вод в 1,5 раза превышает допустимый ($W_{факт} = 1,5$ млн $м^3$ и $W_{доп} = 1$ млн $м^3$), то при превышении допустимого сброса (массы) только по одному загрязняющему веществу (азоту аммонийному при $ПДК = 0,39$, $ФК = 0,9$ и $ДК = 1$ мг/ $дм^3$) величина $K_2 = 1,16(1 + 1,35 \times 0,12)$. Если при этом же увеличении объема сточных вод превышена допустимая масса сброса загрязняющих веществ не только по азоту аммонийному, но и по содержанию меди при $ПДК=0,05$, $ДК=0,1$ и $ФК=0,09$, то $K_2 = 1,96(1 + 1,35 \times 0,71)$. В случае превышения допустимой массы по двум вышеупомянутым загрязняющим веществам величина $K_2 = 2,12(1 + 0,16 + 0,96)$.

Предлагаемые повышающие и понижающие коэффициенты будут стимулировать предприятие не только сбрасывать свои сточные воды в пределах допустимых объемов, но и понижать

содержание загрязняющих веществ в сточных водах до минимального (по технологическим возможностям) уровня.

Значения коэффициентов r_i

Загрязняющие вещества или их группы	Такса базовых величин за 1т загрязняющего вещества (согласно [9])	Коэффициент r_i
Органические вещества, выраженные по БПК ₅	340	0,09
Взвешенные вещества	98	0,025
Иные вещества, для которых нормативы предельно допустимой концентрации химических и иных веществ в природных водах составляют менее 0,05 мг/дм ³	2742	0,71
Иные вещества, для которых нормативы предельно допустимой концентрации химических и иных веществ в природных водах составляют от 0,05 до 1 мг/дм ³	466	0,12
Иные вещества (исключая БПК и взвешенные вещества), для которых нормативы предельно допустимой концентрации химических и иных веществ в природных водах составляют более 1 мг/дм ³	78	0,02

Выводы. Действующей системой исчисления экологического налога за сброс сточных вод в природные водные объекты не учитывается масса сброса загрязняющих веществ, которая может быть превышена даже при условии, что концентрации загрязняющих веществ будут находиться в пределах нормы, т.е. не превысят допустимых концентраций, установленных в решениях на специальное водопользование. В настоящее время после исключения из величины экологического налога повышающего коэффициента (применяемого в случае превышения допустимого объема сточных вод) предприятия-загрязнители имеют возможность сбрасывать сточные воды в большем объеме, чем того требует разрешение на специальное водопользование, тем самым рискуя превысить массу загрязняющих веществ, и не понести за это наказания. В таком случае предприятие-загрязнитель и предприятие, которое не нарушает экологических требований, будут платить одну и ту же величину экологического налога. В действующей системе не предусмотрен понижающий коэффициент для предприятий, которые сбрасывают свои сточные воды в пределах допустимых объемов и с концентрациями загрязняющих веществ значительно меньшими, чем допустимые.

В Налоговом кодексе Республики Беларусь предлагается предусмотреть повышающие и понижающие коэффициенты при расчете величины экологического налога за сброс сточных вод в зависимости от степени превышения фактической массы сброса загрязняющих веществ по отношению к максимально допустимой массе. Это будет стимулом внедрения прогрессивных технологий в области отведения и очистки сточных вод, так как обеспечивается поощрение тех предприятий, которые очищают свои сточные воды значительно лучше, чем того требует разрешение на специальное водопользование. Кроме того, исключается умышленное разбавление недопустимо загрязненных сточных вод чистой водой из источника или из водопроводной сети.

Список использованных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь : 30.04.2014 г., № 149-З: принят Палатой представителей 02.04.2014г. : одобр. Советом Респ. 11.04. 2014г. – Минск, 2014. – 42 с.
2. Деревяго, И. П. Проблемы совершенствования платного природопользования в Беларуси / И. П. Деревяго // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 113–121.
3. Пономарева, Л. С. Экономический механизм охраны вод от загрязнения / Л. С. Пономарева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 4. – С. 15–24.
4. Данилович, Д. А. Концепция нормирования и оплаты сбросов сточных вод / Д. А. Данилович, Е. В. Довлатова // Экология производства. – 2013. – № 9. – С. 52–59.
5. Колобаев, А. Н. Совершенствование нормативов, регламентирующих отведение сточных вод в поверхностные водные объекты / А. Н. Колобаев // Природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 51–56.
6. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: постановление Мин-ва природы Респ. Беларусь, 30.03.2015 г., № 113 / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – 196 с.

7. О порядке установления допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: постановление Мин- ва природы Респ. Беларусь, 26.05. 2017 г., № 16 / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 12 с.

8. Экологические нормы и правила. – ЭкоНП 17.01.06-001 / Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 139 с.

9. Таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного водам сбросом загрязняющего вещества с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иного законодательства: Указ Президента Респ. Беларусь, 24.06.2008 г., № 348: в редакции Указа Президента Респ. Беларусь от 03.12.2010 г., № 618. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2010.

10. О внесении изменений и дополнений в некоторые законы Республики Беларусь: Обновленный Налоговый кодекс Респ. Беларусь: в редакции Закона Респ. Беларусь, 30.12. 2018 г., № 159-3. – Минск, 2019. – 1000 с.

11. *Губанова, В. С.* Особенности исчисления платы за НВОС организациями ВКХ / В. С. Губанова // Экология производства. – 2019. – № 1. – С. 78–85.

12. Государственный водный кадастр. Фактическое водопользование и отведение сточных вод в Республике Беларусь (за 1995–2018 гг.). – Минск: ЦНИИКИВР, 2018.

13. Государственный водный кадастр. Ежегодные сведения об использовании водных ресурсов и качестве сточных вод за 1995–2018 гг., содержащиеся в базе данных Автоматизированной системы государственного водного кадастра по разделу «Использование вод». – Минск: ЦНИИКИВР, 2018.

14. *Герасимчик, А. С.* Обоснование поправочных коэффициентов к ставкам экологического налога за отведение сточных вод / А. С. Герасимчик, А. Н. Колобаев: материалы 13-й Междунар. науч.-техн. конф.: Наука – образованию, производству, экономике. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 151.

Поступила 21.11.2019

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**BIOLOGICAL RESOURCES****БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК [575.2+ 575.8]:597.5

В. И. Головенчик¹, Е. С. Гайдученко¹, В. К. Ризевский¹, А. М. Роман², Т. П. Липинская¹¹ Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: vika.golovenchik@mail.ru, gajduchenko@tut.by, rvk869@mail.ru, tatsiana.lipinskaya@gmail.com² Институт гидробиологии Национальной академии наук Украины, Киев, Украина,
e-mail: aroman.fish@gmail.com**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНА COI У ЧУЖЕРОДНЫХ И АБОРИГЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЗАПАДНОГО ТУПОНОСОГО БЫЧКА (PROTERORHINUS SEMILUNARIS (HECKEL, 1837))**

Аннотация. Представлены сравнительные данные о генетической вариабельности гена COI западного тупаносого бычка (*Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837)) в популяциях нативного и приобретенного ареала. Показано, что популяция западного тупаносого бычка в Центральном инвазионном коридоре (Беларусь) характеризуется высоким уровнем генетического разнообразия, сравнимым с таковым у аборигенных популяций, что в свою очередь исключает «эффект основателя» и «эффект бутылочного горлышка». Это дает нам возможность предположить, что проникновение вида в водоемы Беларуси произошло путем случайных интродукций.

Ключевые слова: чужеродные виды, генетическая вариабельность, ген COI, гаплотипическое разнообразие, западный тупаносый бычок

V. I. Golovenchik¹, H. S. Gajduchenko¹, V. K. Rizevsky¹, A. M. Roman², T. P. Lipinskaya¹¹ Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,
e-mail: vika.golovenchik@mail.ru, gajduchenko@tut.by, rvk869@mail.ru, tatsiana.lipinskaya@gmail.com² Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
e-mail: aroman.fish@gmail.com**GENETIC VARIABILITY OF GENE COI OF ALIEN AND NATIVE POPULATIONS OF TUBENOSE GOBY (PROTERORHINUS SEMILUNARIS (HECKEL, 1837))**

Abstract. Genetic variability and structure of non-indigenous vs native populations are compared for the tubenose goby (*Proterorhinus semilunaris*) that established in Belarusian rivers since 2007. The present study examined sequence COI gene of tubenose gobies from Eurasian and Great Lakes locations. Results showed that native and alien populations of tubenose goby characterize by diverse number of haplotypes. The genetic characters of invasive populations also indicate high genetic variability. The sequence of the COI gene characterizes by a relatively high index of haplotype diversity and a low index of nucleotide diversity. Such indicators of genetic diversity are characteristic of stable and genetically integral populations, which expand their range with a high value of the effective number.

Keywords: alien species, genetic variability, COI gene, haplotype diversity, tubenose goby

В. І. Галавенчык¹, А. С. Гайдучэнка¹, В. К. Рызеўскі¹, А. М. Раман², Т. П. Ліпінская¹¹Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: vika.golovenchik@mail.ru, gajduchenko@tut.by, rvk869@mail.ru, tatsiana.lipinskaya@gmail.com²Інстытут гідрабіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Украіны, Кіеў, Украіна,
e-mail: aroman.fish@gmail.com**ГЕНЕТЫЧНАЯ ВАР'ЯБЕЛЬНАСЦЬ ГЕНА COI Ў ЧУЖАРОДНЫХ І АБАРЫГЕННЫХ ПАПУЛЯЦЫЙ ЗАХОДНЯГА ТУПАНОСАГА БЫЧКА (PROTERORHINUS SEMILUNARIS (HECKEL, 1837))**

Анатацыя. Прадстаўлены параўнальныя дадзеныя аб генетычнай вар'ябельнасці гена COI заходняга тупаносага бычка (*Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837)) у папуляцыях натывунага і набытага арэала. Паказана, што папуляцыя заходняга тупаносага бычка ў Цэнтральным інвазійным калідоры (Беларусь) характарызуецца высокім узроўнем генетычнай разнастайнасці, параўнальным з такім у абарыгенных папуляцыях, што ў сваю чаргу выключае «эфект заснавальніка» і «эфект рыльца». Гэта дае нам магчымасць выказаць здагадку, што пранікненне віду ў вадаёмы Беларусі адбылося шляхам выпадковых інтрадукцый.

Ключавыя словы: чужародныя віды, генетычная варыябельнасць, ген COI, гаплатыпічная разнастайнасць, заходні тупаносы бычок

Введение. В последние десятилетия наблюдается активное заселение чужеродными видами рыб водных экосистем. По территории Беларуси проходит так называемый Центральный инвазионный коридор, который включает в себя реки бассейнов Черного (Днепр, Припять, Пина) и Балтийского (Мухавец, Зап. Буг, Висла) морей [1, 2], соединенные между собой Днепро-Бугским каналом. Особенности территориального расположения нашей страны способствует тому, что заселение чужеродных видов в реки Беларуси в ближайшем будущем будет только усиливаться [3].

Среди чужеродных видов рыб особое место занимают представители семейства Gobiidae (Бычковые), которые проникают в водные экосистемы Беларуси из Понто-Каспийского региона. В настоящее время в водоемах Беларуси обитают 5 видов бычков: *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) – бычок-песочник, *Neogobius gymnotrachelus* (Kessler, 1857) – бычок-гонец, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) – бычок-кругляк, *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) – западный тупаносый бычок и *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) – звездчатая пуголовка [4]. Успех расширения ареала данных видов рыб связан с особенностями их экологических адаптаций (сложные формы поведения в размножении, охрана потомства, эвригалинность и эврифагия) [5], а также с увеличением числа подходящих биотопов, которые стали доступны благодаря построению каскада водохранилищ на р. Днепр и межбассейновых каналов.

Проникновение чужеродных видов рыб в аборигенные экосистемы несет за собой ряд экологических угроз. Среди них можно выделить такие, как снижение численности аборигенных видов или полное их вытеснение, конкуренция за ресурсы, распространение гельминтов, в том числе новых видов и т. д. [4, 6–8]. Уже проведен ряд работ по изучению биологии и экологии инвазивных видов на территории Беларуси [4, 7, 9]. Однако нет никаких данных о том, что происходит на молекулярно-генетическом уровне при заселении чужеродными видами экосистем на территории республики. Следует отметить, что для целостного изучения и понимания процесса инвазий крайне важен комплексный подход, который помимо биологии и экологии видов-вселенцев включает молекулярно-генетические исследования их популяций в естественном и приобретенном ареалах.

Уровень генетической вариабельности – один из основных показателей успешности инвазии вида. Высокая генетическая изменчивость, как считается [10], положительно коррелирует со способностью чужеродных популяций проникать, адаптироваться и успешно расселяться в новых местах обитания. Инструменты молекулярной биологии позволяют определять места, из которых идут инвазии. Сравнение последовательностей ДНК между нативными и чужеродными популяциями также важно для понимания процесса расселения чужеродных видов: происходит ли оно самостоятельно или в результате случайных интродукций; а также наблюдается ли «эффект основателя» или «эффект бутылочного горлышка», или заселение произошло большим количеством генетически разнообразных особей. Полученные данные по генетической вариабельности могут быть использованы для прогнозов дальнейшего распространения видов, а в случае обнаружения факта случайной интродукции – для разработки мер по предупреждению их распространения [11].

Одним из относительно недавно заселившимся на территорию Беларуси видом является западный тупаносый бычок (*Proterorhinus semilunaris*), естественный ареал которого включает пресные и солоноватые воды устьев рек бассейна Черного и Эгейского морей [12], также он к настоящему моменту колонизировал пресноводные водоемы Европы и систему Великих Американских озер [13–15]. Впервые на территории Беларуси чужеродный вид был зарегистрирован в 2007 г. и описан как бычок-цуцик (*Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814)) [16]. Однако проведенный авторами данной статьи молекулярно-генетический анализ показал принадлежность рыб рода *Proterorhinus*, обитающих на территории Беларуси, к виду *P. semilunaris* [17]. Одним из основных вопросов, касающихся распространения данного вида бычка, является способ его инвазии. До сих пор не установлено, каким образом данный вид проник на территорию Беларуси:

путем самостоятельного расселения или вследствие случайной интродукции. Анализ генетической вариабельности позволит оценить микроэволюционные процессы, которые произошли при продвижении вида по Центральному инвазионному коридору, определить характерны ли для него «эффект основателя» или «эффект бутылочного горлышка» и в целом установить уровень генетической вариабельности популяции западного тупоносого бычка на территории Беларуси.

Таким образом, цель настоящей работы – на основании анализа гена COI сравнить генетическую вариабельность чужеродной популяции вида *P. semilunaris* на территории Беларуси с уровнем генетической вариабельности в его естественном ареале.

Материалы и методы. В качестве материала для данного исследования использовали последовательности западного тупоносого бычка (*P. semilunaris*), полученные авторами статьи и депонированные из международных баз данных BOLD и GenBank (табл. 1).

Образец ткани от каждой отловленной особи помещали в отдельную пробирку и хранили в 96 %-ном спирте. Подготовку ДНК для ПЦР реакции проводили при помощи наборов Genomic DNA Purification with spin column (Jena Bioscience). Методику производителя адаптировали для работы с образцами ткани рыб: время инкубации образцов от каждой особи в лизирующем буфере увеличили до 12 ч. Для получения целевого фрагмента использовали праймеры: L6468 (5'-GCTCAGCCATTTTACCTGTG-3'); H7696 (5'-CAATTYTRGCTTTGGGAG-3') [18]. Реакционная смесь для ПЦР содержала в 25 мкл: 200 мкМ dNTP, 0,5 мМ каждого праймера, 2,0 мМ MgCl₂, 1xPfu Buffer, 1U Pfu-полимеразы, 0,5 мкг ДНК-матрицы. ПЦР проводили в режиме: 94° – 2 мин; 35 циклов по 94° – 45 с, 53° – 45 с, 72° – 60 с; 75° – 10 мин. Результаты амплификации анализировали при помощи электрофореза в 1,5 %-ном агарозном геле в TBE-буфере в присутствии бромистого этидия. Продукт ПЦР очищали при помощи ферментов экзонуклеазы и фосфотазы. Секвенирование провели в ЦКП «Геном» ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» на 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems), с BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems). Первичный анализ результатов секвенирования, редактирование и выравнивание последовательностей проводили в пакетах программ MEGA 7 [19]. Для выравнивания последовательностей применяли алгоритм Muscle, с назначенным пенальти за вставку пробелов -400 [20]. Филогенетический анализ, построение дендрограмм проводили с использованием программы MEGA 7 [19]. Филогенетическое дерево было построено при помощи метода максимального правдоподобия (ML) [21], модель Jukes-Cantor [22]. Надежность ветвления филогенетического дерева была определена при помощи бутстреп-анализа с учетом 1000 псевдо-реплик [23]. В качестве внешней группы для филогенетического анализа были выбраны другие представители сем. Gobiidae: бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) и бычок-гонец (*Neogobius gymnotrachelus*, (Kessler, 1857) (номера в GenBank MG865727.1 и EU444694.1 соответственно).

При расчете генетических дистанций учитывали все три позиции в кодоне. Анализ внутригруппового генетического разнообразия проводили в программе DnaSP 6 [24]. Парсимониальные сети гаплотипов строили в программе PopArt [25].

Результаты и их обсуждение. В ходе работы были проанализированы 60 последовательностей митохондриального гена COI западного тупоносого бычка длиной 563 п.н. Все последовательности, полученные авторами данной статьи, были депонированы в международную базу данных BOLD (набор данных (dataset) «PRSEMBY»). В ходе анализа всех 60 последовательностей было обнаружено 9 гаплотипов, при этом 4 из них встречаются на территории Беларуси (рис. 1). Частота встречаемости и распределение гаплотипов наглядно представлено на медианной сети гаплотипов (рис. 2).

Анализ медианной сети четко показывает наличие двух наиболее широко распространенных гаплотипов по гену COI у западного тупоносого бычка: гаплотип 3 и гаплотип 2. Оба данных гаплотипа встречаются на территории Беларуси. При этом самым распространенным и наиболее древним является гаплотип 3, который наиболее широко представлен как на территории Беларуси, так и в системе Великих Американских озер (США и Канада). От данного гаплотипа

Т а б л и ц а 1. Проанализированные в работе образцы западного тупоносового бычка

База данных	Год сбора	Номер в GenBank или BOLD	Место сбора	Широта	Долгота
BOLD	2016	292, 293-16fB, 298-16fB	р. Припять, д. Гольцы, Беларусь	52.064	26.185
		654-16fB, 663-16fB	р. Днепр, д. Нижние Жары, Беларусь	51.165	30.342
	2017	2031-17fB– 2033-17fB			
		1914-17fB– 1916-17fB	р. Припять, г. Мозырь, Беларусь	52.031	29.152
	2016	911-16fU, 912-16fU, 914-16fB– 916-16fB	р. Ольшанка, Украина	49.125	31.142
	2016	927-16fU, 926-16fU	р. Супой, Украина	50.360	31.391
	2006	BCF-0815-5, BCF-0815-1, BCF-0815-3, BCF-0815-2	оз. Эри, Канада	–	–
	2005	BayFi 04790	р. Майн, Нижняя Франкония, Германия	49.86	10.179
		BayFi 02781	р. Вилс, Нижняя Бавария, Германия,	48.63	13.182
	2004	BayFi 01687	р. Дунай, Нижняя Бавария, Германия	48.903	11.843
		BayFi 01896	р. Изар, Нижняя Бавария, Германия	48.803	12.968
	2011	IFCZE1013	р. Старая Дие, Чехия	48.762	16.86
	2009	IFCZE0098	р. Дие, Чехия	48.754	16.295
	2009	IFCZE0097, IFCZE0096, IFCZE0094		48.889	15.649
	2011	IFCZE1014, IFCZE1007, IFCZE1006		48.826	16.77
	2010	IFCZE0889	р. Морава, Чехия	48.741	17.027
	2012	SL-TUG-03_COI, SL-TUG-04_COI	оз. Супериор, р. Сэнт Луис, США	46.7044	-92.2054
		SL-TUG-02_COI, SL-TUG-01_COI		46.6728	-92.1853
	2013	TUG106_COI		46.6962	-92.015
	2004	MY-3 P. mar.	р. Днестр, д. Сороки, Украина	–	–
	2006	BCF-765-2	оз. Сэнт Клэр, Канада	42.372	-82.42
		BCF-767-1		42.344	-82.432
	–	NXG2013346		–	–
2012	KR477240, KR477084, KR477085	р. Дунай, Верхняя Австрия	–	–	
	WH12A3, WH12A2	р. Марица, Греция	41.072	26.267	
	WH12A9	р. Струма, Греция	41.1	23.588	
GenBank NCBI	–	MG865731.1, MG865730.1	р. Висла, Польша	–	–
		EU444677.1	р. Дунай, Сербия	44.638	21.909
		EU444691.1	Симферопольское водохранилище, Украина	44.921	34.155
		EU444686.1	Кучурганское водохранилище, Украина	46.100	30.200
		EU444683.1	Мыс Малый фонтан, г. Одесса, Украина	46.450	30.766
		EU444690.1	оз. Супериор, США	46.666	- 92.200
		EU444674.1	оз. Сэнт Клэр, США	42.594	- 82.803
		KP019198.1	р. Днепр, Беларусь	51.212	30.375
		KP019195.1			

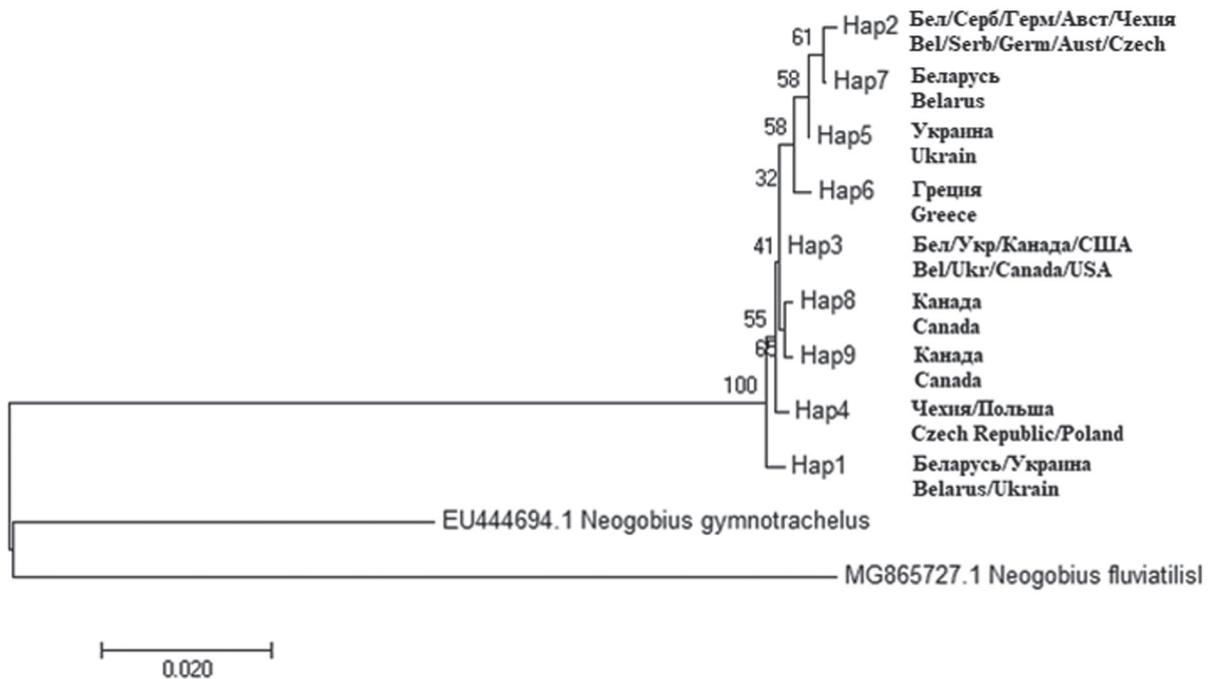


Рис. 1. Филогенетическое дерево обнаруженных в ходе анализа гаплотипов гена COI западного тупоного бычка, построенное методом максимального правдоподобия (ML), модель Jukes-Cantor

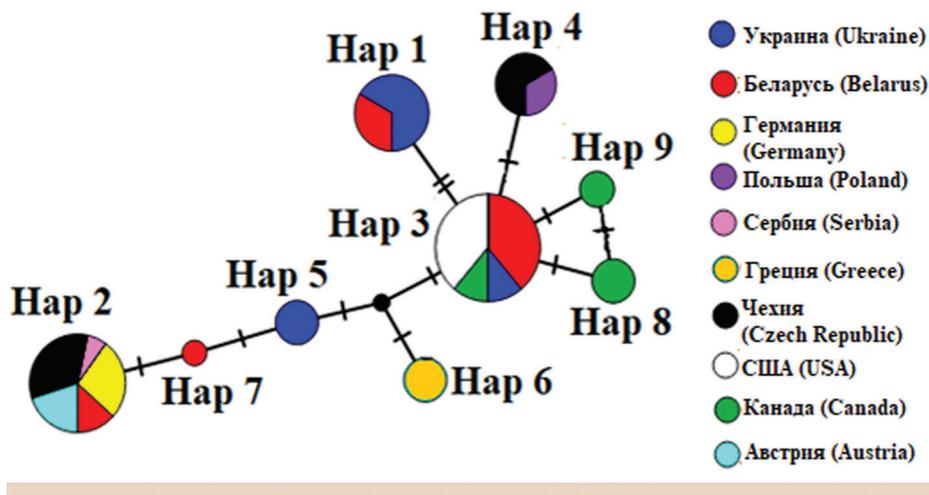


Рис. 2. Медианная сеть гаплотипов гена COI западного тупоного бычка

посредством одной мутации образовались гаплотипы 8 и 9 (система Великих озер, отмечены в оз. Сэнт-Клэр и оз. Эри), также за счет одной мутации от наиболее древнего гаплотипа 3 образовался гаплотип 4, который встречается в Чехии и Польше. Посредством двух мутаций от гаплотипа 3 образовался гаплотип 1, широко представленный в реках Припять (Беларусь), Супой (приток Днепра, Украина) и в естественном ареале в Симферопольском водохранилище. Гаплотип 2 наиболее отдален от «предкового» гаплотипа 3 и встречается преимущественно в бассейне р. Дунай (Германия, Австрия, Сербия и Чехия), однако особи с гаплотипом 2 были также обнаружены в Беларуси в р. Припять. Географическое распределение гаплотипов наглядно показано на рис. 3.

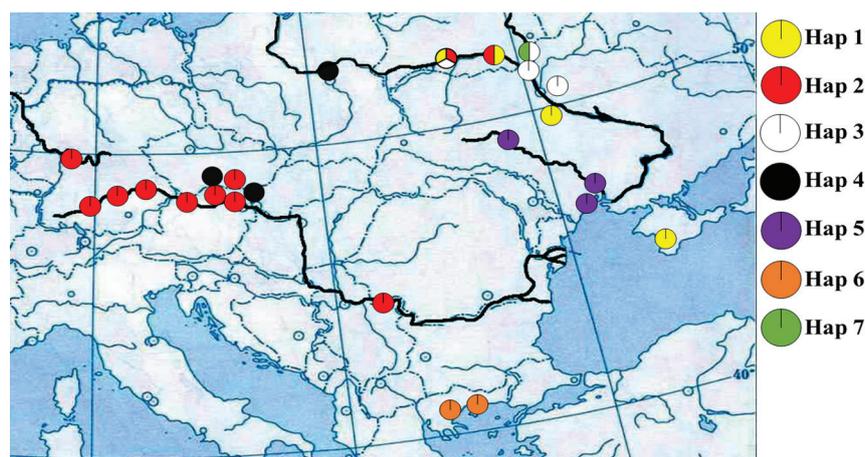


Рис. 3. Географическое распределение гаплотипов гена COI западного тупоносого бычка (на рисунке представлена только часть Евразии, без Северной Америки)

Анализ географического распределения гаплотипов показал несколько интересных закономерностей: в Южном инвазионном коридоре (р. Дунай и притоки) присутствует только два гаплотипа гена COI западного тупоносого бычка (гаплотип 2 и 4, рис. 3), однако в Центральном инвазионном коридоре на участке р. Днепр севернее Каховского водохранилища и р. Припять на территории Беларуси присутствует 4 гаплотипа (гаплотип 3, «предковый» распространенный как в системе Великих озер, так и в реках Припять и Днепр, севернее Каховского вдхр.; гаплотип 7 – р. Днепр, д. Нижние Жары (Беларусь); а также гаплотип 2, распространенный в бассейне р. Дунай). При этом можно заметить еще один интересный факт: в Польше в р. Висла были исследованы особи *P. semilunaris* [13], которые относятся к гаплотипу 4, характерному для бассейна р. Дунай, что свидетельствует в пользу продвижения вида по водным коридорам в глубь материка и возможного скорого обнаружения данного гаплотипа в Припяти. При этом наибольшее гаплотипическое разнообразие наблюдается в районе Пинска, там, где впервые был обнаружен западный тупоносый бычок (рис. 3).

Все проанализированные последовательности были разделены нами на пять групп:

1) образцы из приобретенного ареала – Беларусь; 2) образцы из приобретенного ареала – р. Дунай и притоки; 3) образцы из приобретенного ареала – р. Днепр севернее Каховского вдхр.; 4) образцы из приобретенного ареала – система Великих Американских озер (США); 5) образцы из естественного ареала – Черное и Эгейское моря, Симферопольское вдхр. Для каждой группы были рассчитаны показатели генетического разнообразия (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Данные генетического разнообразия гена COI западного тупоносого бычка, рассчитанные в программе DnaSP 6

<i>P. semilunaris</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	$Hd \pm SD_{Hd}$	$\pi \pm SD_{\pi}$	<i>k</i>	<i>p</i>
Беларусь	13	6	4	0,679±0,012	0,004±0,0009	2,2	0,004
р. Дунай и притоки	19	5	2	0,456±0,007	0,004±0,0008	2,3	0,004
р. Днепр севернее Каховского вдхр.	20	6	4	0,658±0,004	0,003±0,0007	2	0,004
Система Великих Американских озер (США)	14	1	3	0,560±0,020	0,001±0,0002	0,56	0,001
Черное и Эгейское моря, Симферопольское вдхр.	7	5	3	0,714±0,070	0,004±0,002	2	0,004

П р и м е ч а н и е. *N* – число последовательностей; *S* – число переменных сайтов; *H* – число гаплотипов; *Hd* – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; *k* – среднее число нуклеотидных различий; *p* – общая генетическая дистанция; *SD* – стандартное отклонение.

Анализ данных генетического разнообразия показал, что образцы из всех пяти групп характеризуются высоким гаплотипическим разнообразием при низких значениях нуклеотидного

(табл. 2). Такие показатели генетического разнообразия, как правило, характерны для стабильных и генетически целостных популяций, которые расширяют свою среду обитания с высокой величиной эффективного числа основателей. Следует отметить, что «эффекта основателя» и «эффекта бутылочного горлышка» не наблюдается ни в одной из групп вне зависимости от ареала. Генетическое разнообразие в чужеродных популяциях сравнимо с генетическим разнообразием в естественном ареале. Сходные данные были получены американскими коллегами при изучении инвазий западного тупоносового бычка в систему Великих озер [11]. Данный факт был объяснен множественными инвазиями и случайными интродукциями особей *P. semilunaris* с балластными водами. Экстраполируя выводы, сделанные американскими коллегами на полученные нами данные, можно предположить, что и для Беларуси применимо данное объяснение.

Таким образом, генетические данные показывают, что успешное расселение западного тупоносового бычка из Понто-Каспийского региона в Беларусь по Центральному Европейскому инвазионному коридору характеризуется достаточно высоким числом гаплотипов и генетическим разнообразием чужеродных популяций, сравнимым с популяциями из естественного ареала, при этом отсутствует «эффект бутылочного горлышка» и «эффект основателя».

Учитывая собственные и литературные данные, можно предположить, что вселение данного вида в речные экосистемы Беларуси произошло за счет случайной множественной интродукции [16]. Следует также отметить, что в ближайшее время планируется изучение большего числа маркеров и образцов западного тупоносового бычка для дополнения полученной к настоящему моменту информации.

Заключение. Показано, что популяция западного тупоносового бычка в Белорусской части Центрального инвазионного коридора характеризуется генетическим разнообразием, сравнимым с уровнем генетического разнообразия в аборигенных популяциях. Показано, что чужеродные популяции являются стабильными и генетически целостными, расширяющими свою среду обитания с высокой величиной эффективного числа основателей. Из 9 обнаруженных гаплотипов 4 представлены на территории Беларуси, при этом 2 гаплотипа являются наиболее распространенными. Максимальное число гаплотипов (3) западного тупоносового бычка было обнаружено нами в р. Пина, в месте ее впадения в р. Припять в районе речного порта. Учитывая факт наличия на территории Польши в р. Висла особей *P. semilunaris*, принадлежащих к гаплотипу 4, характерному для Южного инвазионного коридора, вполне вероятно расселение вида с данным гаплотипом по водным коридорам в глубь материка. На основании полученных данных можно предполагать, что расселение западного тупоносового бычка в реки Беларуси идет путем случайных интродукций и в дальнейшем данный вид также будет успешно расселяться по водоемам на территории Беларуси.

Благодарности. Сбор и первичная обработка материала осуществлялась в рамках темы «Пространственно-биотопическое распределение чужеродных видов рыб на участке Припять–Днепробугский канал–Мухавец» (ГПНИ 2016–2020 годы «Природопользование и экология»); этап пробоподготовки, пре-ПЦР и постановка ПЦР (частично), пост-ПЦР, секвенирование, загрузка данных в BOLD – в рамках проведенного в 2018 г. тренинга «Использование ДНК-технологий для идентификации и изучения инвазивных и находящихся под угрозой исчезновения видов», организованного в рамках проекта Глобальной таксономической инициативы (№ P1-33BEL-000149) и проекта Инициативы «БиоМост» (№ 351225-683op) при поддержке Секретариата Конвенции о биологическом разнообразии, Японского фонда биоразнообразия и Министерства окружающей среды Республики Кореи. Также авторы статьи выражают благодарность члену-корреспонденту НАН Беларуси, доктору биологических наук В. П. Семенченко за ценные советы в процессе написания работы.

Acknowledgements. This study has been partly supported by the National Academy of Sciences of (Task 24 of the Government Program “Nature Management and Ecology”) – VR. Molecular analysis was partially completed during the joint GTI–BBI training at the Scientific and Practical Center for Bioresources and Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus in 2018 (GTI № P1-33BEL-000149; BBI № 351225-683op) – TL. The funders had no role in study

design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript. Professor Vitaliy Semenchenko (Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources) is greatly acknowledged for his valuable comments.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Olenin, S. Black Sea – Baltic Sea invasion corridors / S. Olenin // Alien marine organisms introduced by ships in the Mediterranean and Black seas, Istanbul, 6-9 November, 2002.
2. Инвазии чужеродных рыб в бассейнах крупнейших рек Понто-Каспийского бассейна: состав, векторы, инвазионные пути и темпы / Ю. В. Слынько [и др.] // Рос. журн. биол. инвазий. – 2010. – № 4. – С. 74–89.
3. Семенченко, В. П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В. П. Семенченко, А. Пугачевский // Наука и инновации. – 2006. – №10. – С. 16–20.
4. Понто-Каспийские иммигранты в структуре молоди рыб прибрежной мелководной зоны р. Днепр (в пределах Беларуси) / В. К. Ризевский [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2014. – Вып. 30. – С. 267–280.
5. Романеску, В. К. Бычковые рыбы (Perciformes: Gobiidae) водоемов Республики Молдова / В. К. Романеску // материалы VII Междунар. конф.: Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона; г. Керчь, 20–23 июня 2012 г. – Керчь, 2012. – Т. 2. – С. 171–174.
6. Бычкова, Е. И. Гельминтофауна чужеродных видов рыб семейства Gobiidae в речных экосистемах Беларуси / Е. И. Бычкова // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2015. – Т. 59, № 2. – С. 84–86.
7. Гулюгин, С. Ю. Эколого-биологическая характеристика бычка-песочника рек Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: ВАК РФ 03.00.10, Ихтиология / С. Ю. Гулюгин; КГТУ. – Калининград, 2001. – 20 с.
8. Grabowska, J. Diet and feeding habits of Monkey goby (*Neogobius fluviatilis*) in a newly invaded area / J. Grabowska, M. Grabowski, A. KostECKA // Biological Invasions. – 2009. – Vol. 11. – P. 2161–2170. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9499-z>
9. Бычок-песочник *N. fluviatilis* – Понто-Каспийский чужеродный вид рыбы в бассейне р. Неман / В. К. Ризевский [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2015. – Т. 59, № 4. – С. 83–88.
10. Williamson, M. Biological Invasions / M. Williamson – USA: Springer Science & Business Media, 1996. – 244 p.
11. Stepien, C. A. Invasion genetics of Ponto-Caspian gobies in the Great Lakes: a 'cryptic' species, absence of founder effects, and comparative risk analysis / C. A. Stepien, M. A. Tumeo // Biological Invasions. – 2006. – Vol. 8. – P. 61–78. <https://doi.org/10.1007/s10530-005-0237-x>
12. Freyhof, J. *Proterorhinus tataricus*, a new tubenose goby from Crimea, Ukraine (Teleostei: Gobiidae) / J. Freyhof, A. M. Naseka // Ichthyological Exploration of Freshwaters. – 2007. – Vol. 18. – P. 325–334.
13. Grabowska, J. Tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) has joined three other Ponto-Caspian gobies in the Vistula River (Poland) / J. Grabowska, D. Pietraszewski, M. Ondračková // Aquatic Invasions. – 2008. – Vol. 3. – P. 261–265. <https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.2.20>
14. New data on the historical and expanded range of *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) (Teleostei: Gobiidae) in eastern Europe / A. M. Naseka [et al.] // Appl. Ichthyol. – 2005. – Vol. 21 – P. 300–305.
15. Kocovsky, P. M. Expansion of tubenose gobies *Proterorhinus semilunaris* into western Lake Erie and potential effects on native species / P. M. Kocovsky, C. A. Stepien // Biological Invasions. – 2011. – Vol. 13. – P. 2775–2784.
16. First record of the invasive Ponto-Caspian tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) from the River Pripyat, Belarus / V. Rizevsky [et al.] // Aquatic Invasions. – 2007. – Vol. 2. – P. 275–277. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2007.2.3.15>
17. Данные о видовой принадлежности представителей рода *Proterorhinus*, обитающих в водных объектах Беларуси, на основании анализа последовательности гена COI / В. И. Головенчик [и др.]: материалы XVI Междунар. конф. молодых ученых; Молодежь в науке – 2019, г. Минск, 14 – 17 октября 2019 г. – Минск, 2019. – С. 141–143.
18. Thacker, C. E. Molecular phylogeny of the gobioid fishes / C. E. Thacker // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2003. – Vol. 26. – P. 354–368.
19. Kumar S. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets / S. Kumar, G. Stecher, K. Tamura // Molecular Biology and Evolution. – 2016. – Vol. 33. – P. 1870–1874. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>
20. Edgar, R. C. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput / R. C. Edgar // Nucleic Acids Research. – 2004. – Vol. 32. – P. 1792–1797. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh340>
21. Samuel, S. W. Mathematical Statistics. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics / S. W. Samuel. – USA: John Wiley and Sons Ltd, 1962. – 664 p.
22. Jukes, T. H. Evolution of protein molecules. In Munro HN, editor, Mammalian Protein Metabolism / T. H. Jukes, C. R. Cantor. – USA: Academic Press, 1969. – Vol. 21. – 132 p.
23. Varian, H. Bootstrap Tutorial / H. Varian // Mathematica Journal. – 2005. – Vol. 9. – P. 768–775.
24. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets / J. Rozas [et al.] // Molecular Biology and Evolution. – 2017. – Vol. 34. – P. 3299–3302. <https://doi.org/10.1093/molbev/msx248>
25. Leigh, J. W. PopART: Full-feature software for haplotype network construction / J. W. Leigh, D. Bryant // Methods Ecological Evolution. – 2015. – Vol. 6. – P. 1110–1116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12410>

Поступила 24.12.2019

И. И. Лапука, В. В. Вежновец

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь, e-mail: ilya.lapua@yandex.ru, vezhn47@mail.ru***ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООБЕНТОСА
С ГЛУБИНОЙ В ОЗЕРАХ СЕВЕРНЫЙ ВОЛОС И ЮЖНЫЙ ВОЛОС**

Аннотация. Впервые определены значения средней численности макрозообентоса в озерах Северный Волос и Южный Волос Браславской группы озер Национального парка «Браславские озера». Несмотря на близкий трофический статус озер средняя численность в оз. Ю. Волос была в 3 раза выше за счет более благоприятного кислородного режима. Основу численности составили в обоих озерах личинки сем. Chironomidae, которых насчитывали в оз. Ю. Волос 55,8 %, в оз. С. Волос – 70,1 %. Установлено, что значения численности сообщества в целом, его отдельных таксономических групп и видов изменяются с глубиной. Распределение общей численности имеет схожий характер в обоих озерах: от мелководной станции с возрастанием глубины сначала идет увеличение до максимальных величин, а затем наблюдается понижение к профундали. При этом каждое из озер имели свои особенности. Минимальные значения численности в оз. Ю. Волос наблюдались на прибрежной станции, в оз. С. Волос – на максимальной глубине. Слабое развитие зообентоса в прибрежье оз. Ю. Волос объясняется недостаточным развитием высшей водной растительности, а максимальные глубины оз. С. Волос характеризовались отсутствием кислорода, что также было лимитирующим фактором. Наблюдаемые различия в распределении численности отдельных групп и видов зависят от изменения температуры и концентрации растворенного в воде кислорода, что в свою очередь определяет развитие тех или иных популяций в этих условиях. Оба бентосных реликтовых вида *Pallasiopsis quadrispinosa* Sars, 1867 и *Monoporeia affinis* Lindström, 1885, хотя и обитают на глубине, пространственно разделены: монопорея имеет максимум на глубине 20 м, а палласиорсис располагается на более мелких участках дна.

Ключевые слова: озера, зообентос, видовой состав, глубина, температура, содержание кислорода

I. I. Lapuka, V. V. Vezhnavecs

*Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources,
Minsk, Belarus, e-mail: ilya.lapua@yandex.ru, vezhn47@mail.ru***THE CHANGE OF ZOOBENTHOS ABUNDANCE WITH DEPTH IN LAKE SEVERNYY VOLOS AND LAKE YUZHNY VOLOS**

Abstract. For the first time, the values of the macrozoobenthos average abundance in Severny Volos lake and Yuzhny Volos lake (which belong to the Braslav Lakes group of the National Park "Braslav lakes") were determined. Despite the similar trophic status of the lakes, the average abundance in lake Yuzhny Volos was 3 times higher due to the more favorable oxygen regime. In both lakes the population mainly consists of the Chironomidae larvae (in lake Yuzhny Volos – 55.8 %, in lake Severny Volos – 70.1 %). It has been found that community abundance in general, its distinct taxonomic groups and species vary with depth. The distribution of the total abundance is similar in both lakes: from the shallow-water site with increasing depth there is rise up to the maximum values, and then there is a decrease to the profundal. Each of the lakes had its own peculiarities. Minimum abundance in lake Yuzhny Volos were observed at the coastal station, in lake Severny Volos – at maximum depth. Low abundance of the zoobenthos in the coastal zone of lake Yuzhny Volos is a result of the underdevelopment of higher aquatic vegetation, and the maximum depths of lake Severny Volos are characterized by a lack of oxygen, which also is a limiting factor. Differences observed in the distribution of individual groups and species, depend on changes in temperature and dissolved oxygen concentration, which determines the development of certain species populations in these conditions. Both benthic relic species *Pallasiopsis quadrispinosa* Sars, 1867 and *Monoporeia affinis* Lindström, 1885, although they live at depth, are spatially separated – the *Monoporeia* has a maximum at the 20 m depth, and *Pallasiopsis* inhabits less deep bottom areas.

Keywords: lakes, zoobenthos, species composition, depth, temperature, oxygen content

I. I. Lapuka, V. V. Vezhnavecs

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах,
Мінск, Беларусь, e-mail: ilya.lapua@yandex.ru, vezhn47@mail.ru***ЗМЯНЕННЕ КОЛЬКАСНЫХ ПАКАЗЧЫКАЎ ЗААБЕНТАСУ З ГЛЫБІНЁЙ
У АЗЭРАХ ПАЎНОЧНЫ ВОЛОС І ПАЎДНЁВЫ ВОЛОС**

Анотацыя. Упершыню вызначаны значэнні сярэдняй колькасці і біямасы макразообентоса ў азёрах Паўночны Волос і Паўднёвы Волос Браслаўскай групы азёр Нацыянальнага парку «Браслаўскія азёры». Нягледзячы на блізкі трафічны статус азёр, сярэдняя колькасць у воз. Паўд. Волос была ў 3 разы вышэй за кошт больш спрыяльнага кіслароднага рэжыму. Аснову колькасці склалі ў абодвух азёрах личынкi сям. Chironomidae, якіх налічвалі ў воз. Паўд. Волос 55,8 %, у воз. Паўн. Волос – 70,1 %. Устаноўлена, што значэнні колькасці і біямасы супольнасці ў цэлым, яго асобных таксанамічных груп і асобных відаў змяняюцца з глыбінёй. Размеркаванне агульнай колькасці мае падобны характар у абодвух азёрах: ад мелкаводнай станцыі з узрастаннем глыбіні спачатку ідзе павелічэнне да максімальных велічынь, а затым назіраецца паніжэнне да прафундальі. Пры гэтым кожнае з азёр мае свае асаблівасці. Мінімальныя значэнні колькасці ў воз. Паўд. Волос назіраліся на прыбярэжнай станцыі, у воз. Паўн. Волос – на максімальнай глыбіні. Слабае

развіццё заабентасу ва ўзбярэжжы воз. Паўд. Волас тлумачыцца недастатковым развіццём вышэйшай воднай расліннасці, а максімальныя глыбіні воз. Паўн. Волас характарызуваліся адсутнасцю кіслароду, што таксама было лімітуючым фактарам. Назіраемыя адрозненні ў размеркаванні колькасці асобных груп і відаў залежаць ад змены тэмпературы і канцэнтрацыі растваранага ў вадзе кіслароду, што ў сваю чаргу вызначае развіццё тых ці іншых папуляцый у гэтых умовах. Абодва бентасныя рэліктавыя віды *Pallasiopsis quadrispinosa* Sars, 1867 і *Monoporeia affinis* Lindström, 1885, хоць і жывуць на глыбіні, прасторава падзеленыя: манапарэя мае максімум на глыбіні 20 м, а паласіопсіс размяшчаецца на больш мелкіх участках дна.

Ключавыя словы: возера, заабентас, відавы склад, глыбіня, тэмпература, ўтрыманне кіслароду

Введение. Озера Южный Волос и Северный Волос входят в Браславскую группу озер Национального парка «Браславские озера» и характеризуются чистотой воды. Наблюдения за зоопланктоном этих водоемов проводится нами ежегодно с 1972 г. Данные по зообентосу мало-численны и разрознены и в основном связаны с обитанием в них реликтовых видов ракообразных. Хотя озера связаны между собой протокой и рассматриваются некоторыми исследователями как один водоем, по основным характеристикам среды обитания для водных животных значительно отличаются.

Цель работы – установить изменения численности зообентоса на станциях различной глубины, отличающихся температурой и содержанием растворенного кислорода.

Материал и методы. С целью установления количественного развития зообентоса 7.08.2018 г. проведены сборы полевого материала. Пробы отобраны дночерпателем Боруцкого с площадью захвата 0,0225 м² и Петерсена – 0,0289 м² по пяти глубинам, начиная с максимальной в каждом из озер и заканчивая

прибрежьем. Станции отбора были приурочены к литорали, глубине прозрачности, середине термоклина, началу оксиклина и максимальной глубине. На каждой из станций собрано по три пробы. Пространственная схема отбора представлена на рис. 1. Численность рассчитана на м².

Разборку проб и измерение животных проводили под бинокулярным микроскопом МБС-10 с увеличением до X56. Для определения животных использовали «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: (Планктон и бентос)», и «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4». Измерение температуры и кислорода в толще воды проводили термооксиметром Наппа HI 9143 с глубоководным датчиком. Прозрачность воды определяли по белому диску Секки. Статистическую обработку всех полученных фаунистических результатов, построение графиков проводили в пакетах программ Excel 2010 и IBM SPSS Statistica [1].

Озера отличаются по морфометрическим показателям. Озеро С. Волос имеет площадь 4,21 км² и макси-



Рис. 1. Схема отбора проб в оз. С. Волос и оз. Ю. Волос

мальную глубину 29,2 м, при средней – 7,29 м. Оз. Ю. Волос небольшое с площадью 1,21 км², средней глубиной 12,5 м и максимальной 40,4 м (по собственным данным около 42 м). Озера относятся к числу небольших, слабопроточных, но глубоких водоемов, литораль узкая, сублиторальный склон хорошо выражен [2, 3].

В обоих озерах летом устанавливается температурная стратификация, которая больше выражена в озере Ю. Волос, при температуре более 20 °С у поверхности придонная температура в этом озере составляет только 4–5, а в оз. С. Волос – 6,5–7,5 °С. Поверхностные, хорошо аэрируемые слои воды содержат 8–9 мг/л кислорода, с глубиной наблюдается снижение до 3–4 у дна в оз. Ю. Волос, а в С. Волос значения около 0 наблюдаются уже с глубины 15–17 м. Прозрачность в оз. Ю. Волос 6–8, в С. Волос обычно на 1 м меньше, 4,5–7 м. Водоемы слабоминерализованы (180–200 мг/л). Оба озера по гидрохимическим, гидробиологическим показателям и обитанию реликтов относят к генетическому типу мезотрофных с чертами олиготрофии, более детальную характеристику обоих водоемов мы приводили ранее [4].

Результаты и их обсуждение. Численность макрозообентоса в оз. Ю. Волос значительно изменялась по глубинам и колебалась от 277 экз/м² в заросшем прибрежье, до 14 356 экз/м² на глубине 9 м, при средней для всех точек отбора – 5081 экз/м².

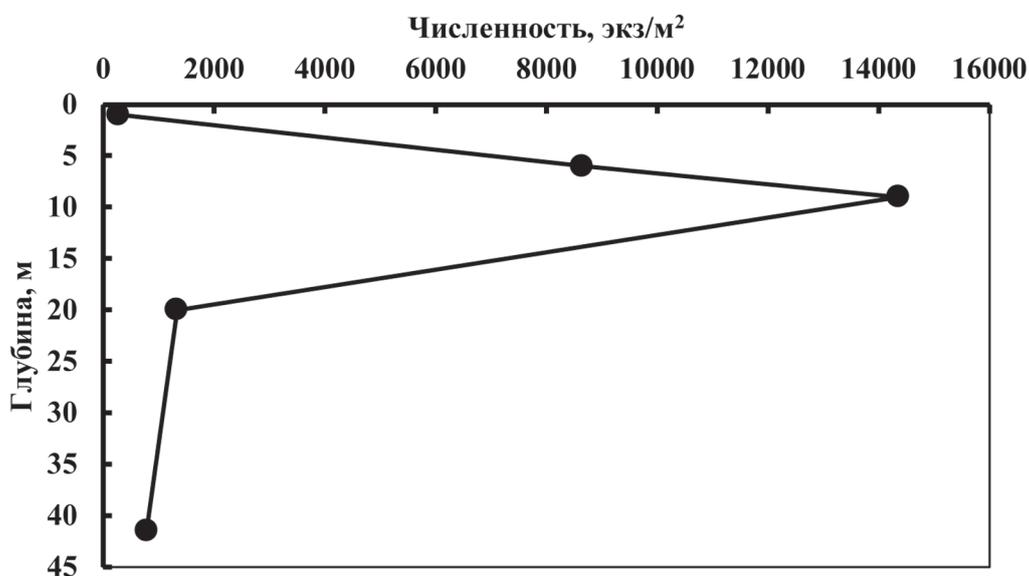


Рис. 2. Изменение численности макрозообентоса в оз. Ю. Волос

Исходя из полученных данных видно (рис. 2), что рост численности идет от литоральной зоны (1 м) до глубины 9 м, где находится максимальное обилие организмов макрозообентоса. Основу численности на данной глубине составляют представители семейства Chironomidae с численностью 11 081 экз/м². Если сопоставить графики концентрации кислорода, приведенные нами ранее [4], и общей численности, то можно увидеть, что изменение концентрации растворенного кислорода и распределение численности макрозообентоса имеют сходный характер, что позволило рассчитать коэффициент корреляции, который составил 0,86 ($P = 0,05$) (рис. 3).

Исходя из приведенного графика, зависимость положительная и имеет линейный характер, т.е. чем больше количество растворенного кислорода, тем выше численность макрозообентоса. На этом основании можно сделать вывод, что данный фактор является одним из основных, которые влияют на распределение и численность макрозообентоса в данном водоеме. Проведенный сходный анализ зависимости численности от температуры показал, что коэффициент корреляции в этом озере был близок нулю и корреляции не обнаружено. Также необходимо отметить, что максимальная численность совпадала, были обнаружены представители всех систематических групп [4], т.е. и таксономическое разнообразие было максимальным.

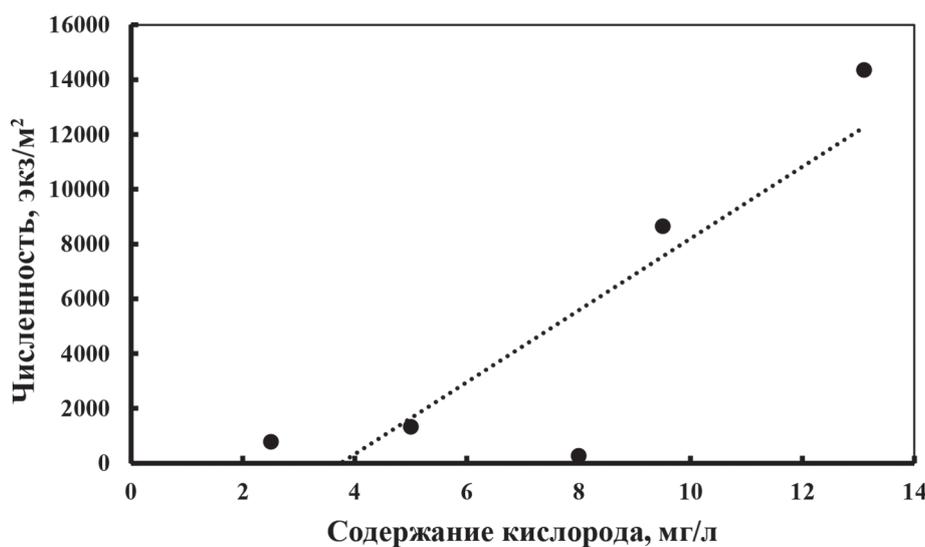


Рис. 3. Зависимость численности от концентрации растворенного кислорода в оз. Ю. Волос

В данном водоеме почти по всем исследуемым глубинам отмечена численное преобладание семейства Chironomidae, кроме глубины 6 м, где с наибольшей численностью были отмечены *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (3778 экз/м²) и *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758) (2059 экз/м²) и глубины 20 м, где доминирующими были *Pisidium conventus* (Clessin, 1877) (370 экз/м²) и *Monoporeia affinis* (Lindström, 1885) (844 экз/м²). Характер распределения этой преобладающей группы животных в пространстве представлен на рис. 4. Если сопоставить его с рис. 2, то становится очевидным, что хирономиды определяли ход общей численности.

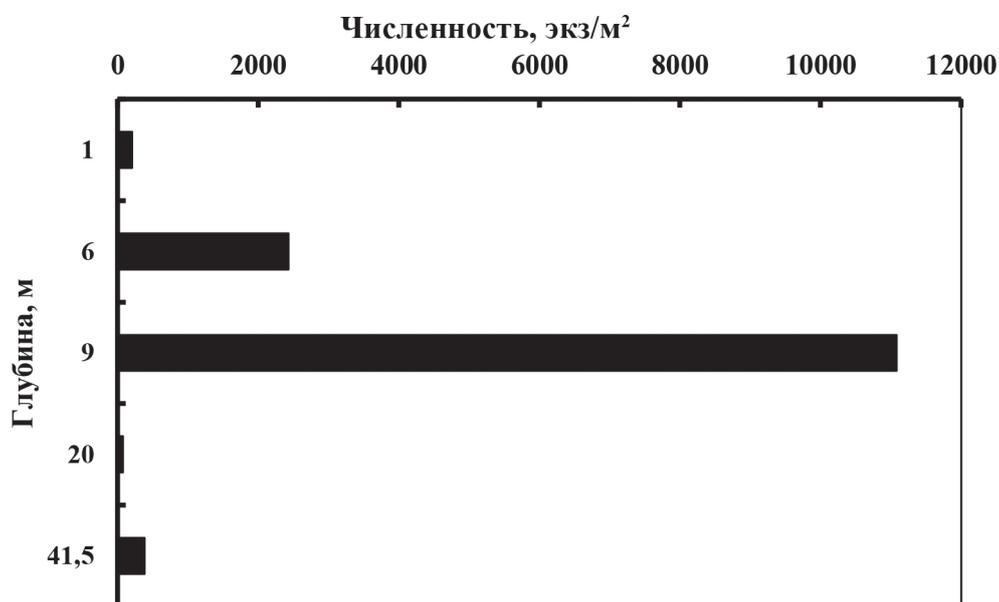


Рис. 4. Изменение численности личинок хирономид на разных глубинах оз. Ю. Волос

В оз. Ю. Волос изменение численности этой группы организмов с глубиной определялось количественными показателями отдельных видов. Если на глубине 1 м средняя численность семейства Chironomidae разделилась между 3 видами (*Chironomus gr. plumosus* (Meigen, 1830), *Synorthocladus semivirines* (Kieffer, 1909), *Procladius sp.* (Skuse, 1889) с примерно одинаковой

средней численностью 69 экз/м², то на остальных глубинах это выражено более явно. На глубине 9 м величины численности зависели от *Dicrotendipes nervosus* (Staeger, 1839) (10 652 экз/м²). А в профундали (41,5 м), как и в литорали, развивались несколько видов (*Tanytarsus medius* (Reiss et Fittkau, 1971), *Sergentia gr. longivenstris* (Kieffer, 1924), *Monodiamesa bathyphila* (Kieffer, 1918)).

Численность макрозообентоса в оз. С. Волос изменялась от 252 экз/ м² на максимальной глубине до 2578 экз/ м² на глубине 5 м при средней для всех точек отбора 1405 экз/м² (рис. 5). Средняя численность в этом водоеме была в 3,6 ниже, чем в предыдущем озере.

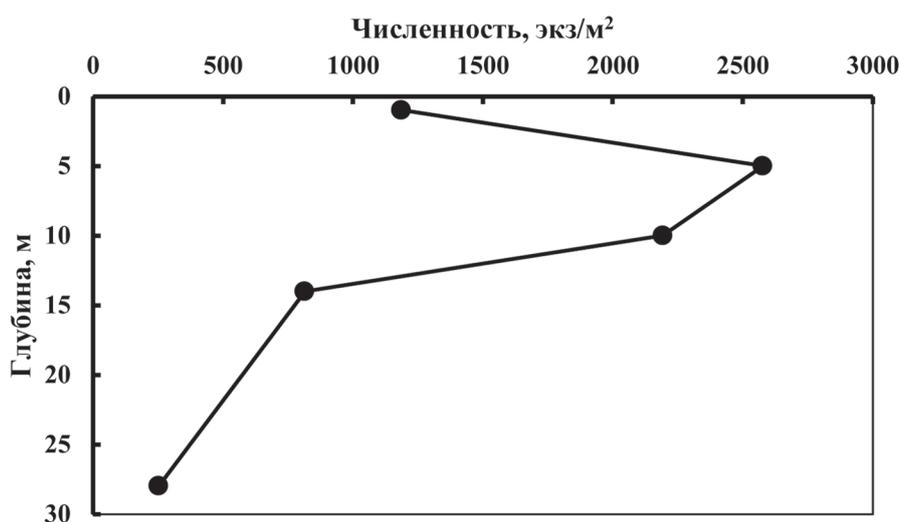


Рис. 5. Изменение численности макрозообентоса с глубиной в оз. С. Волос

Основное отличие этих водоемов было в соотношении величин численности в литорали и на максимальной глубине. В оз. Ю. Волос литоральный бентос был бедным и величины численности на максимальной глубине были выше, чем в литорали, а в оз. С. Волос наблюдалось обратное, побережье характеризовалось более высокими значениями численности, чем максимальные глубины. Различия в численности заросшей тростником литорали объясняются разной плотностью макрофитов в точках отбора проб и протяженностью зарослей. В оз. Ю. Волос это были редко расположенные растения, с 10–20 экземплярами на м², полоса макрофитов вдоль берега была шириной около 20 м. В оз. С. Волос проективное покрытие было приблизительно в три раза больше, а густая полоса тростника простиралась от берега на 40–50 м, что позволяет накапливать больше органики в таких местообитаниях. Различия на максимальной глубине определялись концентрацией кислорода. Одним из факторов такого хода численности также может служить то, что глубина станции 5 м почти совпадала с нижней границей прозрачности (5,5 м), где были расположены густые заросли макрофитов. Далее с увеличением глубины идет постепенное снижение средней численности организмов макрозообентоса, обусловленное постепенным уменьшением концентрации растворенного кислорода.

Характер изменения численности макрозообентоса оз. С. Волос был в целом схож с предыдущим водоемом – рост от литорали до глубины 5 м, а затем наблюдалось снижение. Здесь, как и в оз. Ю. Волос, наблюдалось сходство кривых распределения кислорода и общей численности, что дало возможность также построить линейную зависимость численности макрозообентоса от количества растворенного кислорода (рис. 6). Коэффициент корреляции составил 0,72 ($P = 0,05$).

В отличие от оз. Ю. Волос, где содержание кислорода в гипolimнионе было достаточным для развития донных животных, в оз. С. Волос при полном отсутствии кислорода ниже глубины 18 м наблюдается еще и тенденция зависимости численности по глубинам от температуры при коэффициенте корреляции ($r = 0,58$; $P = 0,05$). Исходя из полученных данных, можно заключить,

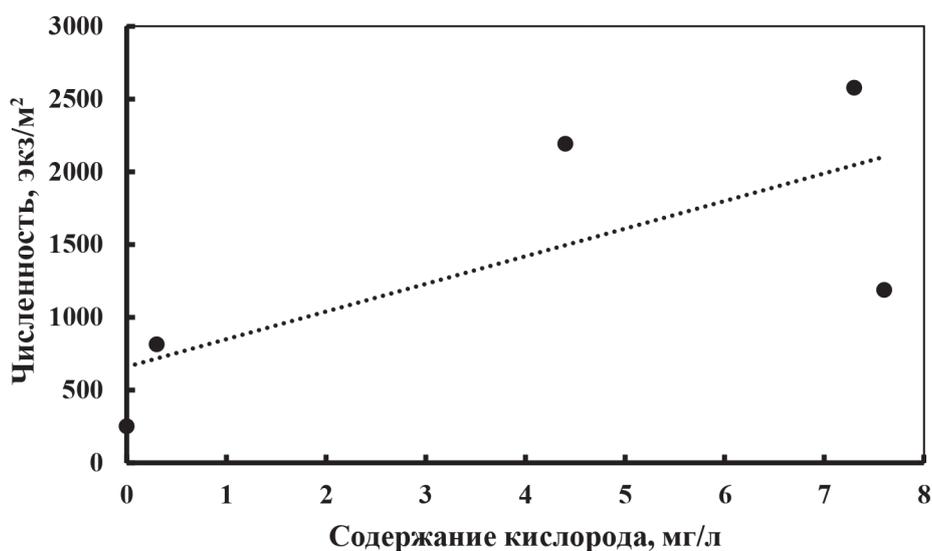


Рис. 6. Зависимость численности от концентрации растворенного кислорода в оз. С. Волос

что изменение общей численности макрозообентоса пелагиали в оз. С. Волос зависит от количества растворенного кислорода и изменения температуры.

На всех глубинах доминируют представители семейства Chironomidae (рис. 7), которые определяли ход общей численности. На глубине 1 м – это *Chironomus gr. plumosus* (392 экз/м²), *Procladius sp.* (208 экз/м²), 5 м – *Chironomus gr plumosus* (889 экз/м²), 10 м – *Tanytarsus medius* (815 экз/м²), 14 м – *Chironomus gr plumosus* (415 экз/м²), 28 м – *Chironomus gr plumosus* (44 экз/м²). Группа видов *plumosus* является эвритермной и эвриоксибионтной, что обеспечивало ей преобладание на большинстве из изученных глубин.

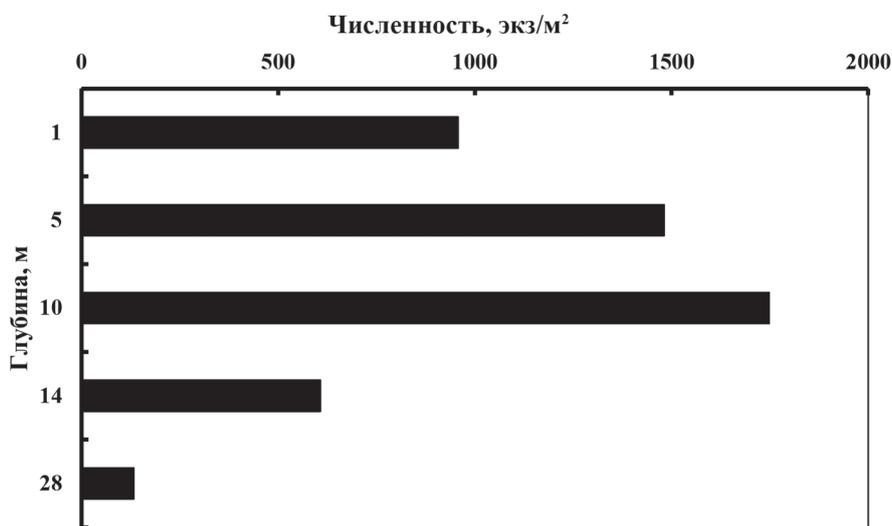


Рис. 7. Изменение численности личинок хирономид на станциях с различной глубиной в оз. С. Волос

В обоих озерах обитают реликтовые виды амфипод. Как правило, реликтовые ракообразные холодолюбивые виды и обитают в стратифицированных озерах с глубиной более 25 м. В гипolimнионе температура не поднимается выше 8–12 °С, что соответствует верхней температурной границе существования этих видов. Наиболее эврибионтный из них бокоплав Палласа в Беларуси встречается как на больших глубинах в мезотрофных водах Браславских озер, так и в более эвтрофных озерах глубиной 8–10 м [5].

В озере Ю. Волос встречаются оба вида. На представленном рис. 8 видно, что наибольшей величины численность *Pallasiopsis quadrispinosa* достигает на глубине 9 м (281 экз/м²), затем с увеличением глубины идет снижение до глубины 20 м, а после – незначительный рост численности.

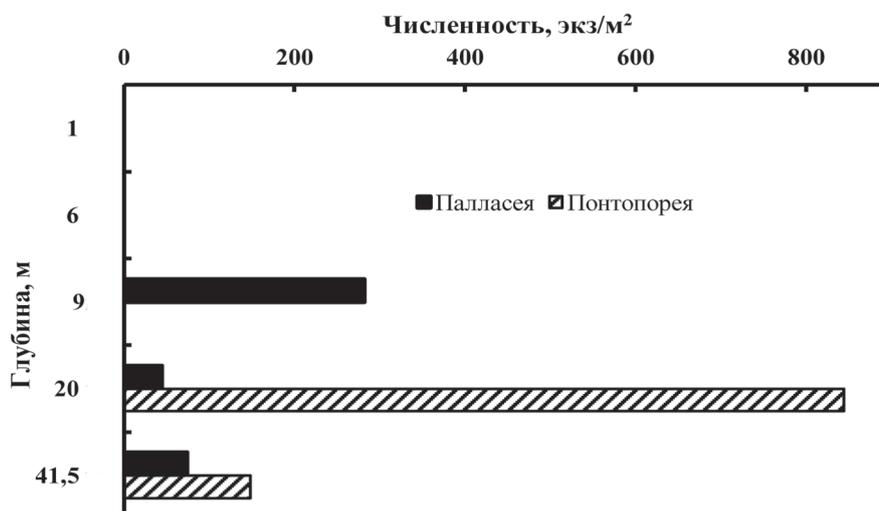


Рис. 8. Распределение численности реликтовых видов Amphipoda в оз. Ю. Волос

Еще одним реликтовым видом является *Monoporeia affinis*, данный вид обитает в зообентосе глубоких олиготрофных и мезотрофных озер с высоким содержанием кислорода в придонных слоях воды. Предпочитает илистые и илисто-песчаные донные отложения, располагаясь на глубине ниже 10 м при низкой температуре [5]. Второй реликтовый вид монопорейя располагается ниже и имеет максимальную плотность на глубине 20 м. Такое расположение близких по экологии видов позволяет говорить о пространственном разделении экологической ниши, что приводит к ослаблению межвидовых конкурентных отношений между ними.

В оз. С. Волос обитает *Pallasiopsis quadrispinosa*, который был отмечен только на одной станции с глубиной 9 м (444 экз/м²) (рис. 9). На мелководье ограничивающим фактором для этого вида является высокая температура воды, а начиная с 15 м, в озере начинается дефицит кислорода, что делает невозможным жизнедеятельность данного вида глубже [6].

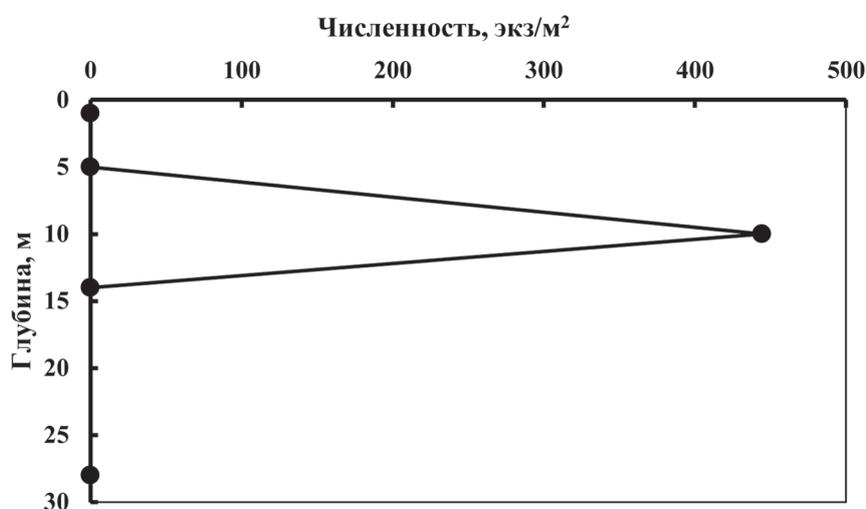


Рис. 9. Изменение численности с глубиной у *Pallasiopsis quadrispinosa* в оз. С. Волос

Редким видом моллюсков для нашей страны является *Pisidium conventus*, который был обнаружен нами только в оз. Ю. Волос и только на глубине 20 м с численностью 370 экз/м² [6]. Связано это, скорее всего, с оптимальными условиями обитания, которые для этого вида составляют: температура воды 4–8 °С, глубина 10–51 м, песчаный грунт. Он является stenotопным видом и может достигать значительных величин плотности [6].

Чужеродный в водоемах Беларуси моллюск *Dreissena polymorpha* заселил озера в начале 80-х годов прошлого столетия. Дрейссена предпочитает озера, водохранилища, каналы, реки, поселяясь на всех пригодных субстратах: камнях, ракушечнике, заиленном песке, подводных частях макрофитов и пр. [7]. В обоих озерах нами зарегистрированы личиночные стадии этого вида (велигеры) в планктоне в 1985 г. Популяции этого моллюска сейчас находятся на стадии полной натурализации в изучаемых водоемах. Количественное развитие и расположение отличаются в соседних водоемах. По средней для озер численности на изученных станциях в оз. Ю. Волос превосходит оз. С. Волос в 26 раз (1114 и 42 экз/м²).

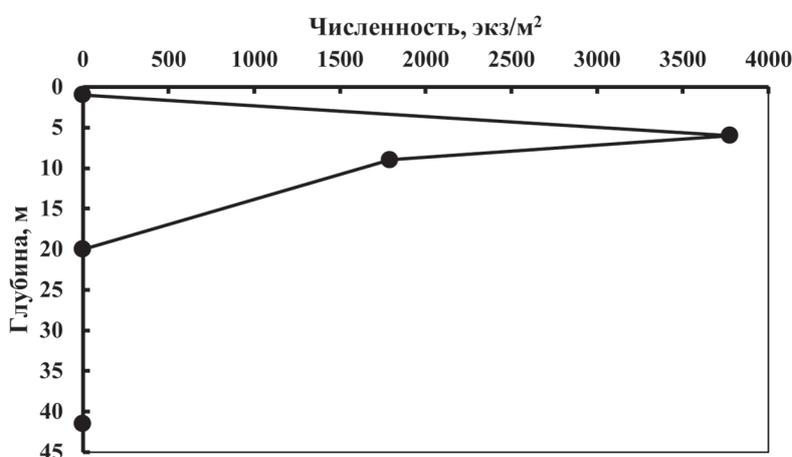


Рис. 10. Численность *Dreissena polymorpha* на разных глубинах оз. Ю. Волос

Из полученных данных видно (рис. 10), что в прибрежной зоне дрейссена отсутствует, максимальная численность в оз. Ю. Волос отмечена для глубины 6 м (3778 экз/м²), на глубине 10 м численность уменьшается вдвое и продолжает падать с увеличением глубины. Снижение численности, по-видимому, происходит из-за отсутствия подходящих субстратов глубже границы распространения подводной растительности (10–12 м) и низкой температуры воды.

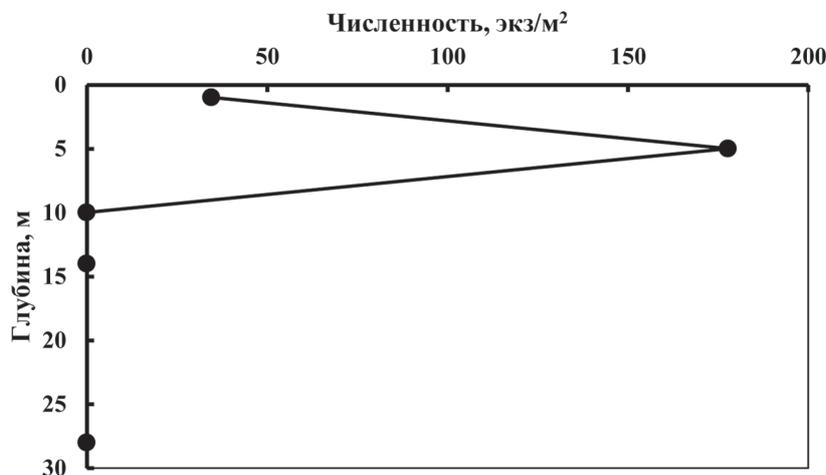


Рис. 11. Численность *Dreissena polymorpha* на разных глубинах оз. С. Волос

В оз. С. Волос *Dreissena polymorpha* была обнаружена на двух станциях. Если он отсутствовал на мелководье в предыдущем водоеме, то на станции в 1 м численность составила 35 экз/м², а на 5 м – 178 экз/м² (рис. 11). Далее с увеличением глубины моллюск не был обнаружен, что объясняется меньшей прозрачностью в оз. С. Волос и распространением подводной растительности на меньшую глубину. Таким образом, этот чужеродный вид, натурализовавшийся в оз. Волос в 80-х годах прошлого столетия занимает в изученных озерах одинаковые биотопы, но разные глубины. На снижение численности с увеличением трофности неоднократно указывали для разнотипных озер Нарочанской группы. В работах [8] также указывалось и на смещение максимума развития этого моллюска в литоральную зону при росте трофности водоемов.

Заключение. Численность зообентоса на разных глубинах обоих изученных озер была неодинаковой, но характер изменения по глубине был схожим, с ростом от заросшей литорали к глубине прозрачности и затем снижением к максимальной глубине. Определяющую роль в обоих озерах играли личинки хирономид как наиболее эврибионтная группа донных животных. Максимальные значения численности на глубинах 5–6 м в исследованных озерах свидетельствуют о том, что здесь создаются оптимальные условия для жизнедеятельности различных систематических групп зообентоса.

Изменение численности макрозообентоса с глубиной в обоих озерах находилось в прямой зависимости от количества растворенного кислорода. Средняя плотность зообентоса в исследованных озерах станций отбора проб оказалась выше в менее трофном озере, что не совпадает с общепринятыми представлениями о росте численности с увеличением трофии и требует дальнейшего тщательного анализа. Численность макрозообентоса в оз. Ю. Волос была выше за счет большей заселенности глубоководных участков и материкового склона. Это еще больше подчеркивает важность учета неоднородности пространственного расположения зообентоса для продукционно-энергетических расчетов, мониторинга экологического состояния и установления трофической структуры.

Реликтовые виды морского происхождения располагаются в профундали водоемов при низкой температуре и достаточном содержании кислорода. В оз. Ю. Волос в донном населении встречены *Pallasiopsis quadrispinosa* и *Monoporeia affinis*, в оз. С. Волос – только первый из них из-за недостатка кислорода в профундали этого водоема. При совместном обитании в оз. Ю. Волос наблюдается пространственное разделение: палласиопсис занимает меньшие глубины, чем монопорейя. Для инвазивного вида моллюсков *Dreissena polymorpha* установлено снижение численности и смещение глубины обитания в прибрежье в более трофном из двух изученных озер.

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией гидробиологии, члену-корреспонденту НАН Беларуси В. П. Семенченко за ценные советы и замечания при написании статьи. Работа частично поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (грант №Б18МС-16).

Список использованных источников

1. Жученко, Ю. М. Информационные технологии в биологии и химии: лаб. практикум / Ю. М. Жученко ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 139 с.
2. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя. Рэдкал. Н. Ф. Дзісько [і інш.]. – Минск: БелЭн, 1994. – 415 с.
3. Озера Беларуси. Справочник / Б. П. Власов [и др.]. – Минск, 2004. – 284 с.
4. Лапука, И. И. Таксономический состав зообентоса озер Северный Волос и Южный Волос и его изменение с глубиной / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 46–53.
5. Красная книга Республики Беларусь. Животные. – Минск: БелЭн., 2005. – 320 с.
6. Суцэня, Л. М. // Биология и продукция ледниковых реликтовых ракообразных / Л. М. Суцэня, В. П. Семенченко, В. В. Вежновец. – Минск, 1986.
7. Лаенко, Т. М. Фауна водных моллюсков Беларуси / Т. М. Лаенко. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 128 с.
8. Бурлакова, Л. Ю. Экология моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas) и его роль в структуре и функционировании водных экосистем : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Л. Ю. Бурлакова; Ин-т зоологии, Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 1998. – 20 с.

Поступила 08.01.2020

А. П. Яковлев¹, Ж. А. Рупасова¹, С. П. Антохина¹, И. В. Савосько¹, Э. И. Коломиец²,
З. М. Алещенкова², П. Н. Белый¹, Т. М. Карбанович³

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by

²Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: microbio@mbio-bas-net.by

³Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,
Минск, Беларусь, e-mail: veget@mshp.gov.by

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОСАДКАХ МОЛОДЫХ ГЕНЕРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемых участках торфяных месторождений в Смолевичском (Минская обл.) и Докшицком (Витебская обл.) районах влияния минерального (Basacot Plus 6) и органических (Экогум-комплекс, 5- и 10 %-ный MaCloR) удобрений на основные биометрические характеристики вегетативных органов пятилетних генеративных растений ранне- *Ben Lear* и позднеспелых *Stevens* сортов клюквы крупноплодной на фоне значительных межрегиональных, генотипических и межвариантных различий их ответной реакции. Установлено стимулирующее влияние испытываемых агроприемов на формирование текущего прироста генеративных побегов с увеличением в Смолевичском районе их средней длины на 16–49 % и количества листьев на 15–39 % по сравнению с контролем, что обеспечило получение положительного совокупного эффекта от их применения в размере 5–57 %. В более северном Докшицком районе установлена активизация на 6–21 % новообразования генеративных побегов при увеличении их средней длины на 6–21 %, что несмотря на уменьшение на 10–16 % количества листьев на фоне внесения микробного препарата Basacot Plus 6 обеспечило получение совокупного положительного эффекта в размере 25–48 % при наибольшей результативности в обоих районах. В Смолевичском районе для сорта *Ben Lear* показана эффективность удобрения Экогум-комплекс по сравнению с Докшицким районом, тогда как наименьшая (уступавшая в 4–12 раз) у микробного препарата MaCloR, особенно при его 10 %-ной концентрации. При этом у сорта *Stevens* установлено сокращение различий в эффективности минерального и микробного удобрений до 3-кратного размера при сходной результативности обеих концентраций MaCloR, а также ингибирование развития побегов при обработках Экогум-комплексом, использование которого в Докшицком районе, напротив, оказало на него исключительно положительное действие, сопоставимое с таковым от внесения 10 %-ного MaCloR и уступавшее примерно вдвое в этом плане минеральному удобрению при отрицательном совокупном эффекте от применения 5 %-ного MaCloR.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, генеративные растения, сорта, минеральные и органические удобрения, вегетативные и генеративные побеги, текущий прирост

A. P. Yakovlev¹, Zh. A. Rupasova¹, S. P. Antokhina¹, I. V. Savosko¹, E. I. Kolomiets²,
Z. M. Aleshchenkova², P. N. Bely¹, T. M. Karbanovich³

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

²Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: microbio@mbio-bas-net.by

³Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: veget@mshp.gov.by

EFFICIENCY OF FERTILIZERS USE IN PLANTATION OF YOUNG GENERATIVE PLANTS OF LARGE CRANBERRY

Abstract. There are the results of comparative investigation in test culture on recultivated areas of peat deposits in Smalyavichy (Minsk Region) and Dokshytsy (Vitebsk Region) districts of influence of mineral (Basacot Plus 6) and organic (Ekogum-complex, 5 and 10 % MaCloR) fertilizations on the basic biometrical characteristics of vegetative organs of five-year-old generative American cranberry plants cv. *Ben Lear* (early-ripe) and cv. *Stevens* (late-ripening), taking into account significant interregional, genotypic and intervariant differences in their response. The stimulating effect of the tested agricultural methods on the formation of the current growth of generative shoots with an increase in their average length in the Smalyavichy District by 16–49 % and the number of leaves by 15–39 %, compared to the control, has been established. It ensured the obtaining of a positive cumulative effect from their use in the amount of 5–57 %. In more northern Dokshytsy District activation by 6–21 % of a new appearance of generative shoots with increase in their average length by 6–21 % was determined. This result, despite 10–16 % decrease in the number of leaves because of microbial preparation application, provided cumulative positive effect in the amount of 25–48 % (the greatest effectiveness was observed in both districts with Basacot Plus 6 fertilizer application). Efficiency of Ecogum-complex fertilizer was shown for cv. *Ben Lear* in Smalyavichy District in comparison with Dokshytsy District. And the microbial preparation MaCloR was the least effective, especially in its 10% concentration (its effectiveness was 4–12 times lower than that of Ecogum complex). At the same time, cv. *Stevens* has been found to reduce differences in efficiency of mineral and mickrobic fertilizers to 3 times the size with similar efficiency of both MaCloR concentration. And inhibition of sprouting in Ecogum-complex treatment, the use

of which in Dokshytsy District, on the contrary, it had an extremely positive effect comparable to that of the application of 10 % MacCloR, which was roughly twice that of mineral fertiliser with a negative cumulative effect of 5 % MacCloR.

Keywords: American cranberry plants, generative plants, cultivars, mineral and organic fertilizers, vegetative and generative shoots, current increment

**А. П. Якаўлеў¹, Ж. А. Рупасавя¹, С. П. Антохіна¹, І. В. Савоська¹, Э. І. Каламіец²,
З. М. Алешчанкава², П. М. Белы¹, Т. М. Карбановіч³**

¹Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by

²Інстытут мікрабіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: microbio@mbio.bas-net.by

³Міністэрства сельскай гаспадаркі і харчавання Рэспублікі Беларусь,
Мінск, Беларусь, e-mail: veget@mshp.gov.by

ЭФЕКТЫЎНАСЦЬ УЖЫВАННЯ ЁГНАЕННЯЎ У ПАСАДКАХ МАЛАДЫХ ГЕНЕРАТЫЎНЫХ РАСЛІН ЖУРАВІН БУЙНАПЛОДНЫХ

Анотацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання ўплыву мінеральнага (Basacot Plus 6) і арганічных (Экагум-комплекс, 5- і 10 %-ных МаклоР) угнаенняў на асноўныя біямэтрычныя характарыстыкі вегетатыўных органаў пяцігадовых генератыўных раслін рання- *Ben Lear* і поздняспелых *Stevens* сартоў журавін буйнаплодных на фоне значных міжрэгіянальных, генатыпічных і межварыянтных адрозненняў іх адказнай рэакцыі у вопытнай культуры на плошчах тарфяных радовішчаў, якія рэкультивуецца ў Смалявіцкім (Мінская вобл.) і Докшыцкім (Віцебская вобл.) раёнах. Устаноўлены стымулюючы ўплыў гэтых аграпрыёмаў на фарміраванне бягучага прыросту генератыўных парасткаў з павелічэннем ў Смалявіцкім раёне іх сярэдняй даўжыні на 16–49 % і колькасці лісця на 15–39 % у параўнанні з кантролем, што забяспечыла атрыманне станоўчага сукупнага эфекту ад іх прымянення ў памеры 5–57 %. У больш паўночным Докшыцкім раёне ўстаноўлена актывізацыя на 6–21 % новаўтварэння генератыўных парасткаў пры павелічэнні іх сярэдняй даўжыні на 6–21 %, што, нягледзячы на змяншэнне на 10–16 % колькасці лісця на фоне ўнясення мікробнага прэпарата, забяспечыла атрыманне сукупнага станоўчага эфекту ў памеры 25–48 % пры найбольшай выніковасці ўгнаення Basacot Plus 6 ў абодвух раёнах. У Смалявіцкім раёне для сорту *Ben Lear* паказана супастаўная з апошнім эфектыўнасць ўгнаення Экагум-комплекс, тады як найменшая, якая саступала ім у 4–12 разоў, у мікробнага прэпарата МаклоР, асабліва яго 10 %-най канцэнтрацыі. Пры гэтым для сорта *Stevens* устаноўлена скарачэнне адрозненняў у эфектыўнасці мінеральнага і мікробнага ўгнаенняў да 3-кратнага памеру пры падобнай выніковасці абедзвюх канцэнтрацый МаклоРа, а таксама інгібіраванне развіцця праросткаў пры апрацоўках Экагум-комплексам, выкарыстанне якога ў Докшыцкім раёне, насупраць, аказала на яго выключна станоўчае дзеянне, супастаўнае з такім ад унясення 10 %-нага МаклоРа, якое саступае прыкладна ўдвая, ў гэтым плане мінеральнаму ўгнаенню пры адмоўным сукупным эфекту ад прымянення 5 %-нага МаклоРа.

Ключавыя словы: журавіны буйнаплодных, генератыўныя расліны, сарты, мінеральныя і арганічныя ўгнаенні, вегетатыўныя і генератыўныя парасткі, бягучы прырост

Введение. В связи с оптимизацией режима минерального питания клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) при выращивании на рекультивируемых площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Беларуси представлялось целесообразным дать сравнительную оценку эффективности применения минеральных и органических удобрений, обеспечивающих снижение химической нагрузки на субстрат за счет биологических механизмов стимуляции ростовых и биопродукционных процессов и способствующих получению экологически чистой, высоковитаминной ягодной продукции данного интродуцента.

Для реализации этой цели было осуществлено испытание на сортах клюквы разных сроков созревания новых видов удобрений – минерального комплексного гранулированного удобрения пролонгированного действия Basacote Plus 6M (N₁₅P₈K₁₂ кг/га д.в.) производства компании SOMPO (Германия), а также двух видов органических удобрений нового поколения – Экогум-комплекс и соответствующего биологической природе вересковых микробного препарата МаклоР. Первое из них производства УП «Белуниверсалпродукт» (РБ) – полностью натуральное гуминовое органическое удобрение нового поколения с повышенной физиологической активностью, созданное на основе вытяжки из торфа с добавлением макро- и микроэлементов. Входящие в состав препарата гуминовые и фульвокислоты оказывают непосредственное влияние на клеточные мембраны, повышая их проницаемость и обеспечивая транспорт минеральных соединений в активные метаболические зоны растений.

Микробный препарат МаклоР создан в Институте микробиологии НАН Беларуси специально для обработки почвы и корневой системы микроклональных и вегетирующих растений рода *Vaccinium*, являющихся, как и *Oxycoccus macrocarpus*, представителями сем. Ericaceae. Его основой являются азотфиксирующие бактерии и арбускулярно-микоризные грибы, входящие

в состав препарата, которые размножаются на поверхности корневой системы и способствуют накоплению биологического азота и фосфора, стимулирующих у растений развитие ризосферы и ростовую функцию [1, 2].

Цель работы – исследование ответной реакции на испытываемые агроприемы плодоносящих растений клюквы уже вступивших в устойчивый генеративный период развития. В связи с этим в 2018–2019 гг. на двух рекультивируемых участках торфяных месторождений верхового типа в центральной и северной частях Беларуси было проведено сравнительное исследование влияния обозначенных выше видов удобрений на основные показатели развития вегетативных органов пятилетних растений клюквы крупноплодной.

Методика и материалы исследований. Исследование влияния испытываемых видов удобрений на параметры развития вегетативных органов модельных сортов *O. macrocarpus* разных сроков созревания – *Ben Lear* (из раннеспелых) и *Stevens* (из позднеспелых) было осуществлено в двух районах республики: Смолевичском (Минская обл.) и Докшицком (Витебская обл.), расположенных друг от друга на расстоянии 200 км, в рамках однотипных полевых экспериментов с 5-вариантной схемой: **1** – контроль, без внесения удобрений; **2** – припосадочное (в мае) луночное внесение удобрения Basacot Plus 6 из расчета 1,5 г под растение; **3** – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; **4** – припосадочное (в мае) луночное внесение 5 %-ного раствора препарата МаклоР из расчета 0,2 л под растение; **5** – припосадочное (в мае) луночное внесение 10 %-ного раствора препарата МаклоР из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте было высажено по 65 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

В обоих районах исследований полевые опыты с генеративными растениями клюквы были заложены весной 2018 г. на участках сильнокислого малоплодородного, полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, представленного сфагново-пушицево-древесной ассоциацией. На момент их закладки торфяные субстраты в районах исследований характеризовались малой зольностью, не превышавшей 2–2,6 %, высоким уровнем обменной кислотности при низком естественном плодородии, что подтверждалось незначительным содержанием легкогидролизующего азота и подвижных форм фосфора и калия. При этом в северном районе исследований для остаточного слоя донного торфа были приведены следующие агрохимические показатели: $pH_{КС1}$ – 3,65–3,75; содержание в сухом веществе минерального азота в аммонийной форме – 111–123 мг/кг, в нитратной – 10–13, подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – 49–50, обменного калия (в пересчете на K_2O) – 60–62 мг/кг. Аналогичные показатели для торфяного субстрата в центральном районе исследований были следующими: $pH_{КС1}$ – 3,50–3,80; содержание в сухом веществе легкогидролизующего азота в аммонийной форме – 138–162 мг/кг, в нитратной – 8–9; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – 50–54, обменного калия (в пересчете на K_2O) – 65–67 мг/кг.

Для получения информации о биометрических характеристиках текущего прироста побегов в конце вегетационного периода повариантно производили подсчет и измерение длины новообразованных за сезон прямостоячих (генеративных) побегов, а также определяли количество и размерные параметры листовых пластинок в длину и ширину, которые использовали для вычисления площади листа на основании их усредненных значений с использованием методики Г. Н. Бузука [3] с последующей статистической обработкой фиксированного материала ассимилирующих органов в программе WCIF ImageJ [4]. Степень облиственности побегов устанавливали по количеству листьев, приходящемуся на 10 см их длины. Данные статистически обрабатывали с использованием программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Из-за технической невозможности определения биометрических показателей текущего прироста стелющихся побегов 5–7-летних плодоносящих растений клюквы, основное внимание было уделено определению данных показателей у прямостоячих (генеративных) побегов модельных сортов, выявившему у них в конце вегетационного периода в обоих районах исследований отчетливо выраженные генотипические

и межвариантные различия, подтверждаемые значительной шириной диапазонов их варьирования в рамках полевых экспериментов. Как следует из табл. 1, в Смолевичском р-не среднее количество новообразованных за сезон побегов на одном растении сорта *Ben Lear* было существенно большим, чем у сорта *Stevens*, и составляло соответственно 704–855 и 639–763 шт. при средней длине 5,7–10,1 и 6,4–8,7 см, количестве листьев 25–35 шт. и степени облиственности 35–50 и 39–41 шт. на 10 см длины побега. Средние размеры листовых пластинок составляли 11,7–13,3 и 9,8–11,5 мм в длину и 4,7–5,2 и 4,3–5,1 мм в ширину при средней площади 45–54 и 37–49 мм².

Таблица 1. Средние значения биометрических показателей текущего прироста генеративных побегов плодоносящих растений *O. macrocarpus* в вариантах полевого опыта в районах исследований

Вариант опыта	Побеги						Листья							
	количество, шт./м ²		длина, см		степень облиственности		количество, шт.		длина, мм		ширина, мм		площадь, мм ²	
	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t	$\bar{x} \pm S_x$	t
<i>Смолевичский р-н Минской обл.</i>														
<i>Сорт Ben Lear</i>														
1	837,0±23,8	–	6,8±0,5	–	37,2±4,7	–	25,1±2,1	–	13,3±1,3	–	5,1±0,6	–	54,0±6,4	–
2	704,5±37,7	-2,97*	10,1±1,2	3,71*	35,0±4,0	-0,36	34,7±4,0	2,12*	12,8±1,1	-0,29	4,8±0,2	-2,38*	48,5±1,5	-2,70*
3	855,0±54,6	0,30	8,8±0,4	3,56*	36,7±4,2	-0,08	31,9±2,9	2,54*	13,0±0,6	-0,21	5,2±0,6	0,12	53,6±6,2	-0,04
4	831,0±31,9	-0,15	7,9±0,8	2,56*	38,3±3,8	0,18	29,9±3,2	2,15*	12,4±1,0	-0,55	4,7±0,3	-2,25*	45,8±2,9	-2,02*
5	837,0±38,2	0	5,7±0,7	-2,90*	50,1±3,8	2,73*	28,8±2,6	2,45*	11,7±0,5	-2,29*	4,9±0,4	-0,28	45,0±2,6	-2,14*
<i>Сорт Stevens</i>														
1	672,0±31,5	–	6,4±0,7	–	39,8±4,8	–	25,1±2,5	–	11,5±0,8	–	5,1±0,3	–	46,3±3,9	–
2	639,0±10,0	-2,08*	8,7±0,8	2,16*	40,4±4,7	0,09	34,9±2,9	2,56*	9,8±0,6	-2,13*	4,9±0,6	-0,30	41,3±3,3	-2,77*
3	650,0±34,4	-0,47	7,7±0,4	2,31*	39,3±3,7	-0,08	29,5±2,4	2,04*	9,9±0,5	-2,25*	4,3±0,3	-2,37*	36,8±4,4	-2,44*
4	730,0±15,8	2,54*	7,6±0,3	2,79*	41,4±5,0	0,23	30,9±2,3	2,40*	10,2±0,4	-2,08*	4,5±0,3	-2,03*	40,5±3,1	-2,75*
5	763,0±30,6	2,07*	6,7±0,7	0,30	38,6±4,0	-0,19	24,5±3,0	-0,15	10,8±1,0	-0,55	5,1±0,5	0	48,6±5,0	0,66
<i>Докшицкий р-н Витебской обл.</i>														
<i>Сорт Stevens</i>														
1	527,0±25,3	–	8,3±0,6	–	48,9±3,6	–	45,1±4,3	–	10,3±0,9	–	4,6±0,3	–	38,6±3,7	–
2	593,0±22,2	2,40*	10,6±1,0	2,47*	43,3±3,1	-2,41*	44,7±4,1	-0,07	11,0±0,3	2,02*	4,9±0,4	0,60	43,4±2,8	2,12*
3	560,0±24,3	2,16*	10,0±1,0	2,39*	51,4±5,7	0,74	44,8±3,8	-0,05	9,8±0,5	-0,49	4,9±0,3	0,71	37,6±3,7	-0,19
4	618,0±38,0	2,75*	9,0±0,4	2,16*	40,6±4,6	-2,15*	38,1±2,8	-2,22*	10,5±0,8	0,17	4,9±0,4	0,60	41,1±4,1	0,45
5	637,0±36,0	3,18*	9,5±0,5	2,12*	48,3±5,0	-0,19	40,5±3,0	-3,02*	10,2±0,6	0,09	4,9±0,3	0,71	40,4±3,6	0,35

*Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при p<0,05.

В более северном Докшицком р-не Витебской обл. растения сорта *Stevens* характеризовались меньшим, чем в Смолевичском р-не, средним количеством новообразованных генеративных побегов, изменявшимся в диапазоне от 527 до 637 шт., но обладавших более значительными показателями их длины – от 8,3 до 10,6 см и степени облиственности, составлявшей 41–51 шт. на 10 см длины побега. При этом средние размеры листовых пластинок, хотя и изменялись в сходном диапазоне величин от 9,8 до 11,0 мм в длину и от 4,6 до 4,9 мм в ширину, но их средняя площадь (38–43 мм²) все же несколько уступала таковой в более южном районе.

Анализ табл. 2, отражающей степень воздействия испытываемых агроприемов на отдельные характеристики текущего прироста генеративных побегов позднеспелого сорта клюквы, показал, что использование удобрений оказало наибольшее позитивное влияние на их новообразование в Докшицком р-не, что подтверждалось увеличением их количества по сравнению с контролем на 6–21 %, максимальным при внесении МаКлоРа, особенно в 10 %-ной концентрации, и что косвенно свидетельствовало о наращивании у этого сорта здесь потенциала плодоношения.

Аналогичный, хотя и менее выраженный, эффект от использования микробного препарата у сорта *Stevens* был выявлен и в Смолевичском р-не, в котором применение Экогум-комплекса достоверно не повлияло на количество новообразованных генеративных побегов, а внесение удобрения Basacot Plus 6 обусловило даже его снижение на 5 % относительно контроля. Что касается раннеспелого сорта, то использование минерального удобрения оказало еще более

Таблица 2. Относительные различия с контролем биометрических показателей текущего прироста генеративных побегов плодоносящих растений *O. tascogarpus* в опытной культуре в районах исследований в конце вегетационного периода, %

Вариант опыта	Побеги			Листья				Совокупный эффект
	количество	длина	степень облиств.	количество	длина	ширина	площадь	
<i>Смолевичский р-н Минской обл</i>								
<i>Сорт Ben Lear</i>								
2	-15,8	+48,5	-	+38,2	-	-5,9	-10,2	+54,8
3	-	+29,4	-	+27,1	-	-	-	+56,5
4	-	+16,2	-	+19,1	-	-7,8	-15,2	+12,3
5	-	-16,2	+34,7	+14,7	-12,0	-	-16,7	+4,5
<i>Сорт Stevens</i>								
2	-4,9	+35,9	-	+39,0	-14,8	-	-10,8	+44,4
3	-	+20,3	-	+17,5	-13,9	-15,7	-20,5	-12,3
4	+8,6	+18,8	-	+23,1	-11,3	-11,8	-12,5	+14,9
5	+13,5	-	-	-	-	-	-	+13,5
<i>Докшицкий р-н Витебской обл</i>								
<i>Сорт Stevens</i>								
2	+12,5	+27,7	-11,5	-	+6,8	-	+12,4	+47,9
3	+6,3	+20,5	-	-	-	-	-	+26,8
4	+17,3	+8,4	-17,0	-15,5	-	-	-	-6,8
5	+20,9	+14,5	-	-10,2	-	-	-	+25,2

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p > 0,05$.

выраженное ингибирующее действие на новообразование генеративных побегов, снизив их количество на 16 % по сравнению с контролем на фоне отсутствия значимого влияния на него остальных видов удобрений.

Вместе с тем в обоих районах исследований установлено весьма заметное позитивное влияние испытываемых агроприемов на среднюю длину прямостоячих побегов, подтверждаемое ее увеличением относительно контроля у сорта *Ben Lear* на 16–49 %, у сорта *Stevens* на 19–36 % в Смолевичском р-не и на 8–28 % в Докшицком р-не (табл. 2). При этом наибольший позитивный эффект был выявлен при внесении минерального удобрения, тогда как наименьший – при использовании микробного препарата МаКлоР. Заметим, что на фоне его 10 %-ной концентрации у раннеспелого сорта имело место даже снижение данного показателя на 16 % по сравнению с контролем, при отсутствии различий с последним у позднеспелого сорта, для которого в Докшицком р-не все же было показано стимулирующее влияние данного агроприема на ростовую функцию генеративных побегов.

Что касается ассимилирующих органов опытных растений, то в Смолевичском р-не испытываемые виды удобрений способствовали увеличению их количества по сравнению с контролем на 15–38 % у сорта *Ben Lear* и на 18–39 % у сорта *Stevens*, происходившему пропорционально удлинению прямостоячих побегов, что не привело к изменению степени их облиственности, и лишь у первого таксона отмечено ее увеличение на 35 %, обусловленное более высокими темпами формирования листьев. Заметим при этом, что у сорта *Stevens* внесение 10 %-ного МаКлоРа не оказало значимого влияния на их количество, тогда как в Докшицком р-не использование обеих концентраций данного препарата обусловило его снижение на 10–16 % по сравнению с контролем. При этом не было выявлено достоверных изменений размерных параметров листьев и их средней площади не только при применении микробного удобрения, но и на фоне некорневых обработок растений Экогум-комплексом, и лишь внесение удобрения Basacot Plus 6 способствовало незначительному увеличению средней длины листовых пластинок на 7 % и их площади на 12 % по сравнению с контролем. В отличие от Докшицкого, в Смолевичском р-не большинство испытываемых агроприемов, кроме внесения 10 %-ного МаКлоРа, оказало негативное влияние на размерные параметры листовых пластинок у данного сорта, на что указывало их уменьшение

на 11–16 % по сравнению с контролем. В свою очередь это обусловило уменьшение их средней площади на 11–21 %, наибольшее при некорневых обработках Экогум-комплексом. Аналогичное, хотя и менее значительное, отрицательное действие удобрений на размерные характеристики листьев генеративных побегов наблюдалось и у раннеспелого сорта клюквы.

Для выявления самого успешного варианта опыта с наиболее выраженным в эксперименте позитивным влиянием на 7 исследуемых показателей текущего прироста генеративных побегов клюквы был определен совокупный эффект, повариантное сравнение которого показало, что в обоих районах исследований наиболее результативным в этом плане было внесение удобрения Basacot Plus 6 (табл. 2). В Смолевичском р-не для сорта *Ben Lear* показана сопоставимая с ним эффективность удобрения Экогум-комплекс, тогда как наименьшая (уступавшая им в 4–12 раз) у микробного препарата МаКлоР, особенно при его 10 %-ной концентрации. При этом для сорта *Stevens* установлено сокращение разрыва в эффективности минерального и микробного удобрений до 3-кратной величины при сходной результативности обеих концентраций МаКлоРа, а также ингибирование развития генеративных побегов при обработках Экогум-комплексом, использование которого в Докшицком р-не, напротив, оказывало на него исключительно положительное действие, сопоставимое с таковым от внесения 10 %-ного МаКлоРа и уступавшее примерно вдвое в этом плане минеральному удобрению при отрицательном совокупном эффекте от применения 5 %-ного МаКлоРа.

Выводы. В результате сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемых участках торфяных месторождений в Смолевичском (Минская обл.) и Докшицком (Витебская обл.) районах влияния минерального (Basacot Plus 6) и органических (Экогум-комплекс, 5- и 10 %-ный МаКлоР) удобрений на основные биометрические характеристики вегетативных органов пятилетних генеративных растений раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* сортов клюквы крупноплодной установлено стимулирующее влияние испытываемых агроприемов на формирование текущего прироста генеративных побегов. В Смолевичском р-не происходит увеличение их средней длины на 16–49 % и количества листьев на 15–39 % по сравнению с контролем, а также получен положительный совокупный эффект от их применения в размере 5–57 %. В более северном Докшицком р-не установлена активизация на 6–21 % новообразования генеративных побегов при увеличении их средней длины на 6–21 %. Однако несмотря на уменьшение на 10–16 % количества листьев на фоне внесения микробного препарата, обеспечило получение совокупного положительного эффекта в размере 25–48 % относительно контроля при наибольшей результативности в обоих районах исследований удобрения Basacot Plus 6.

В Смолевичском р-не для сорта *Ben Lear* показана эффективность удобрения Экогум-комплекс. При этом у сорта *Stevens* установлено сокращение расхождений в эффективности минерального и микробного удобрений до 3-кратной величины при сходной результативности обеих концентраций МаКлоРа, а также ингибирование развития генеративных побегов при обработках Экогум-комплексом, использование которого в Докшицком р-не, напротив, оказало положительное действие, сопоставимое с таковым от внесения 10 %-ного МаКлоРа и уступавшее примерно вдвое минеральному удобрению при отрицательном совокупном эффекте от применения 5 %-ного МаКлоРа.

Список использованных источников

1. Алещенкова, З. М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений / З. М. Алещенкова // Наука и инновации. – 2015. – № 8 (150). – С. 66–67.
2. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале / Е. А. Соловьева [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. / Ин-т микробиол. Нац. акад. наук Беларуси, Беларус. респ. фонд фундамент. исслед., Беларус. обществ. объединение микробиол.; под ред. Э. И. Коломиец, А. Г. Лобанка. – Минск: Беларус. навука, 2013. – С. 331–342.
3. Бузук, Г. Н. Морфометрия лекарственных растений. 1. *Vaccinium vitis-idaea* L. Изменчивость формы и размеров листьев / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2006. – № 2. – С. 21–33.
4. Online Manual for the WCIF-ImageJ collection [Electronic resource]. Mode of acces. – <http://www.uhnresearch.ca/facilities/wcif/imagej/>. – Date of access: 01.02.2011.

Поступила 20.01.2020

А. М. Островский

Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь,
e-mail: Arti301989@mail.ru

**MERIA DORSALIS (FABRICIUS, 1804) – НОВЫЙ ВИД ОС-ТИФИЙ
(HYMENOPTERA: TIPHIIDAE: MYZININAE: MERIINI) В ФАУНЕ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Приведены сведения о находках *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804) – нового для фауны Беларуси вида ос-тифий подсемейства Myzininae, трибы Meriini (Hymenoptera: Tiphiidae). Материал собран летом 2018–2019 гг. на территории Гомельской области.

Ключевые слова: *Meria dorsalis*, Myzininae, Meriini, находки, фауна, Беларусь

A. M. Ostrovsky

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus, e-mail: Arti301989@mail.ru

**MERIA DORSALIS (FABRICIUS, 1804) – A NEW SPECIES OF TYPHIID WASPS
(HYMENOPTERA: TIPHIIDAE: MYZININAE: MERIINI) IN THE FAUNA OF BELARUS**

Abstract. Finds of *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804), a new species of typhiid wasps for fauna of Belarus of subfamily Myzininae, tribe Meriini (Hymenoptera: Tiphiidae), are analyzed. The material was collected in summer 2018–2019 on the territory of Gomel region.

Keywords: *Meria dorsalis*, Myzininae, Meriini, findings, fauna, Belarus

А. М. Астроўскі

Гомельскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт, Гомель, Беларусь, e-mail: Arti301989@mail.ru

**MERIA DORSALIS (FABRICIUS, 1804) – НОВЫ ВІД ВОС-ТЫФІЙ
(HYMENOPTERA: TIPHIIDAE: MYZININAE: MERIINI) У ФАЎНЕ БЕЛАРУСІ**

Анатацыя. Прыведзены звесткі пра знаходкі *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804) – новага для фаўны Беларусі віду вос-тыфій падсямейства Myzininae, трыбы Meriini (Hymenoptera: Tiphiidae). Матэрыял сабраны ўлетку 2018–2019 гг. на тэрыторыі Гомельскай вобласці.

Ключавыя словы: *Meria dorsalis*, Myzininae, Meriini, знаходкі, фаўна, Беларусь

Согласно аннотированному каталогу ос Беларуси [1], фауна нашей республики включает 392 вида ос из 13 семейств, список которых постоянно пополняется благодаря новым находкам [2–4]. Семейство Tiphiidae в пределах республики изучено достаточно полно и представлено 5 видами, большинство из которых встречаются в биотопах с открытыми песчаными участками [1].

Род *Meria* Illiger, 1807 включает 72 вида, распространенных в Палеарктике и Афротропическом регионе [5]. Их личинки являются специализированными эктопаразитоидами обитающих в почве личинок жуков-чернотелок (Tenebrionidae). Самка откладывает яйцо на предварительно найденную и парализованную уколom жала жертву. Впоследствии вышедшая из яйца личинка осы на протяжении всей своей жизни питается личинкой жука-хозяина. Окукливание происходит в почве. Взрослые насекомые являются антофилами, т. е. питаются нектаром различных цветковых растений, одновременно являясь их опылителями [6].

В рамках изучения фауны жалоносных перепончатокрылых Юго-Восточной Беларуси при исследовании ксеротермных биотопов в пригороде г. Гомеля (рис. 1) летом 2018–2019 гг. был получен энтомологический материал, среди которого идентифицирован новый для фауны республики вид ос-тифий подсемейства Myzininae – *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804) (рис. 2). Идентификацию отловленных экземпляров проводили по определительным таблицам Mario Boni Bartalucci [9].

Материал. Республика Беларусь, Гомельская обл., Гомельский р-н, Макеевское лесничество, смешанный лес ЮЗ г. Гомеля, 52°24'14" N, 30°53'17" E, просека, на соцветиях *Daucus carota* L., 27.06.2018 (1♀)¹; там же, 13.07.2019 (3♀); там же, 20.07.2019 (1♀); в окрестностях

¹ Ранее была ошибочно идентифицирована как *M. tripunctata* (Rossi, 1790) [7].



Рис. 1. Место обнаружения вида в окрестностях г. Гомеля



Рис. 2. *Meria dorsalis* (Fabricius, 1804)
общий вид

г. Гомеля, пойма р. Ипуть в месте впадения в р. Сож, 52°25'43" N, 31°2'35" E, на соцветиях *D. carota* L., 21.07.2019 (1♂). А. М. Островский leg., А. М. Островский det. Собранный материал хранится в коллекции автора.

Распространение и особенности экологии. Согласно аннотированному каталогу перепончатокрылых насекомых России [5], ареал *M. dorsalis* охватывает Западную, Южную и Восточную Европу, Армению, Турцию, Монголию и Казахстан. Вид обитает на Кипре, в Болгарии, Хорватии, Франции, Греции, Венгрии, Италии, Македонии, Словакии, Испании, Португалии и Чехии [8, 9]. Зарегистрирован в восточных и южных регионах Европейской части России, на Северном Кавказе, Урале и в Крыму, а на территории Восточной Сибири отмечен в Бурятии, Туве, Иркутской области и Забайкальском регионе [5]. Однако об экологии *M. dorsalis* до настоящего времени известно мало. Предположительно, что вид предпочитает хорошо прогреваемые солнцем остепненные участки с песчаной почвой и редкой травянистой растительностью. Имаго были отмечены на соцветиях дикой моркови (*Daucus carota* L.).

Заключение. Как правило, данная находка представляет большой интерес, поскольку позволяет расширить наши представления о современном распространении *M. dorsalis* на территории Восточной Европы. Появление этого вида ос на юго-востоке Беларуси, очевидно, связано с расширением его ареала, что может быть обусловлено климатическими изменениями последних десятилетий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шляхтёнок, А. С. Аннотированный каталог ос (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata) Беларуси / А. С. Шляхтенок. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 259 с.
2. Шляхтёнок, А. С. Дорожная оса *Amblyellus hasdrubal* (Kohl, 1894) (Hymenoptera, Pompilidae) в Беларуси / А. С. Шляхтёнок // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2017. – № 1. – С. 25–29.
3. Хвир, В. И. *Sceliphron curvatum* (Hymenoptera: Sphecidae) – новый вид роющих ос для фауны Беларуси / В. И. Хвир // Труды БГУ. – 2014. – Т. 9, Ч. 2. – С. 91–94.
4. Островский, А. М. Новые сведения об экологии ксилобионтных видов пчелиных *Xylocopa valga* (Gerstaecker, 1872) и *Lithurgus chrysurus* Fonscolombe, 1834 на юго-востоке Беларуси / А. М. Островский // Зоологические чтения–2019: сб. ст.: Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 20–22 марта 2019 г. / Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродненский зоологический парк [и др.]; О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2019. – С. 210–213.
5. Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphyta and Apocrita: Aculeata / A. V. Antropov [et al.] // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. – 2017. – Suppl. 6. – 475 p.
6. Amiet, F. 2008. Fauna Helvetica 23. Vespoidea 1 (Mutillidae, Sapygidae, Scoliidae, Tiphiidae). – Neuchâtel. – 86 p.
7. Островский, А. М. *Meria tripunctata* (Rossi, 1790) – новый вид ос-тифий (Hymenoptera: Tiphiidae: Myzininae) в фауне Беларуси / А. М. Островский // Эверсмания. Энтомологические исследования в России и соседних регионах. – 2019. – Вып. 57. – С. 83.
8. Bogusch, P. Vespoidea: Tiphiidae (trněnkoviti) / P. Bogusch // Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. – 2007. – Suppl. 11. – P. 85–92.
9. Boni Bartalucci, M. European Myzininae (Hymenoptera: Myzininae) / M. Boni Bartalucci // Onychium. – 2012. – Vol. 9. – P. 121–191.

Поступила 02.09.2019

Г. Ф. Рыковский¹, М. С. Малько², А. А. Сакович³¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: nan.botany@yandex.by²Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь, e-mail: Zentsova2009@gmail.com³Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,
Гродно, Беларусь, e-mail: mail@grsu.by**ЭПИФИТНЫЙ КОМПОНЕНТ БРИОФЛОРЫ ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА**

Аннотация. Впервые рассматривается эпифитный компонент бриофлоры Полесского региона в целом. Представлен состав эпифитных мохообразных и их распределение по группам лесобразующих пород деревьев, экологические и географические особенности. Выделены редкие виды. Затронуты вопросы эволюции эпифитизма у бриофитов.

Ключевые слова: мохообразные, печеночники, мхи, бриофиты, эпифиты, Полесье

G. F. Rykovsky¹, M. S. Malko², A. A. Sakovich³¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: nan.botany@yandex.by²Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources,
Minsk, Belarus, e-mail: Zentsova2009@gmail.com³Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus, e-mail: mail@grsu.by**EPHYPHYTIC COMPONENT OF BRYOFLORA OF POLESIA REGION**

Abstract. For the first time, a comprehensive study of the epiphytic component of bryoflora of Polesia region was carried out. The composition of epiphytic bryophytes and their distribution among groups of forest-forming tree species, ecological and geographical features are presented. Rare species are highlighted. The questions of the evolution of bryophytes epiphytism are raised.

Keywords: bryophytes, liverworts, mosses, epiphytes, Polesia

Г. Ф. Рыкоўскі¹, М. С. Малько², А. А. Саковіч³¹Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: nan.botany@yandex.by²Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах,
Мінск, Беларусь, e-mail: Zentsova2009@gmail.com³Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы,
Гродна, Беларусь, e-mail: mail@grsu.by**ЭПІФІТНЫ КАМПАНЕНТ БРЫЯФЛОРЫ ПАЛЕСКАГА РЕГІОНУ**

Анатацыя. Упершыню разглядаецца эпифітны кампанент брыяфлоры Палескага рэгіёну ў цэлым. Прадстаўлены склад эпифітных мохападобных і іх размеркаванне па групах лесаўтваральных парод дрэў, экалагічныя і геаграфічныя асаблівасці. Вылучаныя рэдкія віды. Закрануты пытанні эвалюцыі эпифітызму ў брыяфітаў.

Ключавыя словы: мохападобныя, пячоначнікі, імхі, брыяфіты, эпифіты, Палессе

Введение. Полесский регион находится согласно геоботаническому районированию в Европейской широколиственно-лесной зоне между Евроазиатской хвойно-лесной (таежной) и степной зонами. Однако доминирование здесь песчаных и заболоченных почв обуславливает преобладание в растительном покрове лесов сосновой формации. Важную роль в растительном покрове региона наряду с сосудистыми растениями играют мохообразные, экологически они в связи со спецификой организации существенно иные, чем сосудистые растения. В частности, в отличие от последних мохообразные способны заселять разнообразные субстраты, уклоняясь тем самым от конкуренции с этими более мощными растениями, приуроченными в основном к почвам.

Материалы и методы исследований. Определение мохообразных проводилось по стандартным методикам с использованием сводки «Флора Беларуси» по мохообразным [1], а также монографической работы М. С. Игнатова, Е. А. Игнатовой [2]. Классификация таксонов и цити-

рование видовых названий приводятся согласно современной таксономии мхов [3], печеночников и антоцеротовых [4] с некоторой корректировкой [5, 6].

Эпифитный компонент бриофлоры Полесья. Для Полесского региона выявлено 142 вида бриофитов (составляющие 30,2 % бриофитов региона), из которых 28 – печеночники (отдел Marchantiophyta) и 114 – мхи (отдел Bryophyta). У печеночников среди эпифитов представлен только класс юнгерманниевые (Jungermanniopsida), а у мхов – класс бриевые (Bryopsida). Эпифитные мохообразные заселяют главным образом основания стволов и выступающие из почвы корни деревьев. Настоящими эпифитами являются 35 видов (26,5 % бриофитов данной экогруппы), из которых печеночников 6 и бриевых мхов 29. Однако собственно облигатных или близких к ним эпифитов лишь 18 видов из родов *Metzgeria*, *Radula*, *Frullania*, *Neckera*, *Ulota*, *Orthotrichum* и др. Настоящие эпифиты несмотря на способность части из них произрастать также на других субстратах, в совокупности ярко характеризуют специфику экологической группы эпифитов. Из них мелкие печеночники (из родов *Frullania*, *Metzgeria*, *Radula*) в более низких широтах (даже на Кавказе) способны переходить с ветвей на листья [7].

На участии печеночников в составе эпифитного компонента бриофлоры отражается то, что Полесье входит в бореальную область Земного шара, тогда как наиболее богата и разнообразна флора эпифитных печеночников во влажных тропических лесах, где они обычны не только на коре, но и на листьях деревьев. По нашему представлению, уже в карбоне мелкие печеночники могли освоить кору деревьев и другие древовидные растения, тогда как на листьях они достаточно широко распространились, по-видимому, лишь в меловое время, когда сформировались тропические леса с преобладанием покрытосеменных. Бриевые мхи перешли от почвенного к эпифитному образу жизни едва ли ранее мезозоя (возможно, этот процесс начался во время наибольшей гумидизации климата в нижней юре), но подлинный расцвет их эпифитизма следует связывать со второй половиной и особенно с поздним мелом, с которым синхронизируется широкая территориальная экспансия покрытосеменных и образование ими разнообразных ценозов.

Исторически основания стволов деревьев (согласно Л. В. Бардунову [8] – «узловой» экотоп лесных сообществ) должны были сыграть ключевую роль в процессе миграции бриофитов на стволы деревьев, а затем на ветви и листья. В этом экотопе сосредоточено основное число видов мохообразных, встречающихся на коре живых деревьев (эпифитов, эпигейдов, эпиксиллов). Данный экотоп, возможно, явился исходным не только для формирования экогруппы эпифитов, но и первоначальных этапов дифференциации эпиксиллов из числа прежде эпигейдных мохообразных. В дальнейшем процесс адаптации эпифитов в результате снижения влажности воздушной среды привел к освоению в плиоцене и особенно в антропогене рядом их видов скально-каменистого субстрата, а также к способности длительно удерживаться на разлагающейся коре. При этом собственно эпиксилам зачастую трудно адаптироваться к произрастанию на мало измененной коре деревьев, а собственно эпифитам – к значительно разложившейся коре и тем более к гниющей древесине.

Большее экологическое сродство собственно эпифиты имеют не с настоящими эпиксилами, а с эпилитами в связи с относительно большим сходством физических свойств коры деревьев и поверхности скал и камней [8, 9]. Из видов, отмеченных на коре живых деревьев в Полесье, в условиях таких субстратов, как гниющие древесина и кора деревьев, встречается 87, на почве 82, на камнях и скалах 77. Критическим фактором для эпифитных мохообразных является режим влажности местообитаний, поскольку кора древесных растений не может явиться для них надежным источником влаги.

Что касается распределения бриофитов по лесообразующим породам, то в Полесье заметный отпечаток на это накладывают обширность территории и разнообразие условий произрастания на коре деревьев. Максимально богатой эпифитной бриофлорой в данном регионе отличается дуб черешчатый (включает до 50 % видов, встречающихся в Полесье на коре деревьев, таблица), что объясняется широким распространением его в различных экотопах и фитоценозах [10]. В общем эпифитная бриофлора широколиственных деревьев Полесья охватывает до

65 % мохообразных, отмеченных на коре деревьев в регионе. Настоящие эпифиты здесь почти исключительно неморальные и неморально-монтанные.

На большинстве видов деревьев природной флоры региона отмечено до 20 % представителей эпифитной бриофлоры, из них половина – неспецифические для коры живых деревьев виды (эпигейды и политопные). На составе эпифитной бриофлоры мелколиственных деревьев (осина, ольха клейкая, береза, ива) также отражается их широкое распространение в разнообразных дендроценозах и на открытых местах, что создает широкий спектр местообитаний по степени увлажнения и освещенности. В результате по богатству эпифитной бриофлоры мелколиственные деревья в целом мало уступают широколиственным. На них отмечено до 60 % мохообразных, встречающихся в Полесье на коре деревьев. Среди мелколиственных деревьев по степени насыщенности видами эпифитной бриофлоры выделяются ольха, разделяющая, по существу, первое место с дубом в этом отношении (таблица). Вместе с тем кора ольхи менее благоприятна для поселения эпифитов, чем кора дуба, и занимает в этом аспекте промежуточное положение между корой осины, с одной стороны, и корой березы и ели – с другой.

Распределение видов мохообразных по форофитам

Вид	Форофиты													
	Д	Г	Я	К	Л	В	И	ОС	Т	ОЛ	Б	Е	С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Orthocaulis attenuatus</i> (Mart.) A. Evans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Bazzania trilobata</i> (L.) Gray	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
<i>Blepharostoma trichophyllum</i> (L.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Cephalozia media</i> Lindb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Cephaloziella rubella</i> (Nees) Warnst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Chiloscyphus minor</i> (Nees) J.J. Engel et R.M. Schust.	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Chiloscyphus pallescens</i> (Ehrh. ex Hoffm.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Chiloscyphus polyanthos</i> (L.) Corda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Chiloscyphus profundus</i> (Nees) J.J. Engel et R.M. Schust.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Frullania dilatata</i> (L.) Dumort.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	
<i>Frullania tamarisci</i> (L.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Geocalyx graveolens</i> (Schrad.) Nees	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Jamesoniella autumnalis</i> (DC.) Steph.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	
<i>Lepidozia reptans</i> (L.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	
<i>Lophozia ventricosa</i> (Dicks.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Metzgeria furcata</i> (L.) Dumort.	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Odontoschisma denuatum</i> (Mart.) Dumort.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	
<i>Pellia epiphylla</i> (L.) Corda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Plagiochila porelloides</i> (Torr. ex Nees) Lindenb.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Porella platyphylla</i> (L.) Pfeiff.	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Ptilidium pulcherrimum</i> (Weber) Vain.	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	
<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	
<i>Scapania nemorea</i> (L.) Grolle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M. Fleisch.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Amblystegium radicale</i> (P. Beauv.) Bruch et al.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	
<i>Amblystegium juratzkanum</i> (Schimp.) Rau & Herv.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Anomodon attenuatus</i> (Hedw.) Huebener	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Anomodon longifolius</i> (Brid.) Hartm.	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Anomodon viticulosus</i> (Hedw.) Hook. & Taylor	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	
<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Aulacomnium androgynum</i> (Hedw.) Schwaegr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bryum amblyodon</i> Muell. Hal.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Bryum bimum</i> (Schreb.) Turner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Вид	Форофиты													
	Д	Г	Я	К	Л	В	И	ОС	Т	ОЛ	Б	Е	С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Bryum creberrimum</i> Taylor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Bryum pallescens</i> Schleich. ex Schwaegr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Bryum subelegans</i> Kindb.	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Brachytheciastrum velutinum</i> (Hedw.) Ignalov & Huttunen	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	
<i>Brachythecium campestre</i> (Muell. Hal.) Bruch et al.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	
<i>Brachythecium mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	
<i>Brachythecium rivulare</i> Bruch et al.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Brachythecium salebrosum</i> (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Callicladium haldanianum</i> (Grev.) H.A. Crum	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Calliergonella lindbergii</i> (Mitt.) Hedenas	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Campylidium sommerfeltii</i> (Myrin) Ochyra	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	
<i>Campylium stellatum</i> (Hedw.) C.E.O. Jensen	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Campylophyllum calcareum</i> (Crundw. & Nyholm) Hedenäs	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	
<i>Dicranodontium denudatum</i> (Brid.) E. Britton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Dicranum flagellare</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>Dicranum montanum</i> Hedw.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	
<i>Dicranum tauricum</i> Sapeh.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Dicranum viride</i> (Sull. & Lesq.) Lindb.	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Drepanocladus polygamus</i> (Bruch et al.) Hedenas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Eurhynchiastrum pulchellum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	
<i>Eurhynchium angustirete</i> (Broth.) T.J. Kop.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
<i>Fissidens adianthoides</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Fissidens osmundoides</i> Hedw.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Geocalyx graveolens</i> (Schrad.) Nees	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Herzogiella seligeri</i> (Brid.) Z. Iwats.	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	
<i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Hygroamblystegium varium</i> (Hedw.) Moenk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Isoetecium alopecurooides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Kindbergia praelonga</i> (Hedw.) Ochyra	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	
<i>Leucobryum glaucum</i> (Hedw.) Angstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Leucodon sciurooides</i> (Hedw.) Schwaegr.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Mnium marginatum</i> (Dicks.) P.Beauv.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Mnium stellare</i> Hedw.	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Neckera complanata</i> (Hedw.) Huebener	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Neckera crispa</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Neckera pennata</i> Hedw.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Brid.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum gymnostomum</i> Bruch ex Brid.	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Orthotrichum lyellii</i> Hook. & Taylor	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	

Окончание таблицы

Вид	Форофиты													
	Д	Г	Я	К	Л	В	И	ОС	Т	ОЛ	Б	Е	С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum pallens</i> Bruch ex Brid.	+	+	+		-	-	-	+	-	-	-	-		
<i>Orthotrichum patens</i> Bruch ex Brid.	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw.	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	
<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum striatum</i> Hedw.	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	
<i>Orthotrichum tenellum</i> Bruch. ex Brid.	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i> (Brid.) Warnst.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-			-	
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T.J. Kop.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Plagiomnium drummondii</i> (B. & S.) T.Kop.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Plagiomnium rostratum</i> (Schrad.) T.J. Kop.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Plagiothecium cavifolium</i> (Brid.) Z.lwats.	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	
<i>Plagiothecium laetum</i> Bruch et al.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	
<i>Plagiothecium nemorale</i> (Mitt.) A.Jaeger	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) Bruch et al.	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>Pohlia bulbifera</i> (Warnst.) Warnst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyholm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	
<i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	
<i>Rhodobryum roseum</i> (Hedw.) Limpr.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	+	+		-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Serpoleskea subtilis</i> (Hedw.) Loeske	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i> (Mitt.) Ignatov & Huttunen	+	-	+	-	-	+		+	-	+	+	+	-	
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov & Huttunen	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Stereodon fertilis</i> (Sendtn.) Lindb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Stereodon pallescens</i> (Hedw.) Mitt.	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Syntrichia papillosa</i> (Wilson) Juratska	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Syntrichia virescens</i> (De Not.) Ochyra	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
<i>Thuidium assimile</i> (Mitt.) A. Jaeger	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	
<i>Thuidium recognitum</i> (Hedw.) Lindb.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Bruch et al.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
<i>Ulota coarctata</i> (P. Beauv.) Hammar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Ulota crispa</i> (Hedw.) Brid.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	

Примечание. «+» – вид присутствует, «-» – вид отсутствует.

Д – дуб, Г – граб, Я – ясень, К – клен, Л – липа, В – вяз, И – ива, ОС – осина, Т – тополь, ОЛ – ольха, Б – береза, Е – ель, С – сосна.

Примат ольхи в численности эпифитной бриофлоры вызван в сущности теми же причинами, что и в отношении дуба, хотя экологическая амплитуда ольхи смещена в сторону более влагообеспеченных и богатых местообитаний. В отличие от дуба на коре ольхи неморальные мохообразные развиваются заметно слабее. На осине отмечено до 60 видов бриофитов (таблица), причем особенно характерны мелкий плеврокапный мох *Pylaisia polyantha* и мелкие печеночники из родов *Radula* и *Frullania*, как и в других регионах умеренных широт Голарктики. На ивах в Полесье известно 34 вида мохообразных, в том числе ряд настоящих эпифитов, особенно из рода *Orthotrichum*, учитывая произрастание древовидных ив зачастую по берегам водоемов.

На составе бриофитов коры берез (*Betula pendula* и *B. pubescens*, таблица) отражаются такие их свойства, как неприхотливость к среде, невысокая тенистость кроны, неблагоприятные физические свойства коры и в целом своеобразный адаптивный комплекс, присущий березам, в какой-то мере имитирующий свойства сосны (*Pinus sylvestris*) как места поселения мохообразных. В этом отношении род *Betula* образует как бы переход от покрытосеменных деревьев к хвойным. На коре берез всего выявлено 46 видов мохообразных.

Бриофиты, произрастающие на коре хвойных деревьев Полесья (таблица), почти исключительно неспецифичны для эпифитных местообитаний чаще всего это виды, неразборчивые к природе субстрата (политопные, эпиксилы и эпигеиды). Важнейшее значение здесь имеют физико-химические свойства коры хвойных – легкая слущиваемость, плохая водопроницаемость, смолистость, сильно кислая реакция. На коре ели в связи с особенностями ее местообитаний и высокой тенистостью кроны создается влажный микроклимат, допускающий поселение на комле стволов старых деревьев не только мхов, но и некоторых печеночников, иногда встречаются даже отдельные виды облигатных эпифитов (из рода *Ulota*). Всего на ели отмечено до 35 видов бриофитов.

Для Южной Сибири Л. В. Бардунов [11] подчеркивает, что наиболее богата флора эпифитных мхов на тех форофитах, которые имеют широкую экологическую амплитуду (береза) или растут в сравнительно влажных условиях (пихта и ель). На территории Полесья это прежде всего относится к дубу и ольхе. Как отмечает данный автор, неблагоприятные свойства коры березы, произрастающей в Южной Сибири в очень различных условиях, отступают на задний план: мхи отыскивают участки, где эти свойства не проявляются (основание ствола), что выводит березу по богатству флоры эпифитов (39 видов) на первое место среди форофитов. Однако такой уровень «богатства» вполне сопоставим с числом видов мхов, встречающихся на коре берез в Полесье. Наиболее бедна бриофлора сосны как светлохвойной породы с плотной и гладкой, легко отслаивающейся корой. Хотя на ней (в трещинах оснований стволов старых деревьев) известно до 23 видов мохообразных (особенно из рода *Hypnum*), но чаще всего на соснах бриофиты вообще отсутствуют. Настоящие эпифиты здесь единичны (из рода *Orthotrichum*) и очень редки, а представлены главным образом политопные виды, эпиксилы и эпигеиды. Всего на коре хвойных в Полесье выявлено до 40 видов (27 % видов, встречающихся как эпифиты).

Нами предложена концепция происхождения и последующей эволюции эпифитной группы мхов [12], основывающаяся на эколого-биологических принципах и учитывающая особенности организации мхов, их жизненные стратегии и особенности коры деревьев как субстрата для поселения мхов, а также конкурентные свойства семенных растений. При этом предпринята попытка оценить значение различных факторов эпифитных местопроизрастаний для мохообразных. Относительно распределения эпифитных бриофитов по видам деревьев наиболее приемлемо представление, что такие мохообразные могут быть почти индифферентными к видам деревьев в районах с благоприятными климатическими условиями, но ограничены определенными видами деревьев в областях с неблагоприятными условиями [13]. В любом случае по мере старения коры физико-химические различия, присущие представителям разных таксонов, сглаживаются за счет возрастания ее трещиноватости, пористости, накопления в трещинах гумуса и пыли, что, однако, менее всего затрагивает кору сосны в связи с ее особыми свойствами, и в данном случае микроклимат играет ограниченную роль [12].

Поскольку поселение мхов на коре деревьев вызвано, как мы полагаем, в основном уклонением их от конкуренции в надпочвенной обстановке и сопровождается параллельным повышением выносливости данных форм к воздействию факторов окружающей среды, не следует ожидать проявления узкой специализации тех или иных мхов к определенным видам деревьев, тем более что кора для бриофитов преимущественно место фиксации, к тому же она в общем не обладает в отличие от горных пород (карбонатные, силикатные и др.) столь резкой разницей в химическом составе. Хотя Полесье – область с доминированием в растительном покрове арбоценозов, но климатические условия здесь не столь уж благоприятны, чтобы до-

статочно сильно нивелировать особенности коры различных видов деревьев как субстрата для мохообразных. Важнейшим нивелирующим фактором в такой ситуации выступает изменение свойств коры, снижение ее специфики с возрастом деревьев, особенно при основании стволов. В связи с этим различия между группами широколиственных и мелколиственных деревьев по составу бриофлоры не столь уж значительны. Только около 20 % видов из числа известных на широколиственных деревьях не выявлено на мелколиственных и наоборот, т.е. до 40 видов являются дифференцирующими для этих двух эпифитных бриофлор. Более надежно отличие широколиственных деревьев от мелколиственных проявляется по части настоящих эпифитов, являющихся неморальными, из родов *Lejeunea*, *Porella*, *Isothecium*, *Homalothecium*, *Neckera*. Как бы буферным звеном между мелколиственными и широколиственными деревьями в Полесье в известной мере выступает осина, кора которой более доступна для поселения настоящих эпифитов, чем кора ольхи и тем более березы. Дифференциальные виды, отличающие группу хвойных деревьев от мелколиственных, практически отсутствуют.

Особенности эпифитной бриофлоры Полесья проявляются также в соотношении географических элементов. Если в составе бриофлоры Полесья бореальный элемент (s.l.) представлен 43,5 % видов, а неморальный (s.l.) – 37,9 %, то в составе эпифитной бриофлоры соответственно 41,0 и 54,5 %. Следовательно, бриофлору Полесья следует считать неморально-бореальной, тогда как эпифитный компонент этого региона бореально-неморальный, поскольку в последней явно преобладают неморальные (s.l.) виды. Такое положение является отражением неморальных корней эпифитной флоры, восходящих к миоцену, но несколько «размытых» последующими флорогенетическими процессами и давлением бореализации, особенно в антропогене.

Именно неморальные виды как более специализированные эпифиты оказались к тому же в числе наиболее уязвимых среди обитающих на коре бриофитов в связи с антропогенным воздействием на арбоценозы Полесья, становясь все более редкими.

В составе эпифитных компонентов широколиственных и мелколиственных деревьев преобладают неморальные бриофиты; участие неморальных и бореальных видов в этих группах видов соответственно – 62,8 и 35,0 %, 55,0 и 38,2 %, т.е. на широколиственных деревьях неморальные виды представлены максимально, хотя это превышение над мелколиственными не столь уж значительно. Более заметно оно по степени развития данной группы мохообразных. Существенные различия в соотношении неморальных и бореальных бриофитов отмечаются в составе бриофлоры отдельных видов мелколиственных деревьев: соответственно у осины 70 и 30 %, у ольхи 53,2 и 43,5 % и у березы 46,6 и 48,9 %. У ели и сосны имеется двойное превосходство бореальных мохообразных над неморальными. В этом аспекте их бриофлора является антиподом бриофлоры осины, тогда как неморальные и бореальные виды достигают приблизительно равновесия в составе бриофлоры березы. Это косвенно свидетельствует, что береза в отношении своих адаптивных особенностей максимально уклонилась от других покрытосеменных в арбофлоре Полесья и тем самым экологически как бы наиболее приблизилась к хвойным. В свою очередь в некоторой мере промежуточным звеном между березой и осиной по географическому составу эпифитных мохообразных является ольха. По степени снижения благоприятности для поселения эпифитных бриофитов деревья во флоре Полесья располагаются в следующий ряд: клен, ясень, липа, дуб, осина, ива, ольха, береза, ель, сосна.

В целом анализ степени развития и частоты встречаемости настоящих эпифитов, исторически адаптированных к произрастанию на коре деревьев, показывает, что в Полесье они предпочитают широколиственные деревья как представителей неморального арбокомплекса, а также в известной мере осину. У осины есть своя свита эпифитных мохообразных, способных успешно закрепляться на гладкой коре вертикальных стволов в условиях обычно повышенной влажности среды. Большая частота встречаемости ряда настоящих эпифитов именно на коре широколиственных деревьев при их совместном произрастании с мелколиственными и хвойными косвенно свидетельствует о первоначальном формировании их как эпифитов на каких-то широколиственных деревьях в связи с центральным положением и наиболее глубокими генетическими корнями последних среди древесных покрытосеменных.

Мелколиственные виды деревьев, не являясь основными, коренными лесообразующими породами и выполняя главным образом роль промежуточного звена в сукцессионных циклах дендроценозов, оттесняемые зачастую в менее благоприятные условия произрастания, едва ли могли выступить в качестве первоначального пристанища вытесняемых из надпочвенного покрова лесных сообществ бриофитов. Иной вопрос – поселение видов рода *Orthotrichum* на коре ив, для которых характерно произрастание по берегам проточных водоемов, где повышенное освещение сочетается с достаточной степенью влажности среды, но это следствие дальнейшей адаптивной радиации покрытосеменных, их экологической специализации.

Ортотриховые, надо полагать, произошли в среднегорных поясах, где их предшественники переходили под влиянием конкуренции покрытосеменных с почвы на основания стволов деревьев этой группы (прежде всего ивовых), произрастающих у края горных речек, а затем поднимались по коре и выше, на стволы. Это, по-видимому, наиболее широко стало происходить с позднего мела и продолжалось в третичный период, получив, возможно, максимальный импульс в миоцене. Ареной выработки широкого эпифитизма у бриофитов едва ли могли явиться хвойные деревья, так как при их господстве, скорее всего, не возникло бы стимула для освоения коры конкурентного давления растений нижнего яруса и к тому же физикохимические свойства коры хвойных не благоприятствовали бы этому процессу в инициальной стадии. По нашему предположению, первоначально освоив относительно менее экстремальные местообитания на коре покрытосеменных, чем хвойных, некоторые представители эпифитных таксонов затем адаптировались при благоприятных условиях к определенным голосеменным (хвойным) деревьям, где отдельные из этих бриофитов впоследствии даже стали пышно разрастаться. В других случаях расширение экологического диапазона тех или иных настоящих эпифитов привело к возможности их произрастания и на коре голосеменных (хвойных) в условиях достаточно влажного климата.

Проведенный анализ эпифитного компонента бриофлоры Полесского региона, находящегося согласно геоботаническому районированию в зоне европейских широколиственных лесов, характеризует структуру данного компонента по группам древесных растений. Это широколиственные, мелколиственные, хвойные деревья и кустарники, распределение бриофитов на которых зависит не только от свойств коры (лиственные и хвойные древесные растения), но и от степени распространения отдельных видов деревьев, что касается их лиственных представителей. В такой связи по видовой численности эпибриофитов выделяются дуб черешчатый и ольха клейкая. На примере полесского эпифитного компонента, но с широкой экстраполяцией Г. Ф. Рыковским выдвинуто предположение о возможной исходной дифференциации этой специфической экологической группы.

Что касается вопроса сохранения редких и исчезающих видов мохообразных-эпифитов Полесского региона, то в Красную книгу Республики Беларусь (2015) включены 4 вида – *Orthotrichum lyellii* (II категория), *Dicranum viride* (III), *Porella platyphylla* (III) и *Neckera pennata* (IV), а к видам, требующим внимания, отнесены *Frullania tamarisci* и *Ambystegium radicale*. К редким бриофитам, отмеченным на деревьях в Полесье в целом, можно причислить еще 17 видов: из печеночников – *Barbilophozia barbata*, *B. lycopodioides*, *Orthocaulis attenuates*, *Radula lindbergiana*, *Scapania curta*, а из мхов – *Brachythecium reflexum*, *Eurhynchium speciosum*, *Dicranodontium denudatum*, *Hymenoloma crispula*, *Hypnum fertile*, *Neckera crispa*, *Orthotrichum patens*, *O. stramineum*, *O. tenellum*, *Plagiomnium drummondii*, *Serpoleskea confervoides*, *Ulota coarctata*, хотя некоторые из этих видов на территории региона давно не обнаруживаются.

Список использованных источников

1. Рыковский, Г. Ф. Флора Беларуси. Мохообразные / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – В 2 т. – Т. 1–2. – Минск, 2004. – 437 с.; – 2009. – 213 с.
2. Игнатов, М. С. Флора мхов средней части европейской России / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова. – Т. 1–2. – М.: КМК, 2003–2004. – С. 1–608, 609–944. (Arctoa том 11, приложение 1–2).
3. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov [et al.] // Arctoa. – 2006. – Т. 15. – P. 1–130.

4. *Потемкин, А. Д.* Печеночники и антоцеротовые России / А. Д. Потемкин, Е. В. Софронова. – Т.1. – СПб.-Якутск: Бостон-спектр, 2009. – 368 с.
5. *Рыковский, Г. Ф.* Происхождение и эволюция мохообразных / Г. Ф. Рыковский. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 433 с.
6. *Stebel, A.* Mosses of the pieniny range (Polish Western Carpatians) / A. Stebel, R. Ochrya, G. Voncina. – Poland, 2010. – 214 p.
7. *Pocs, T.* Tropical forest bryophytes / Т. Pocs // Bryophyte ecology / A. J. E. Smith (ed.). – 1982. – P. 59–104.
8. *Бардунов, Л. В.* Листостебельные мхи побережий и гор Северного Байкала. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 119 с.
9. *Курский, П.* К бриологии Южного побережья оз. Ильмень / П. Курский; тр. Бот. сада Императ. Юрьевского ун-та, 1909. – Вып. 2. – № 3–4. – С. 164–184.
10. *Рыковский, Г. Ф.* Эпифитные мохообразные Припятского ландшафтно-гидрологического заповедника / Г. Ф. Рыковский, Т. Н. Клакоцкая // Ботаника: Исследования. – Минск: Наука и техника, 1979. – С. 74–82.
11. *Бардунов, Л. В.* Листостебельные мхи Алтая и Саян. – Новосибирск: Наука, 1974. – 107 с.
12. *Рыковский, Г. Ф.* Эпифитные мхи как экологическая группа экстремальных местообитаний / Г. Ф. Рыковский // Проблемы бриологии в СССР. – Л.: Наука, 1989. – С. 190–201.
13. *Piippo, S.* Epiphytic bryophytes as climatic indicators in Eastern Fennoscandia // Acta Bot. Fen. – 1982. – Vol. 119. – P. 1–39.

Поступила 21.02.2020

А. В. Усик*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: jalja-93@mail.ru***КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПРОИЗВОДНЫХ КУМАРИНА
В ТКАНЯХ ЛИСТА БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО**

Аннотация. Представлены результаты исследования локализации и состава кумариновых соединений в тканях листа борщевика Сосновского. Установлено наличие четырех веществ кумариновой природы в экстрактах из эпидермиса и паренхимы и трех фурукумаринов в экстракте проводящих пучков.

Ключевые слова: *Heracleum sosnowskyi* Manden., борщевик Сосновского, кумарины, фурукумарины, тонкослойная хроматограмма, лист, трихомы

A. W. Usik*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: jalja-93@mail.ru***QUALITATIVE COMPOSITION OF KUMARIN DERIVATIVES IN LEAF TISSUES OF SOSNOVSKY'S HOGWEED**

Abstract. The results of study of localization and composition of coumarin compounds in leaf tissues of Sosnovsky's hogweed are presented. The presence of four coumarins in extracts from epidermis and parenchyma and three furocoumarins substances in extract of vascular bundles was established.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi* Manden., Sosnovsky's hogweed, coumarins, furocoumarins, thin layer chromatography, leaf, trichomes

А. В. Усик*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: jalja-93@mail.ru***ЯКАСНЫ СКЛАД ВЫТВОРНЫХ КУМАРЫНА ў ТКАНКАХ ЛІСТА БАШЧЭЎНІКА САСНОЎСКАГА**

Анотацыя. Прадстаўлены вынікі даследавання лакалізацыі кумарынавых злучэнняў у тканках ліста баршчэўніка Сасноўскага. Устаноўлена наяўнасць чатырох рэчываў кумарынавай прыроды ў экстрактах з эпідэрмісу і парэнхімы і трох фурукумарынаў у экстракте праводзячых пучкоў.

Ключавыя словы: *Heracleum sosnowskyi* і Manden., баршчэўнік Сасноўскага, кумарыны, фуракумарыны, тонка-слойная храматаграма, ліст, трыхомы

Введение. В процессе роста и развития у растений происходит образование ряда соединений, которые могут выводиться из активного метаболизма, накапливаясь в специализированных секреторных структурах. Секреторные структуры располагаются как на поверхности растения – их называют экзогенные, так и внутри органов – эндогенные. Так, у растений семейства Зонтичные в качестве секрета накапливаются вещества кумариновой природы. Представителем семейства Зонтичные является и борщевик Сосновского. Он активно выращивался на территории Беларуси в 70-х годах XX века в качестве кормово-силостного растения. На сегодняшний день борщевик Сосновского является инвазивным видом и представляет опасность не только для природных экосистем, но и для человека. В литературе описаны случаи образования на коже человека ожогов различной степени при контакте с вегетативными частями растения, в частности листьями [1–3]. По данным [4, 5], именно производные фурукумарина являются фотосенсибилизаторами и усиливают действие УФ-света, вызывая при этом ожоги. Известно, что указанные вещества обладают широким спектром биохимических и фармакологических эффектов. Так, они могут проявлять противоопухолевую [6, 7] и антиоксидантную активность [8], что позволяет рассматривать производные кумаринов как потенциальные лечебные препараты [9–11].

По результатам изучения частей растения борщевика Сосновского, способных вызывать дерматиты, было выявлено, что фотосенсибилизирующие вещества находятся в волосках (трихомах) на поверхности черешков и листовых пластинок растения. В ряде работ [12, 13] показа-

но, что сок, выделяющийся при повреждении растения (снималась кожица и волоски), дерматит не развивает, тогда как прикосновение к неповрежденному растению ведет к появлению данного заболевания. Детальные исследования локализации веществ кумариновой природы в тканях вегетативных частей растения малочислены и основаны на методах микроскопии [14].

Цель работы – исследование качественного состава веществ кумариновой природы в тканях листа борщевика Сосновского методами тонкослойной хроматографии.

Материалы и методы. Исследование поверхности листьев проводилось на растениях, собранных в сентябре 2019 г. из естественных мест произрастания. Для изучения эпидермальной поверхности листа использовали биологический микроскоп Olympus SZ61. Наблюдения регистрировали в виде фотографий, сделанных с помощью специальной фотонасадки к микроскопу Nauear 5.0MP USB Stos при 1,5- и 2-кратном увеличении. Тип секреторных структур устанавливали в соответствии с классификацией Г. А. Денисовой [15].

Для идентификации накапливающихся в секреторных структурах веществ использовали тонкослойную хроматографию (ТСХ) как наиболее быстрый метод определения качественного состава органических веществ в смеси. Пробоподготовку к проведению ТСХ осуществляли путем экстракции сухого растительного материала хлороформом. Предварительно растительный материал делили на три группы: эпидермис с трихомами, паренхима и проводящие пучки. Для ТСХ были взяты силикагелевые пластины CNMLab (Испания) с алюминиевой подложкой, толщиной слоя силикагеля 0,2 мм и флуоресцентным индикатором. В качестве стандартов использовали кумарины умбеллиферон, эскулетин, скополетин и фурукумарины – ангелицин, ксантотоксин, бергаптен. Первоначально был произведен подбор подвижной фазы. Наилучшее разделение было достигнуто при составе подвижной фазы петролейный эфир : этилацетат : бензол в соотношении 2:1:0,5.

Результаты и их обсуждение. При проведении микроскопирования поверхности листа борщевика Сосновского видны трихомы, которые, согласно классификации Г. А. Денисовой [15], относятся к экзогенным секреторным структурам (рис. 1).

На поперечном срезе черешка борщевика видны проводящие пучки, рассеянные по паренхиме, а на латеральной поверхности – одноклеточные трихомы (рис. 2). Замечено, что трихома примыкает к полости, в которой, возможно, накапливается секрет.

Для проведения исследования локализации веществ кумариновой природы в листьях, а также их качественного состава были взяты три группы тканей: эпидермис, паренхима и проводящие пучки.

В результате исследования выявлено, что в эпидермисе черешка находятся четыре вещества кумариновой природы (R_f – 0,24; 0,29; 0,34; 0,45). Использование стандартов кумаринов



Рис. 1. Трихомы на черешке листа борщевика Сосновского

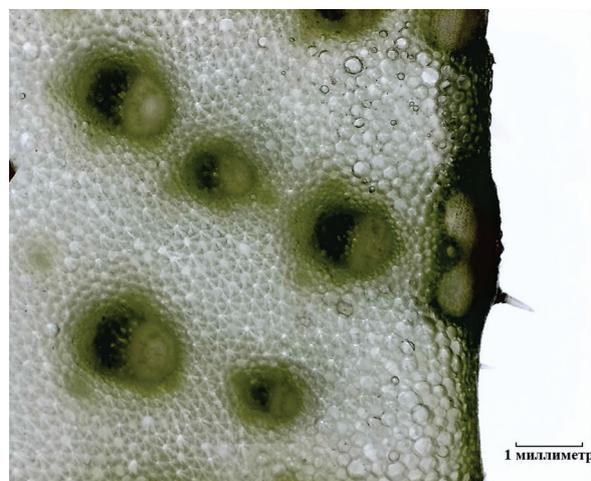


Рис. 2. Поперечный срез черешка листа *Heracleum sosnowskyi* Manden

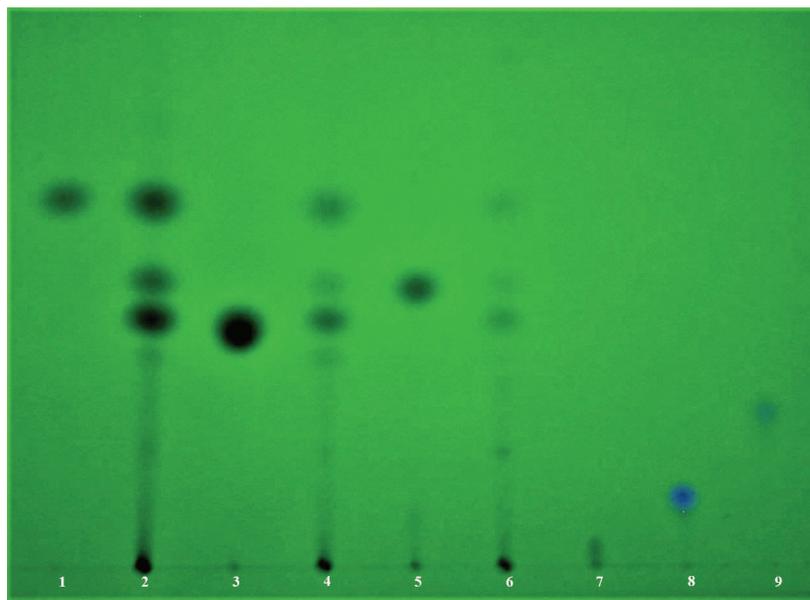


Рис. 3. Тонкослойная хроматограмма различных частей листа борщевика Сосновского: 1 – ангелицин, 2 – экстракт эпидермиса, 3 – ксантотоксин, 4 – экстракт паренхимы, 5 – бергаптен, 6 – экстракт проводящих пучков, 7 – эскулетин, 8 – скополетин, 9 – умбелиферон

и фурукумаринов показало, что среди разделенных четырех веществ присутствуют фурукумарины: ангелицин ($R_f = 0,45$), ксантотоксин ($R_f = 0,29$) и бергаптен ($R_f = 0,34$). В экстракте паренхимы обнаруживаются также четыре вещества кумариновой природы с аналогичными R_f . Хроматографическое разделение экстракта проводящих пучков показало наличие трех веществ с $R_f = 0,29$; $0,34$; $0,45$, что также соответствует ксантотоксину, бергаптену и ангелицину. Кумарины – эскулетин, скополетин и умбелиферон во всех экстрактах обнаружены не были. Количественное определение содержания фурукумаринов не проводилось, однако стоит отметить различия в интенсивности окраски пятен в экстрактах из эпидермиса, паренхимы и проводящих пучков при нанесении на пластину. Наиболее интенсивная окраска замечена для экстракта эпидермиса, что косвенно указывает на высокое содержание веществ кумариновой природы в эпидермисе по сравнению с паренхимой и проводящими пучками. Это может быть связано с наличием на эпидермисе экзогенных секреторных структур – трихом, в которых происходит накопление фурукумаринов.

Заключение. Таким образом, установлено, что накопление исследуемых фурукумаринов (ангелицина, бергаптена и ксантотоксина) осуществляется как в эпидермисе листа, где на поверхности располагаются экзогенные секреторные структуры – трихомы, так и в паренхиме и проводящих пучках. Хроматографическое разделение веществ экстрактов эпидермиса и паренхимы показало наличие четырех веществ кумариновой природы, а разделение веществ экстрактов проводящих пучков – трех веществ фурукумарина.

Список использованных источников

1. Прилипко, Л. И. О безвредных свойствах борщевика в Конахкендском районе Азербайджанской ССР / Л. И. Прилипко // Изв. Акад. наук Азерб. ССР. – 1950. – № 3. – С. 68–70.
2. Леоненко, П. М. К клинике и профилактике дерматитов, вызываемых борщевиком / П. М. Леоненко // Здоровоохранение Беларуси. – 1962. – № 11. – С. 83–84.
3. Винокуров, Г. И. О дерматите, вызываемом растением сладкий борщевик / Г. И. Винокуров // Вестн. дерматол. и венерол. – 1965. – № 7. – С. 67–69.
4. Клепов, И. Д. Пузыристые дерматиты от лугового растения борщевика / И. Д. Клепов // Вестн. дерматол. и венерол. – 1960. – Т. 3. – С. 55–56.
5. Kasperkiewicz, K. Sunscreening and photosensitizing properties of coumarins and their derivatives / K. Kasperkiewicz, A. Erkiert-Polguj, E. Budzisz // Lett. Drug Design Discovery. – 2016. – Vol. 13, N 5. – P. 465–474. <https://doi.org/10.2174/1570180812666150901222106>

5. *Emami, S.* Current developments of coumarin-based anti-cancer agents in medicinal chemistry / S. Emami, S. Dashpour // *Eur. J. Med. Chem.* – 2015. – Vol. 102. – P. 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.033>
6. Recent developments of C-4 substituted coumarin derivatives as anticancer agents / J. Dandriyal [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2016. – Vol. 119. – P. 141–168. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.03.087>
7. Antioxidant activity of coumarins / Y. Al-Majedy [et al.] // *System. Rev. Pharm.* – 2017. – Vol. 8, N 1. – P. 24–30. <https://doi.org/10.5530/srp.2017.1.6>
8. Recent developments of coumarin-containing derivatives and their anti-tubercular activity / Y. Q. Hu [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2017. – Vol. 136. – P. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.05.004>
9. Coumarin derivatives as monoamine oxidase B inhibitors with antiparkinsonian like properties / P. Olaya [et al.] // *FarmaJournal.* – 2019. – Vol. 4, N 1. – P. 218.
10. Coumarin: A natural, privileged and versatile scaffold for bioactive compounds / A. Stefanachi [et al.] // *Molecules.* – 2018. – Vol. 23, N 2. – P. 250. <https://doi.org/10.3390/molecules23020250>
11. *Имшенецкий, Г.* Heracleum et geranium dermatitis / Г. Имшенецкий // *Рус. вестн. дерматита.* – 1928. – Т. 6. – С. 245–252.
12. *Клепов, И. Д.* Пузыристые дерматиты от лугового растения борщевика / И. Д. Клепов // *Вестн. дерматол. и венерол.* – 1960. – Т. 3. – С. 55–56.
13. *Weryszko-Chmielewska, E.* Localisation of furanocoumarins in the tissues and on the surface of shoots of Heracleum sosnowskyi / E. Weryszko-Chmielewska, M. Chwil // *Botany.* – 2017. – Т. 95, № 11. – С. 1057–1070.
14. *Денисова, Г. А.* Терпеноидосодержащие структуры растений / Г. А. Денисова. – М.: Наука, 1982. – С. 10–32.

Поступила 11.03.2020

О. М. Масловский*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: oleg.maslovsky@tut.by***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ
БРИОФЛОРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Рассмотрены вопросы видовой биоразнообразия мохообразных. Исследования проводились на территории Беларуси и Восточной Европы на основе картирования по 390 квадратам (100 × 100 км). В республике выделены 4 субрегиона (бореально-прибалтийский, бореально-таежный, неморально-западный и неморально-центральный), дана характеристика распределения видов мохообразных, приведены редкие специфические виды мохообразных для каждого субрегиона. Исследования показали, что каждый субрегион в бриологическом отношении, несмотря на территориальную и природную близость, характеризуется достаточно высокой видовой специфичностью. Лишь только 53 % видов мохообразных на территории Беларуси произрастают во всех 4 субрегионах, а 60 видов (или 12,8 %) – только в одном субрегионе. Более тесные связи с основными частями субрегионов показывают территории неморальной зоны, в меньшей – бореальной. Представлены карты распространения видов мохообразных Беларуси на территории Восточной Европы.

Ключевые слова: мохообразные, бриофлора, Беларусь, Восточная Европа, видовое разнообразие

O. M. Maslovsky*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: oleg.maslovsky@tut.by***COMPARATIVE ANALYSIS OF SPECIES BIODIVERSITY OF THE BRYOFLORESTIC COMPLEXES OF BELARUS**

Abstract. The article considers the issues of biodiversity of bryophytes. The studies were made in Belarus and Eastern Europe on the basis of mapping on 390 squares (100 × 100 km). Four subregions (boreal-baltic, boreal-taiga, nemoral-western and nemoral-central) are distinguished in the Belarus, the distribution of bryophytes species was characterized, rare specific species of bryophytes for each subregion were given. Studies have shown that each subregion in a bryological sense, despite its territorial and natural proximity, is characterized by a fairly high species specificity. Only 53 % of bryophytes species in Belarus grow in all 4 subregions, and 60 species (or 12.8 %) grows in only one subregion. More close connections with the main parts of the subregions show the territories of the non-moral zone, in the smaller – the boreal zone. Maps of Belarus bryophytes species distribution on the territory of Eastern Europe are presented.

Keywords: bryophytes, bryoflora, Belarus, Eastern Europe, species diversity

О. М. Маслоўскі*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: oleg.maslovsky@tut.by***ПАРАЎНАЛЬНЫ АНАЛІЗ ВІДАВОЙ БІАРАЗНАСТАЙНАСЦІ БРЫЯФЛАРЫСТЫЧНЫХ КОМПЛЕКСАЎ БЕЛАРУСІ**

Анотацыя. Разгледжаны пытанні відавой біяразнастайнасці мохападобных. Даследаванні праводзіліся на тэрыторыі Беларусі і Усходняй Еўропы на аснове карціравання па 390 квадратах (100 × 100 км). У рэспубліцы вылучаны 4 субрэгіёны (барэальна-прыбалтыйскі, барэальна-тайговы, неморальна-заходні і неморальна-цэнтральны), дадзена характарыстыка размеркавання відаў мохападобных, прыведзены рэдкія спецыфічныя віды мохападобных для кожнага субрэгіёну. Даследаванні паказалі, што кожны субрэгіён ў брыелагічным дачыненні, нягледзячы на тэрытарыяльную і прыродную блізкасць, характарызуецца дастаткова высокай відавой спецыфічнасцю. Толькі 53 % відаў мохападобных на тэрыторыі Беларусі растуць ва ўсіх 4 субрэгіёнах, а 60 відаў (ці 12,8 %) – толькі ў адным субрэгіёне. Больш цесныя сувязі з асноўнымі часткамі субрэгіёна паказваюць тэрыторыі неморальнай зоны, у меншай – барэальнай. Прадстаўлены карты распаўсюджвання відаў мохападобных Беларусі на тэрыторыі Усходняй Еўропы.

Ключавыя словы: мохападобныя, брыяфлора, Беларусь, Усходняя Еўропа, біяразнастайнасць

Введение. Мохообразные являются важным компонентом природных экосистем и неотъемлемой частью биологического разнообразия растений того или иного региона. Беларусь занимает относительно небольшую территорию в Восточной Европе и располагается на стыке зон таежных и широколиственных лесов. В связи с этим флористические комплексы на ее территории являются неоднородными и тесно связаны с окружающими природными территориями.

Бриофлора Беларуси [1, 2] насчитывает около 470 видов и разновидностей, из которых бриевые мхи – 331, сфагновые – 36, андреевые мхи – 1, печеночники – 101, антоцеротовые – 2 вида.

В силу своих эколого-биологических особенностей ареалы распространения мохообразных значительно шире, чем, например, сосудистых растений. Согласно биогеографическому районированию Европы [3], территория Восточной Европы разделена на 5 биогеографических регионов: арктический, альпийский, бореальный, неморальный и аридный. Внутри этих регионов, согласно детализированной биогеографической карты Европы [4], можно идентифицировать ряд субрегионов, отражающих влияние Атлантики и других климатических особенностей. В связи с этим представляется целесообразным сравнительный анализ бриофлористических комплексов Беларуси и окружающих территорий.

Материалы и методы. Полевые флористические исследования проводились на территории Беларуси и в ряде регионов Восточной Европы (Литва, Карпаты, Крым, Предуралье, Центрально-лесной заповедник, Апатиты и др.). Картирование мохообразных осуществлялось на основании обработки литературных источников и полевых исследований по 390 квадратам примерно 100 x 100 км. Материалы заносили в специализированные базы данных. Анализ результатов осуществляли с помощью оригинальных компьютерных программ PDD, PDDQVID, MAKEMAP (разработанных П. А. Родионовым совместно с О. М. Масловским), на основании которых построен электронный атлас распространения мохообразных в Восточной Европе.

Территория Восточной Европы была подразделена на следующие регионы и субрегионы [5] (рис. 1): арктический (ARC); альпийский (ALP), включая APL1 (запад Кольского полуострова), ALP2 (Урал), ALP3 (Карпаты), ALP4 (северные предгорья Кавказа); бореальный (BOR), включая BOR-KAR (Карелия), BOR-PRI (страны Балтии, северо-запад Беларуси и северо-запад Российской Федерации), BOR-TAI (северо-восток Беларуси и большая часть таежной зоны Российской Федерации); неморальный (NEM), который подразделяется на западный (NEM-ZAP), центральный (NEM-CEN) и восточный (NEM-EAS) субрегионы; аридный (ARI), включая западный (ARI-STR) и прикаспийский (ARI-CAS) субрегионы; черноморский (BLS).

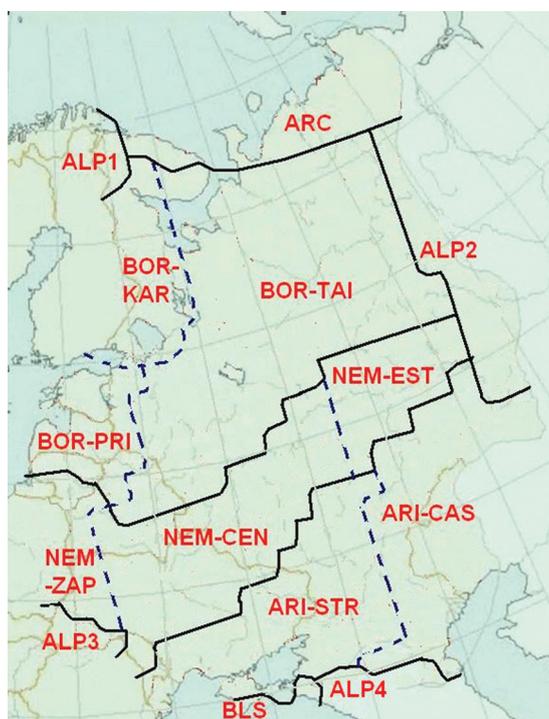


Рис. 1. Биогеографические регионы и субрегионы Восточной Европы

Республика Беларусь расположена на территории двух регионов (бореальный и неморальный) и четырех субрегионов (бореально-прибалтийский (BOR-PRI), бореально-таежный (BOR-TAI), неморально-западный (NEM-ZAP) и неморально-центральный (NEM-CEN)).

Анализ пространственного распределения бриофитов осуществляли с помощью пакета программ Statistica 6.0. Таксономические видовые названия мохообразных приведены согласно общеевропейской сводке [6]. Авторы видовых названий даны согласно [7–10].

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенный сравнительный анализ видового биоразнообразия мохообразных четырех субрегионов (бореально-прибалтийского, бореально-таежного, неморально-западного и неморально-центрального) в целом и их частей на территории Беларуси позволил выявить ряд их особенностей в таксономическом отношении.

Бореально-прибалтийский субрегион. Всего на территории данного региона зарегистрировано 651 вид мохообразных (рис. 2), из них 147 видов являются печеночниками и антоцеротовыми, 504 – мхи (сфагновые, бриевые). Более половины (51 %) произрастают на территории Беларуси (47,6 % – печеночники, 53,2 – мхи).

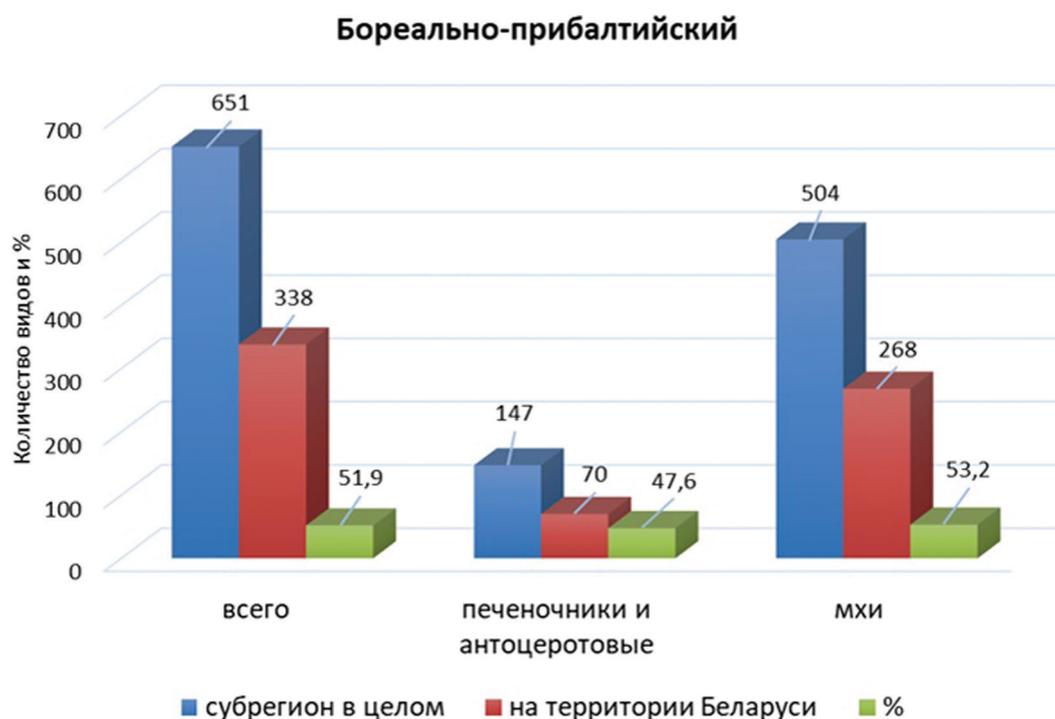


Рис. 2. Количество видов мохообразных бореально-прибалтийского субрегиона в целом, в Беларуси и доля (в %) их представительства в бриофлоре субрегиона

На территории Беларуси только в бореально-прибалтийском субрегионе произрастают 15 видов мохообразных: *Gymnocolea inflata* (Huds.) Dumort., *Lophozia ascendens* (Warnst.) R. M. Schust., *Scapania apiculata* Spruce, *Amblyodon dealbatus* (Hedw.) P. Beauv., *Catocarpium nigratum* (Hedw.) Brid., *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt., *Dicranella subulata* (Hedw.) Schimp., *Dicranodontium asperulum* (Mitt.) Broth., *Hymenoloma crispulum* (Hedw.) Ochyra, *Meesia hexasticha* (Funck) Bruch, *Mnium lycopodioides* Schwägr., *Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid., *Palustriella decipiens* (De Not.) Ochyra, *Ptychostomum longisetum* (Blandow ex Schwägr.) J. R. Spence, *Racomitrium microcarpon* (Hedw.) Brid.

Бореально-таежный субрегион. Занимает наибольшую площадь на территории Восточной Европы и в целом отличается повышенным видовым биоразнообразием. Всего на территории данного региона зарегистрировано 748 вид мохообразных (рис. 3), из них 198 видов являются печеночниками и антоцеротовыми, 550 – мхи (сфагновые, бриевые). На территории Беларуси их них произрастают 300 видов или 40,1 % (31,3 % – печеночники, 43 % – мхи). Это минимальные значения среди всех субрегионов, что объясняется незначительной площадью данного субрегиона на территории Беларуси.

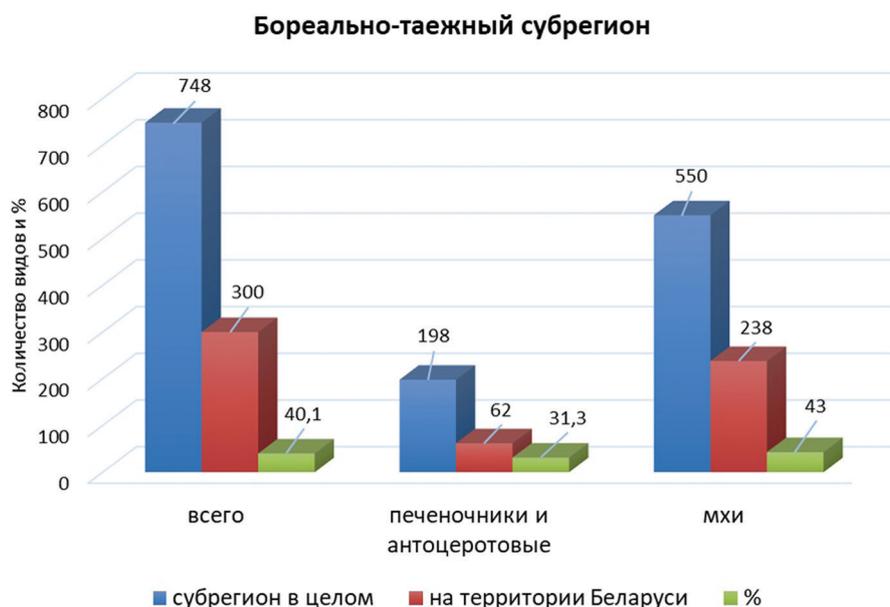


Рис. 3. Количество видов мохообразных бореально-таежного субрегиона в целом, в Беларуси и доля (в %) их представительства в бриофлоре субрегиона

Число характерных только для этого субрегиона видов мохообразных на территории Беларуси невелико, всего 7: *Riccia ciliata* Hoffm., *Cephalozia loitlesbergi* Schiffn., *Scapania paludicola* Loeske & Muell. Frib., *Tritomaria exsectiformis* (Breidl.) Loeske, *Leiocolea gilmanii* (Austin) A. Evans, *Fontinalis antipyretica* var. *gracilis* (Lindb.) Schimp., *Timmia bavarica* Hessel.

Неморально-западный субрегион. В целом характеризуется относительно небольшим видовым биоразнообразием, однако на территории Беларуси в этом субрегионе число видов максимально. Всего на территории данного региона зарегистрировано 570 видов мохообразных (рис. 4), из них 146 видов являются печеночниками и антоцеротовыми, 434 – мхи (андреевые, сфагновые, бриевые). На территории Беларуси их произрастают 375 видов или 65,8 % (54,1 % – печеночники, 69,8 % – мхи).



Рис. 4. Количество видов мохообразных неморально-западного субрегиона в целом, в Беларуси и доля (в %) их представительства в бриофлоре субрегиона

Количество уникальных видов, т.е. характерных только для этого субрегиона мохообразных на территории Беларуси максимально – 27, многие из которых очень редки и находятся под угрозой исчезновения: *Riccardia chamedryfolia* (With.) Grolle, *Scapania nemorea* (L.) Grolle, *Nardia scalaris* Gray, *Acaulon muticum* (Schreb. ex Hedw.) Müll. Hal., *Bryum klinggraeffii* Schimp., *Exsertotheca crispa* (Hedw.) S. Olsson, Enroth & D. Quandt, *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme* Brid., *H. cupressiforme* var. *lacunosum* Brid., *H. cupressiforme* var. *tectorum* Brid., *Meesia longiseta* Hedw., *Oxystegus tenuirostris* (Hook. & Taylor) A. J. E. Sm., *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra, *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Bruch et al., *Pohlia atropurpurea* (Wahlenb.) H.Lindb., *P. melanodon* (Brid.) A. J. Shaw, *Ptychostomum cyclophyllum* (Schwägr.) J. R. Spence, *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Bruch et al., *Schistidium crassipilum* H. H. Blom, *S. submuticum* Broth. ex H. H. Blom, *Sphagnum austinii* Sull., *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gang., *Tortula mucronifolia* Schwägr., *Ulota coarctata* (P. Beauv.) Hammar., *Barbilophozia lycopodioides* (Wallr.) Loeske, *Tritomaria exsecta* (Schmidel) Loeske, *Mylia taylorii* (Hook.) Gray, *Marsupella funkii* (F. Weber & D. Mohr) Dumort. (последние 4 вида, возможно, указывались по ошибке).

Неморально-центральный субрегион. Занимает максимальную площадь на территории республики. Всего в данном регионе в целом в Восточной Европе зарегистрировано 602 вида мохообразных (рис. 5), из них 127 видов являются печеночниками и антоцеротовыми, 475 – мхи (сфагновые, бриевые). На территории Беларуси их произрастают 369 видов или 61,8 % (54,1 % – печеночники, 60,4 % – мхи).

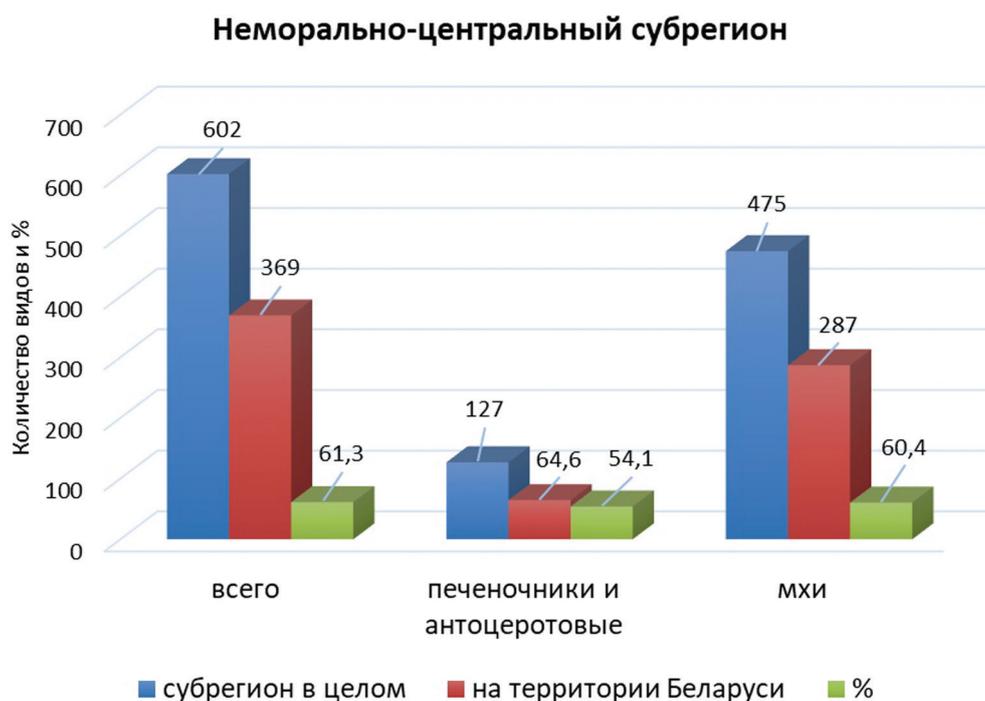


Рис. 5. Количество видов мохообразных неморально-центрального субрегиона в целом, в Беларуси и доля (в %) их представительства в бриофлоре субрегиона

Количество характерных только для этого субрегиона видов мохообразных на территории Беларуси также значительно – 21: *Riccia beyrichiana* Hampe ex Lehm., *R. canaliculata* Hoffm., *Fossombronia wondraczekii* (Corda) Lindb., *Moerckia hibernica* (Hook.) Gottsche, *Frullania tamarisci* (L.) Dumort., *Tritomaria quinquendata* (Huds.) H. Buch, *Leiocolea badensis* (Gottsche) Jørg., *L. collaris* (Nees) Schljakov, *Nardia geoscyphus* (De Not.) Lindb., *Bryum intermedium* (Brid.) Blandow, *B. knowltonii* Barnes, *Campyliadelphus elodes* (Lindb.) Kanda, *Dicranum tauricum* Sapjegin, *Didymodon ferrugineus* (Schimp. ex Besch.) M. O. Hill, *Entodon cladorrhizans* (Hedw.) Müll. Hal. (возможно указан по ошибке), *Grimmia laevigata* (Brid.) Brid., *G. ovalis* (Hedw.) Lindb., *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth.,

Plagiothecium denticulatum var. *undulatum* R. Ruthe ex Geh., *Pohlia bulbifera* (Warnst.) Warnst., *P. proligera* (Kindb.) Lindb. ex Broth., *Serpoleskea convervoides* (Brid.) Loeske, *Taxiphyllum wissgrillii* (Garov.) Wijk & Margad.

Заключение. В целом несмотря на тесные природную и пространственную близость субрегионов на территории Беларуси друг к другу, мохообразные, как показали исследования, характеризуются достаточно высокой видовой специфичностью. Лишь только 53 % видов мохообразных на территории Беларуси произрастают во всех четырех субрегионах, а 60 видов (или 12,8 %) – только в одном субрегионе. Более тесные связи с основными частями субрегионов показывают территории неморальной зоны, в меньшей – бореальной.

Общее распределение количества видов, произрастающих в Беларуси и на территории Восточной Европы, распределены по квадратам 100 x 100 км и их доля (в %) в сложении локальных флористических комплексов показана на рис. 6 и 7.

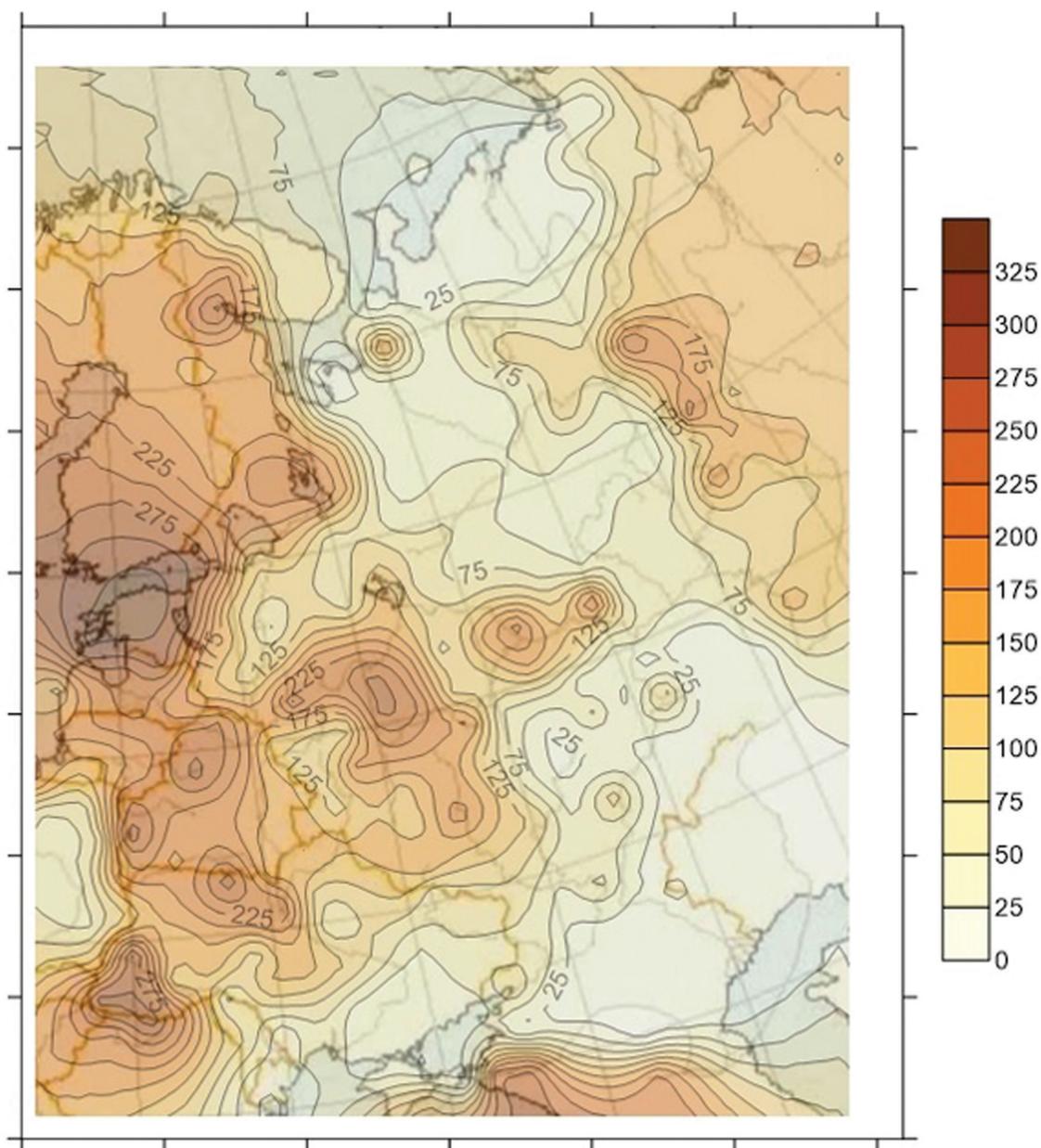


Рис. 6. Распределение количества видов, произрастающих в Беларуси и на территории Восточной Европы (по квадратам 100 x 100 км)

В этом отношении для видов, отмеченных в Беларуси, центрами сосредоточения видового разнообразия на территории Восточной Европы являются Эстония, характеризующаяся теплым и влажным атлантическим климатом и специфическими субстратами (альвары), Карпаты и отдельные территории Среднерусской возвышенности.

Таким образом, под влиянием этих центров на территории Беларуси выделяются повышенным видовым разнообразием следующие участки: Свенцянские гряды, Беловежская пуша, Гродненская возвышенность и Мозырская гряда.

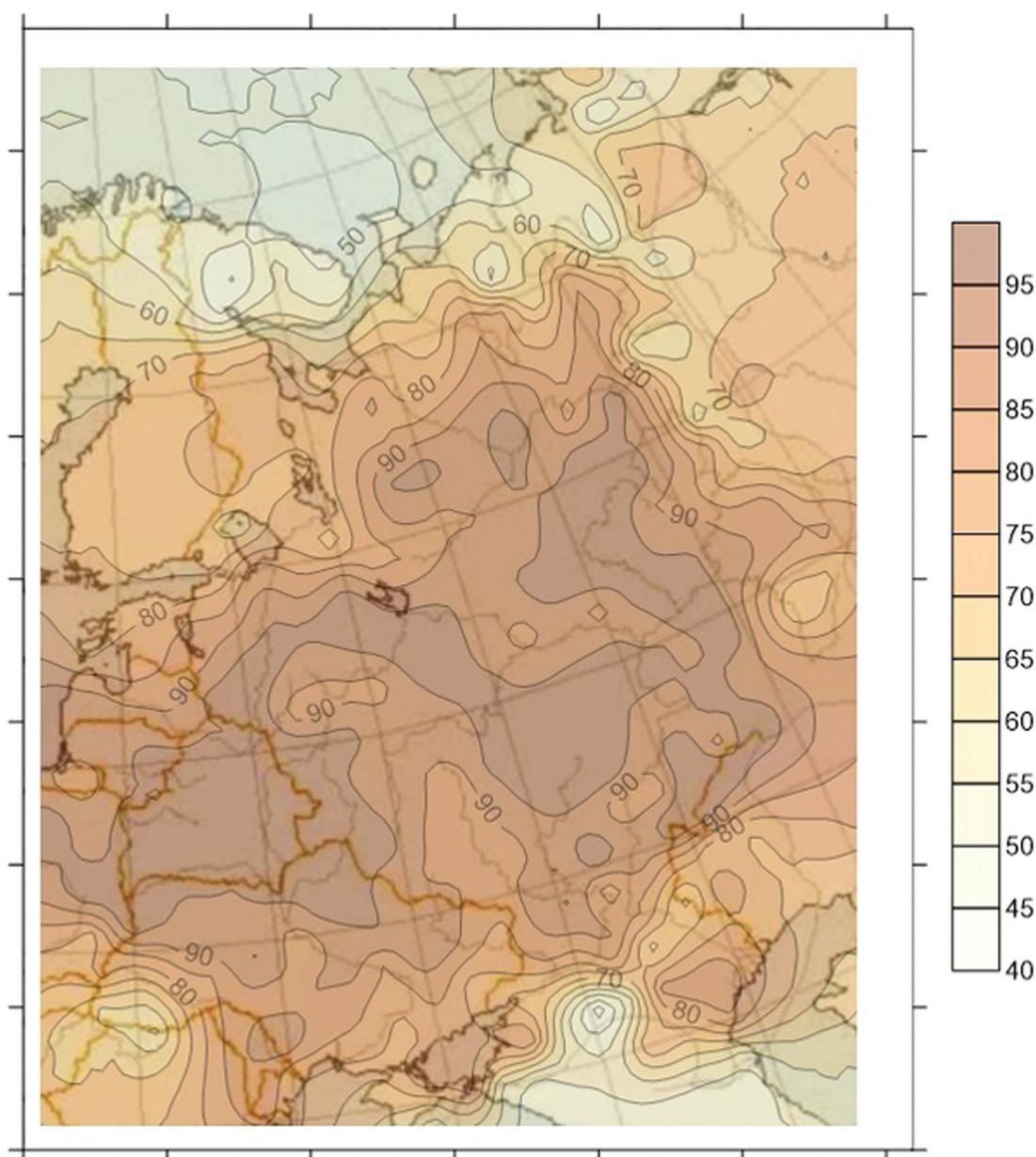


Рис. 7. Доля (в %) видов, произрастающих в Беларуси, в сложении бриофлористических комплексов Восточной Европы (по квадратам 100 x 100 км)

Анализируя распределение доли видов, произрастающих в Беларуси, в сложении бриофлористических комплексов Восточной Европы можно сделать вывод о тесных связях бриофлоры Беларуси с таежной (южная часть) и неморальной зонами Восточной Европы, в которых доля этих видов достигает 90 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Рыковский, Г. Ф.* Флора Беларуси. Мохообразные / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – Т. 1. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 437 с.
2. *Рыковский Г. Ф.* Флора Беларуси. Мохообразные. / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – Т. 2. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 213 с.
3. Biogeographic regions in Europe. –2011. – European Environment Agency.
4. Biogeographic Map of Europe: S. Rivas-Martínez, A. Penas & T. E. Díaz, 2004, March, 4. – Cartographic Service. – University of León, Spain, 2004.
5. *Maslovsky, O.* Atlas of rare and threatened bryophytes of Eastern Europe as candidates to new European Red List / O. Maslovsky. – Minsk: Belarus. nauka, 2017. – 100 p.
6. *Hodgetts, N. G.* Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe / N. G. Hodgetts // Irish Wildlife Manuals, No. 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland, 2015. – 130 p.
7. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov [et al.]. – Arctoa, 2006. – Vol. 15. – P. 1–130.
8. Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia / N. A. Konstantinova [et al.]. –Arctoa, 2009. – Vol. 18. – P. 1–64.
9. *Константинова, Н. А.* Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР / Н. А. Константинова, А. Д. Потемкин, Р. Н. Шляков. – Арктоа, 1992. – Vol. 1(1-2). – P. 87–127.
10. *Потемкин, А. Д.* Печеночники и антоцеротовые России / А. Д. Потемкин, Е. В. Софонова. – Т. 1. – СПб.; Якутск, 2009. – 368 с.

Поступила 11.03.2020

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**CLIMATIC RESOURCES****КЛИМАТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 551.58

В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, Ю. А. Бровка*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: ecology@basnet.by***ВРЕМЕННАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ
АРКТИЧЕСКИХ ВТОРЖЕНИЙ**

Аннотация. Рассмотрены многолетние изменения продолжительности арктических вторжений (ПАВ) и их связи с циклонической деятельностью и характеристиками общей циркуляции атмосферы (Арктическим, Северо-Атлантическим и Тихоокеанским колебаниями). Оценены взаимосвязи ПАВ в различных секторах Северного полушария за период 1899–2017 гг. и проведен анализ их линейных трендов за весь исследуемый период и его отдельные подпериоды. Показано, что временные ряды ПАВ удовлетворительно описываются трехкомпонентной моделью, включающей линейный тренд и две гармонические компоненты с периодами 20–30 и 50–60 лет.

Ключевые слова: арктическое вторжение, элементарный циркуляционный механизм, сектор Северного полушария

V. F. Loginov, S. A. Lysenko, Yu. A. Brovka*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: ecology@basnet.by***TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY OF ARCTIC INVASIONS DURATION**

Abstract. This paper reports long-term changes in the Duration of Arctic Invasions (DAI) and their relationship with cyclonic activity and characteristics of the general circulation of the atmosphere (Arctic, North Atlantic and Pacific oscillations). We assessed the relationships of DAI in various sectors of the Northern Hemisphere for the period of 1899–2017 and also we analyzed their linear trends for the entire study period and its individual subperiods. It is shown that the time series of DAI could be satisfactorily described by a three-component model that includes a linear trend and two harmonic components with the periods of 20–30 and 50–60 years.

Keywords: Arctic invasion, elementary circulation mechanism, Northern Hemisphere sector

У. Ф. Логінаў, С. А. Лысенка, Ю. А. Броўка*Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: ecology@basnet.by***ЧАСАВАЯ І ПРАСТОРОВАЯ ЗМЕНЛІВАСЦЬ ПРАЦЯГЛАСЦІ АРКТЫЧНЫХ УВАРВАННЯЎ**

Анотацыя. Разгледжаны шматгадовыя змяненні працягласці арктычных уварванняў (ПАУ) і іх сувязі з цыкланічнай дзейнасцю і характарыстыкамі агульнай цыркуляцыі атмасферы (Арктычным, Паўночна-Атлантычным і Ціхаакіянскім ваганнямі). Ацэнены ўзаемасувязі ПАУ ў розных сектарах Паўночнага паўшар'я за перыяд 1899–2017 гг. і праведзены аналіз іх лінейных трэндаў за ўвесь доследны перыяд і яго асобныя падперыяды. Паказана, што часавыя рады ПАУ здавальняюча апісваюцца трохкампанентнай мадэллю, у якую ўваходзяць лінейны трэнд і дзве гарманічныя кампаненты з перыядамі 20–30 і 50–60 гадоў.

Ключавыя словы: арктычнае ўварванне, элементарны цыркуляцыйны механізм, сектар Паўночнага паўшар'я

Введение. Арктическое вторжение – это вторжение массы арктического воздуха в средние широты. Оно сопровождается понижением температуры и влагосодержания атмосферы. Поскольку арктический воздух более тяжелый, то арктическое вторжение сопровождается ростом атмосферного давления. Арктические вторжения происходят в тылу циклонов, развивающихся или регенерирующих на арктическом фронте. Большая повторяемость и продолжительность арктических вторжений приводит к формированию суровых зим в средних широтах, причем арктические вторжения нередко достигают и субтропических широт.

Вопросами изменения глобальной циркуляции атмосферы за период с 1899 г. до настоящего времени занимаются ученые Института географии РАН, используя типизацию циркуляции атмосферы Северного полушария Б. Л. Дзердзеевского, В. М. Курганской и З. М. Витвицкой [1]. Идеи Б. Л. Дзердзеевского получили дальнейшее развитие в работах Н. К. Кононовой [2–4]. Ею проанализированы разработанные С. С. Савиной и Л. В. Хмелевской новые динамические схемы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), отражающие географическое положение и площади областей высокого и низкого давления в Северном полушарии. Рассмотрен внутритроговой ход (с суточным осреднением) и изменение многолетней продолжительности каждого ЭЦМ. Установлено, что характер циркуляции атмосферы внетропических широт Северного полушария определяют главным образом меридиональные процессы (северные и южные) [2].

Н. К. Кононовой [3, 4] выявлены особенности колебания циркуляции атмосферы во внетропических широтах всего Земного шара за период с 1899 по 2017 г. Выделены три циркуляционные эпохи, различающиеся преобладающей группой циркуляционных механизмов: эпоха блокирующих процессов, соединяющих арктический/антарктический и субтропический антициклоны, зональная эпоха и эпоха выходов циклонов из низких широт в высокие. В работе [4] выявлена связь колебаний глобальной среднегодовой температуры воздуха с колебаниями глобальной циркуляции атмосферы (циркуляционными эпохами). Статистические связи продолжительности арктических вторжений (ПАВ) в Атлантическом и Тихоокеанском секторах Северного полушария с изменениями климатических индексов, характеризующих Эль-Ниньо–Южное колебание (ЭНЮК), исследованы в работе [5].

Предметом нашего исследования является анализ временных изменений ПАВ в шести секторах Северного полушария за период с 1899 по 2017 г. и их связи с различными характеристиками общей циркуляции атмосферы.

Материалы исследований. В качестве исходных данных использованы продолжительности различных ЭЦМ в Северном полушарии с 1899 по 2017 г., предоставленные Институтом географии РАН. Использовалась типизация атмосферной циркуляции Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому [1], основным признаком которой явилось наличие или отсутствие блокирующих процессов (арктических вторжений) на полушарии, их направление и количество. В отдельную группу были выделены процессы с циклонической циркуляцией на Северном полюсе. В используемой типизации выделено 4 группы и 13 типов циркуляции, 41 элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ – основная единица типизации). В пределах одного типа имеются различия ЭЦМ в направлениях арктических вторжений или выходов южных циклонов, а также сезонные различия ЭЦМ по знаку барических полей над океанами и континентами [2].

Ограниченное число наземных станций и низкая плотность радиозондовых наблюдений в первой половине предыдущего столетия обуславливают значительную неоднородность анализируемых данных. И только в послевоенное время в конце 40-х годов прошлого столетия плотность метеорологической сети на территории Земного шара превысила 50 % [6]. Принимая во внимание это обстоятельство, кроме анализа всего доступного ряда, нами отдельно выполнен анализ ПАВ за послевоенный период с 1948 по 2017 г., который включает почти 70 % всей доступной информации. Однако и для этого 70-летнего периода плотность сети в таких секторах, как Тихоокеанский и Атлантический, недостаточна для надежных оценок изменений ПАВ. Блокирующие ЭЦМ в использованной классификации Б. Л. Дзердзеевского [1] для различных секторов Северного полушария приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Блокирующие ЭЦМ для различных секторов Северного полушария

Сектор	Блокирующие ЭЦМ
Атлантический (60° W–0°)	3, 8а, 8бл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 12а, 12бз, 12бл
Европейский (0°–60° E)	4а, 4б, 4в, 8бз, 10а, 10б, 12вз
Сибирский (60° E–120° E)	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 8бл, 8вз, 8вл, 8гз, 8гл, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г
Дальневосточный (120° E–170° E)	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 12вл, 12г
Тихоокеанский (170° E–120° W)	6, 8вз, 8вл, 9а, 12а, 12г
Американский (120° W–60° W)	7аз, 7ал, 7бз, 7бл, 8а, 10а, 10б, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г

В качестве показателей атмосферной циркуляции использованы морфометрические характеристики основных центров действия атмосферы, индексы Северо-Атлантического колебания, а также повторяемость и пути перемещения циклонов в Атлантическом и Европейском секторах.

Результаты исследований и их обсуждение. Оценка тесноты связи ПАВ в различных секторах Северного полушария. Анализ блокирующих ЭЦМ показал, что только в двух парах секторов (Европейском и Тихоокеанском, Европейском и Атлантическом) отсутствуют общие ЭЦМ. Во всех других парах секторов число общих ЭЦМ изменяется от 2 до 10. Для Атлантического и Тихоокеанского секторов имеются два общих ЭЦМ: 9а и 12а. Для других, в основном континентальных секторов, количество общих ЭЦМ существенно больше: для Американского и Дальневосточного сектора число общих ЭЦМ равно 9 (11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 12вл, 12г), а общее число ЭЦМ составляет 21.

Стоит заметить, что наличие общих ЭЦМ для различных секторов Северного полушария обеспечивает ложную корреляцию ПАВ в сопоставляемых секторах. В частности, если X , Y , Z – независимые переменные, коэффициенты вариации которых соответственно V_x , V_y , V_z , то между рядами величин $\frac{X}{Z}$ и $\frac{Y}{Z}$ имеет место корреляция

$$r = \frac{V_z}{\sqrt{(V_x^2 + V_z^2)(V_y^2 + V_z^2)}}.$$

В Северном полушарии имеются только две пары секторов – Тихоокеанский и Европейский, а также Атлантический и Европейский, где общие ЭЦМ отсутствуют. Коэффициент корреляции ПАВ в этих секторах составляет $-0,67$ для всего доступного ряда и $-0,62$ для части ряда (1948–2017 гг.). Связи ПАВ в Атлантическом и Европейском секторах несколько слабее: коэффициент корреляции составляет $-0,42$ для всего доступного ряда и $-0,45$ для периода с 1948 по 2017 г., но даже в последнем случае величина коэффициента корреляции превышает ошибку его вычисления более чем в 5 раз, что свидетельствует о крайне низкой вероятности случайности установленной связи ($P_{\text{случ}} < 0,1 \%$).

Более сложный характер линейных связей ПАВ характерен для Европейского и Американского секторов. Здесь коэффициенты корреляции исходных данных ПАВ составляют 0,4, что выше коэффициента ложной корреляции ПАВ в этих секторах, возникающей из-за наличия общих ЭЦМ. Положительные коэффициенты обусловлены наличием значительной линейной составляющей – отрицательным трендом ПАВ в обоих секторах. Однако знак корреляции на более высоких частотах (ω): $\omega = 2\pi/T$, где T – период, равный 49 годам, отрицательный.

Обнаруженные особенности в характере связи ПАВ для различных секторов – отрицательная связь в Европейском и Тихоокеанском, Европейском и Атлантическом секторах; положительная связь на низкой частоте (тренде) и отрицательная связь на более высокой частоте в Европейском и Американском секторах – могут быть использованы при разработке подходов и методов сверхдолгосрочного прогнозирования ПАВ.

Полученные результаты позволяют предвидеть асинхронность в развитии метеорологических процессов в Европейском секторе, с одной стороны, Тихоокеанском и Атлантическом секторах Северного полушария – с другой, как на низкой частоте (тренде), так и более высокой частоте (период около 50 лет). В развитии метеорологических процессов в Европейском и Американском секторах отмечается синхронность на низкой частоте (тренде) и асинхронность на более высокой частоте (период около 50 лет). Таким образом, ПАВ будет падать в Европейском секторе одновременно с ростом ПАВ в Атлантическом и Тихоокеанском секторах, тогда как в Американском и Европейском секторах рост и падение ПАВ будет синхронным на низкой частоте (тренде) и асинхронным на более высокой частоте ($T \sim 50$ лет).

Рассмотрим возможные причины синхронных и асинхронных изменений ПАВ в разных секторах Северного полушария. Известно, что зональность изотерм существенно искажается, особенно зимой, под влиянием материков и океанов. Это вносит возмущение в поле средней температуры воздуха во всей толще тропосферы. Оно хорошо видно на картах относительной

топографии для января и июля, характеризующих распределение по Земному шару средней температуры нижнего 9-километрового слоя атмосферы. Над континентами образуются ложбины холода, а над океанами – гребни тепла.

В июле, наоборот, гребни тепла расположены над прогретыми континентами, но гребни и ложбины в этот сезон выражены менее ярко, чем зимой. Принимая во внимание это обстоятельство, рассмотрим изменения ПАВ в Дальневосточном и Американском секторах отдельно в холодное и теплое время года, предварительно отметив, что сезонные ложбины и гребни лучше выражены над Дальневосточным сектором, нежели над Американским. Это определяется большей площадью Евразийского материка, по сравнению с Североамериканским. В этих секторах более половины ЭЦМ являются общими как в годовом, так и сезонном разрезах. Для Европейского сектора ($0^\circ - 60^\circ$ в.д.) предикторами для прогнозов ПАВ большой заблаговременности могут быть процессы, развивающиеся на противоположной стороне Земного шара – в Тихоокеанском (170° в.д. – 120° з.д.) и Американском (120° з.д. – 60° з.д.) секторах. Это, вероятно, связано с расположением двух главных океанов – Тихого и Атлантического – на противоположных сторонах Земли. Последние обеспечивают формирование двух главных для Северного полушария центров действия атмосферы – Исландского и Алеутского минимумов. Активная муссонная циркуляция в Тихоокеанском секторе и Индийском океане обязаны большой протяженности Евразийского материка, чего не может обеспечить Американский континент в силу меньшей протяженности, по сравнению с Евразийским.

Фрагментарное сопоставление морфометрических характеристик Алеутского и Гонулупского центров действия с продолжительностью арктических вторжений, температурой воды и воздуха в Тихоокеанском секторе обнаруживает наличие форсинга центров действия на климатические характеристики региона. Так, падение температуры воды в субарктической зоне Тихого океана связано с ростом продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанский сектор. Прямая связь температуры воды отмечается и с изменениями давления в центре Алеутского минимума. Трендовое изменение площади Алеутского минимума согласуется с трендовой составляющей в изменении ПАВ. Положительная связь площади Алеутского минимума и ПАВ также заметна и в полосе средних частот их многолетних изменений. Статистика продолжительности арктических вторжений для разных периодов времени приведена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Среднее значение / среднеквадратические отклонения ПАВ для разных секторов и периодов (число дней)

Период	Сектор					
	Тихоокеанский	Европейский	Атлантический	Американский	Дальневосточный	Сибирский
1899–2017	55 / 31	61 / 29	101 / 34	187 / 39	134 / 33	135 / 33
1899–1948	35 / 16	82 / 22	87 / 19	209 / 32	148 / 32	146 / 30
1948–2017	69 / 32	47 / 25	111 / 39	171 / 36	123 / 31	127 / 33

Из табл. 2 следует, что в океанических секторах Северного полушария средние значения и среднеквадратические отклонения ПАВ в период с 1948 по 2017 г. существенно увеличились по сравнению с предыдущим периодом, тогда как в континентальных секторах (Американском, Дальневосточном и Сибирском) средние значения ПАВ уменьшились, а среднеквадратические отклонения не претерпели каких-либо существенных изменений. Несколько другая ситуация отмечается в континентальном Европейском секторе. Здесь среднее значение ПАВ в последние десятилетия уменьшилось в 1,74 раза, а среднеквадратическое отклонение ПАВ незначительно увеличилось.

Таким образом, наибольший рост величин первых двух статистических моментов ПАВ – средних значений и среднеквадратических отклонений – произошел в океанических секторах Северного полушария. Это особенно характерно для изменений среднеквадратических отклонений ПАВ.

Анализ линейных трендов продолжительности арктических вторжений (ПАВ) для различных секторов Северного полушария. Принимая во внимание неоднородность в изменении циркуляционных процессов, связанную с изменением плотности метеорологиче-

ской сети, доступный ряд продолжительности арктических вторжений для различных секторов Северного полушария разбит на два периода (рис. 1).

На рис. 1 и в табл. 3 приведены значения ПАВ, линейные тренды, коэффициенты линейных трендов и коэффициенты корреляции для секторов Северного полушария. Видно, что для 70-летнего ряда (1948–2017 гг.) наблюдаются восходящие линейные тренды для четырех из шести секторов: Тихоокеанского, Атлантического, Дальневосточного и Сибирского. Наиболее существенный рост ПАВ отмечается в Тихоокеанском и Атлантическом секторах. В Европейском секторе наблюдается падение ПАВ со скоростью, близкой к скорости роста ПАВ в Атлантическом секторе. В других секторах скорость роста ПАВ существенно меньше и статистически незна-

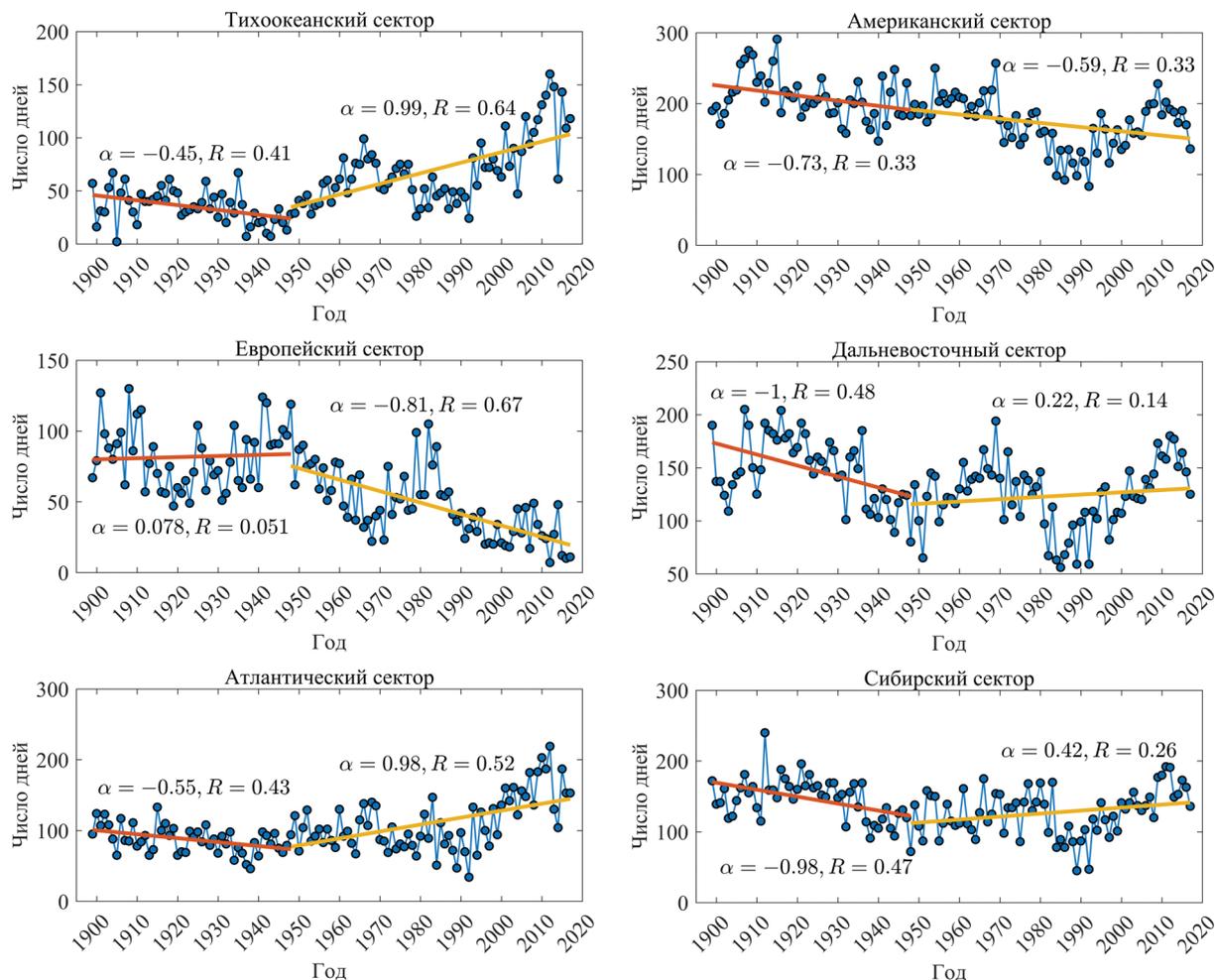


Рис. 1. Линейные тренды изменения числа дней с арктическими вторжениями в периоды 1899–1948 и 1948–2017 гг.

Т а б л и ц а 3. Значения коэффициентов линейных трендов (α) и корреляции (R) для разных секторов и периодов времени

Название сектора	Показатель					
	α		R			
	1899–2017 гг.	1899–1948 гг.	1948–2017 гг.	1899–2017 гг.	1899–1948 гг.	1948–2017 гг.
Тихоокеанский	0,58	-0,45	0,99	0,64	0,41	0,64
Атлантический	0,45	-0,55	0,98	0,45	0,43	0,52
Европейский	-0,58	0,08	-0,81	0,69	0,05	0,67
Сибирский	-0,23	-0,98	0,42	0,24	0,47	0,26
Дальневосточный	-0,35	-1,00	0,22	0,36	0,48	0,14
Американский	-0,63	-0,73	-0,59	0,56	0,33	0,33

чима. В первой части ряда ПАВ в пяти из шести секторов наблюдается падение ПАВ, и только Европейский сектор опять проявляет свою уникальность – здесь наблюдается слабый рост ПАВ в первой части ряда и сильное падение ПАВ во второй. Таким образом, только для трех секторов отмечаются статистически значимые величины падения (Европейский сектор) и роста (Тихоокеанский и Атлантический секторы) ПАВ за весь исследуемый период и последние 70 лет (1948–2017 гг.).

Следует обратить внимание на практически неизменную скорость падения ПАВ на протяжении всего 118-летнего периода в Американском секторе. Для этого сектора почти синхронно с Дальневосточным и Сибирским секторами отмечалась кратковременная отрицательная флуктуация ПАВ в 80-е–середине 90-х годов прошлого столетия. Величина линейного падения ПАВ в Американском, Дальневосточном и Сибирском секторах в среднем составила около 20 % от общей дисперсии ряда.

В континентальных секторах Северного полушария отмечается многолетнее падение ПАВ (табл. 3). Однако только в Европейском секторе уменьшение ПАВ является статистически значимым. Величины изменения коэффициентов корреляции для всего доступного ряда и последней части ряда отличается незначительно. В Американском секторе, где наблюдается уменьшение ПАВ для всего доступного ряда и части ряда, коэффициент линейного тренда практически не изменяется, но коэффициент корреляции для части ряда оказался почти в 1,7 раза слабее, чем для всего доступного ряда.

Из табл. 3 следует, что в многолетнем разрезе в изменении ПАВ в Тихоокеанском и Американском секторах отмечается отчетливая обратная связь, что вполне объяснимо с позиций наличия обратных связей метеорологических характеристик на западной и восточной части Алеутского минимума: Американский сектор находится под влиянием циркуляции, характерной для восточной части Алеутского минимума.

Наименьшие по величине трендовые составляющие ПАВ характерны для Сибирского и Дальневосточного секторов. Если рассмотреть только вторую часть ряда, то для этих секторов трендовые составляющие в изменении ПАВ малы по величине и статистически незначимы.

Результаты проведенного сравнительного анализа коэффициентов детерминации (R^2) линейных трендов ПАВ в различных секторах Северного полушария показали, что только в Тихоокеанском и Европейском секторах величина детерминации составляет 0,41–0,48 за весь исследуемый период и последние 70 лет, т.е. линейный тренд объясняет около 40–50 % от общей изменчивости исходных значений ПАВ. В Американском секторе этот показатель составляет около 30 % для всего доступного ряда.

В общей изменчивости ПАВ, кроме линейного тренда, также установлены 50–60- и 20–30-летние составляющие. С учетом этого разработана трехкомпонентная модель ПАВ, учитывающая трендовую и периодические составляющие временного ряда ПАВ. Доля трех составляющих в общей дисперсии исходного ряда ПАВ наибольшая в Тихоокеанском и Европейском секторах (около 0,7), несколько ниже она в Американском (0,65) и Дальневосточном (0,60). В остальных секторах трехкомпонентная модель описывает менее 50 % общей дисперсии ПАВ: в Атлантическом секторе доля рассмотренных составляющих ряда ПАВ – около 0,47, в Сибирском секторе – около 0,4. Результаты аппроксимации трехкомпонентной моделью исходных временных рядов ПАВ представлены на рис. 2.

Связь продолжительности арктических вторжений с характеристиками общей циркуляции атмосферы. Трендовая составляющая в продолжительности арктических вторжений в Европейском секторе коррелирует отрицательно с трендовой составляющей повторяемости глубоких циклонов в Европе, т.е. большая повторяемость глубоких циклонов в Европе соответствует малой продолжительности арктических вторжений. В средней полосе частот (20–30 лет) связь сопоставляемых характеристик имеет отрицательный знак для периода времени с 50-х годов прошлого столетия, а в 40-е годы прошлого столетия период высокой повторяемости глубоких циклонов совпал с высокими значениями ПАВ. Аналогичная ситуация сложилась и в 10–20-е годы прошлого столетия, когда минимальная повторяемость глубоких циклонов

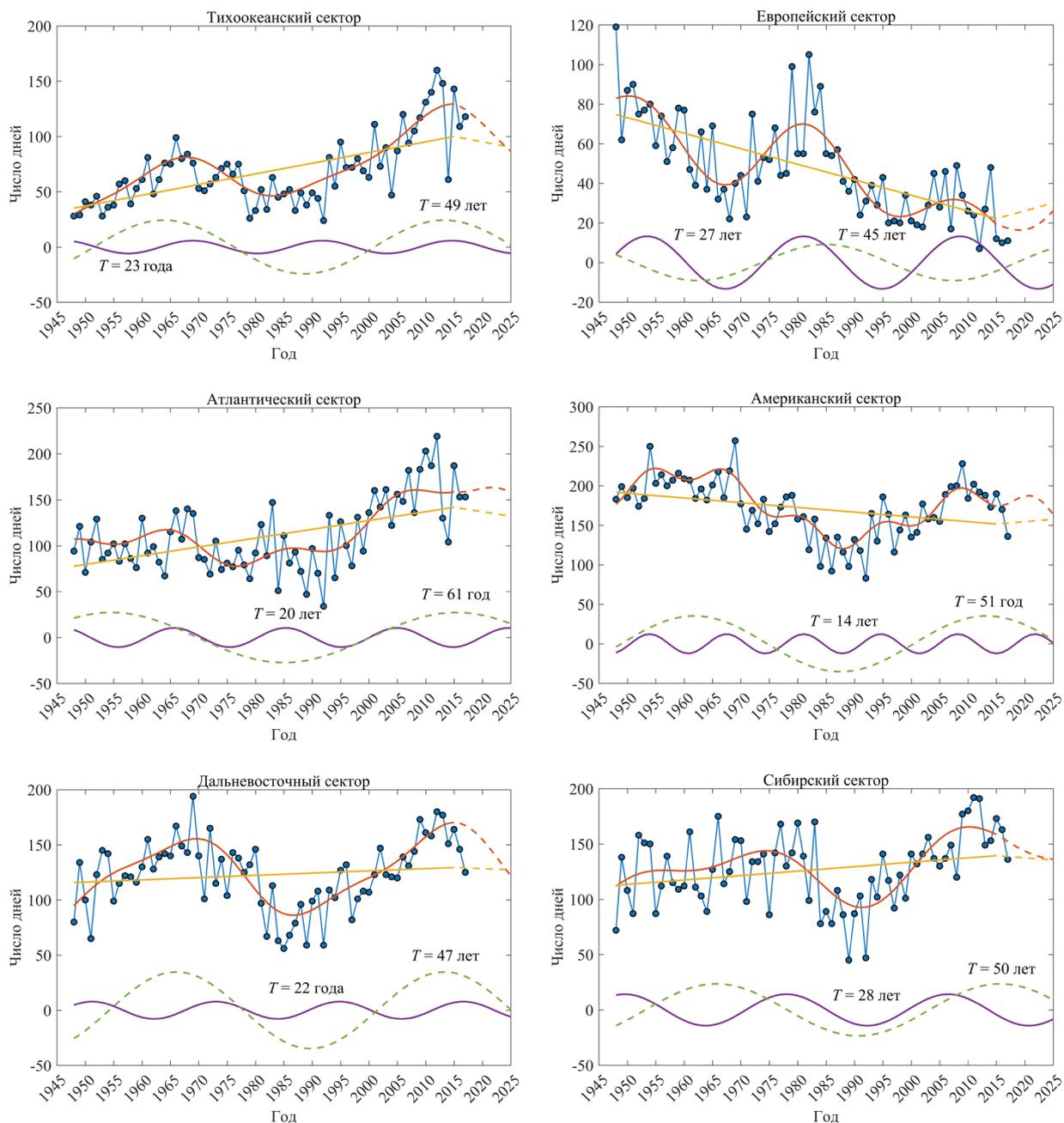


Рис. 2. Временные ряды среднегодовой частоты арктических вторжений в секторах Северного полушария и их аппроксимация в виде линейного тренда с наложенными на него двумя гармоническими колебаниями с указанными периодами (T). Экстраполяция рядов до 2025 г. (пунктир) – расчет по аппроксимационной модели в предположении излома тренда в 2015 г.

совпала с низкой повторяемостью ПАВ. Эти результаты свидетельствуют о неустойчивости связи между повторяемостью глубоких циклонов и ПАВ в Европейском секторе.

Число тропических штормов в Северной Атлантике уменьшалось с 1880 до начала 20-х годов XX в., затем наблюдался его коротковременный, но быстрый рост до середины 30-х годов прошлого столетия. В промежуток времени с 30-х до середины 80-х годов число тропических штормов колебалось около средней величины, а затем начался его рост [7]. Близкие тенденции характерны и для изменений ПАВ в Атлантическом секторе, что свидетельствует о наличии связи сопоставляемых характеристик циркуляции атмосферы.

Число мощных тропических циклонов (штормов) в Атлантическом океане росло синфазно с изменением ПАВ, начиная с 90-х годов и до 2013 г., а затем наступило их небольшое падение. Небольшой всплеск числа ПАВ с 2003 г. наблюдался и в Европейском секторе. В конце 40-х годов прошлого столетия число мощных тропических циклонов до начала 60-х годов было близко к среднему значению, а с конца 60-х годов стало намного ниже его, что продолжалось до начала 90-х годов прошлого столетия. Сравнивая характер изменения числа мощных тропических циклонов с изменчивостью ПАВ в Атлантическом океане, можно сделать вывод о синхронности изменения указанных характеристик на протяжении последнего 70-летнего периода.

С ледовитостью Арктики тесно связан циклогенез в Европейском и Атлантическом секторах и, как следствие, ПАВ. Связь продолжительности арктических вторжений в Европейском секторе с повторяемостью и траекториями циклонов в различных зонах континентальной части Европы нами исследовалась с использованием данных, приведенных в работах [8, 9]. В указанных работах рассмотрены траектории циклонов различной мощности и продолжительности жизни, которые пересекали меридианы 5°, 20° и 50° в.д. в широтном поясе от 67° с.ш. до 52° с.ш. Отдельно рассматривались три сектора: 5–20° в.д., 20–35° в.д. и 35–50° в.д.

На территории Беларуси, которая располагается в южной части рассматриваемой зоны (56–52° с.ш.), среднегодовая повторяемость циклонов и глубоких циклонов падает, что согласуется с характером изменения ПАВ за рассматриваемый период. Граница раздела разных знаков тренда в повторяемости циклонов проходит несколько севернее территории Беларуси. Причем различие в повторяемости циклонов и повторяемости мощных циклонов несколько уменьшалось, начиная с 1948 г. от 8–9 до 5 случаев к началу текущего столетия. Для зимних циклонов и глубоких циклонов такой особенности не отмечается: разность повторяемости циклонов и глубоких циклонов сохранялась постоянной и составляла в среднем всего один случай, хотя в отдельные годы число глубоких циклонов было на 2–3 случая меньше, чем обычных циклонов. Связь температуры с повторяемостью глубоких циклонов в Прибалтике отрицательная ($R = -0,32$) и статистически значимая ($P_{\text{случ}} < 5\%$).

Таким образом, чем интенсивнее увеличивается число циклонов и глубоких циклонов на широтах севернее территории Беларуси и чем интенсивнее уменьшается их повторяемость в широтной зоне Беларуси, тем сильнее уменьшается продолжительность арктических вторжений в Европейском секторе. Главным регулятором этих процессов является Атлантический сектор, где происходит генерация циклонов (циклогенез). Именно Атлантический сектор является модулятором климата Европы, поскольку здесь формируются циклоны, которые затем по северным или южным территориям выходят на Европу, формируя ее морской климат. Во время потепления климата циклоны проходят по северным траекториям, определяя тем самым потепление Арктики, и, в конечном счете, приводят к уменьшению повторяемости и продолжительности арктических вторжений. Теплая северная Атлантика собственно и обеспечила снижение повторяемости и продолжительности арктических вторжений в последние несколько десятилетий (80-е годы прошлого столетия–первое десятилетие текущего столетия), что вполне объясняется пространственно-временными особенностями развития циклонической деятельности в Атлантическом и Европейском секторах.

Ослабление Северо-Атлантического колебания (САК) в 60-е годы прошлого столетия должно сопровождаться увеличением ПАВ, тогда как усиление САК в 80-е–начале 90-х годов прошлого столетия – уменьшением ПАВ, что в действительности и наблюдалось. В конце 90-х–первом десятилетии текущего столетия произошло сильное увеличение ПАВ в Атлантическом секторе. Оно пришлось на период ослабления САК.

Индекс САК в декабре–феврале падал в 60–70-е годы прошлого столетия; другой период более продолжительного уменьшения индекса САК начался в начале 90-х годов и продолжался до 2012 г., а в самые последние годы наметился рост индекса САК. В противофазе с вышеуказанными изменениями индекса САК проходило изменение продолжительности арктических вторжений в Атлантическом секторе. Подобные изменения индекса САК происходили и в другие периоды года (март–май, июнь–август). Исключение составляет осенний период (сентябрь–ноябрь), когда рост индекса САК начался на десятилетие раньше, чем в выше названные сезоны.

Таким образом, обратная связь изменений индекса САК и продолжительности арктических вторжений очевидна и физически объяснима. Отрицательная связь изменений индекса САК и ПАВ в Сибирском, Дальневосточном, Тихоокеанском и Американском секторах также прослеживается, хотя она и не столь тесная, как в Атлантическом секторе. Это свидетельствует о глобальном проявлении САК в изменении ПАВ. Отрицательная связь сопоставляемых характеристик является особенно тесной в полосе частот 40–60 лет. Квази 50-летняя составляющая в изменении ПАВ достаточно устойчива на протяжении всего анализируемого периода; ее амплитуда испытывает сравнительно небольшие изменения в различных секторах. Наибольшая амплитуда характерна для континентальных секторов: Дальневосточного, Американского и Сибирского (23–29 дней), а в океанических секторах амплитуды этого долгопериодного колебания практически совпадают (около 21 дня), что может свидетельствовать о взаимосвязи изменений гидрометеорологических характеристик в этих двух крупных океанах, имеющих большую долготную протяженность и связывающих южную и северную полярную шапку Земли.

Совершенно иная ситуация складывается в изменении ПАВ в Европейском секторе. Во-первых, в изменении ПАВ здесь прослеживается мощный отрицательный линейный тренд, незначительно уступающий по величине только тренду в Атлантическом и Тихоокеанском секторах. Во-вторых, длительность доминирующего долгопериодного цикла для всего доступного ряда составляет всего 40 лет, а в последней части ряда – 49 лет. При этом фаза этой волны различается на 180° от фазы подобных колебаний в других секторах Северного полушария. В полосе средних частот для всего доступного ряда и последней части ряда наиболее мощными соответственно являются 19- и 28-летние компоненты. Таким образом, структура изменений ПАВ в Европейском секторе существенно отличается от структуры изменений ПАВ в других секторах, и в настоящее время затруднительно дать сколько-нибудь аргументированное объяснение этому факту.

Наиболее детально связь многолетних колебаний в климатической системе с элементарными циркуляционными механизмами исследовалась в работах Н. К. Кононовой [6–8]. Интенсивность циклонической деятельности в средних и высоких широтах, равным образом как и интенсивность алеутской депрессии, поддерживается активным межширотным обменом. Об этом свидетельствуют значимые коэффициенты корреляции Арктического колебания, Северо-Атлантического и Тихоокеанского колебания с северными меридиональными ЭЦМ и ЭЦМ нарушения зональности. При всех ЭЦМ, с которыми коррелирует Арктическое колебание, над континентами располагаются мощные зимние антициклоны, а над океанами – глубокие циклоны.

В работах Н. К. Кононовой [2–4] отмечалось, что в 20-м столетии ось арктических вторжений над Евразией смещается к востоку. Одним из проявлений такого процесса явилось уменьшение к концу века продолжительности ЭЦМ с блокирующими процессами в Атлантическом секторе и рост продолжительности ЭЦМ с блокирующими процессами в Дальневосточном. ЭЦМ с блокирующими процессами в холодное время года в Тихоокеанском секторе не наблюдалось, но возросла продолжительность ЭЦМ с блокирующими процессами в Тихом и Атлантическом океанах. В этой же работе показано, что имеются значимые положительные коэффициенты корреляции Североатлантического колебания и ЭЦМ в середине зимы, когда блокирующие процессы развиваются над Восточной Сибирью и Америкой, а атлантические циклоны свободно проходят над Атлантическим и Европейским секторами.

Выводы. С использованием классификации атмосферных циркуляционных механизмов по Б. Л. Дзердзеевскому определены ПАВ в различных секторах Северного полушария. Исследование позволило установить пространственные связи и временную изменчивость ПАВ в разных секторах Северного полушария. В изменении ПАВ за период с 1899 по 2017 г. выявлены трендовые и циклические составляющие. Знак трендов ПАВ в различных секторах Северного полушария испытывает изменения как для всего доступного ряда, так и для его отдельных частей. Наибольший по величине положительный тренд характерен для Тихоокеанского и Атлантического секторов, а отрицательный – для Европейского и Американского секторов.

Трендовые составляющие в изменении ПАВ в Тихоокеанском и Европейском секторах выбирают более 40 % от общей изменчивости исходных значений ПАВ. В Американском секторе тренд ПАВ сохраняет отрицательный знак весь период наблюдений (1899–2017 гг.), а коэффициент детерминации составляет около 30 %.

Трехкомпонентная модель ПАВ, включающая линейный тренд, 20–30- и 50–60-летние составляющие изменений ПАВ, показывает, что максимальная доля этих составляющих в общей дисперсии ряда ПАВ (0,7) характерна для Тихоокеанского и Европейского секторов, в Сибирском и Атлантическом секторах она снижается до 0,4–0,5.

Установлена связь общей циркуляции атмосферы и климата в океанических и континентальных секторах Северного полушария с продолжительностью арктических вторжений. Особое внимание уделено оценкам связи крупномасштабных колебаний и центров действия атмосферы (Исландского и Алеутского минимумов, Азорского и Гонульського максимумов) с продолжительностью арктических вторжений, а также связям ПАВ с циклонической деятельностью. Чем интенсивнее растет число циклонов и глубоких циклонов на широтах севернее Беларуси и чем интенсивнее уменьшается их повторяемость в широтной зоне Беларуси, тем сильнее уменьшается продолжительность арктических вторжений в Европейском секторе. Главным регулятором этих процессов является Атлантический сектор, где происходит генерация циклонов.

Список использованных источников

1. Дзердзеевский, Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристики синоптических сезонов / Б. Л. Дзердзеевский, В. М. Курганская, З. М. Витвицкая // Тр. Науч.-исслед. учрежд. Гл. управления гидрометеоролог. службы при СМ СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21. – М.– Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 80 с.
2. Кононова, Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому / Н. К. Кононова. – М.: РАН, Институт географии, 2009. – 370 с.
3. Кононова, Н. К. Типы глобальной циркуляции атмосферы: результаты мониторинга и ретроспективной оценки за 1899–2017 гг. / Н. К. Кононова // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – Т. 3. – С. 108–123.
4. Кононова, Н. К. Флюктуации глобальной циркуляции атмосферы в XX–XXI вв. / Н. К. Кононова // IGU Regional Conference, Институт географии РАН, РФ, Москва, 2015. – М., 2015. – 16 с.
5. Холопцев, А. В. Продолжительные арктические вторжения и Эль-Ниньо–Южное колебание / А. В. Холопцев, В. А. Семенов, Н. К. Кононова // Изв. РАН. Сер. Географ. – 2018. – № 4. – С. 22–32.
6. Folland, C. Global climate monitoring and assessing climate change / C. Folland, D. Parker // Processing World climate change conference, Moscow, Sep. 29–Oct. 2 2003. – P. 68–80.
7. Whitney, L. D. The Relationship between sea surface temperatures and maximum intensities of tropical cyclones in eastern North Pacific Ocean / L. D. Whitney, J. S. Hobgood // J. Climate. – 1997. – Vol. 10. – P. 2921–2930.
8. Sepp, M. Influence of atmospheric circulation on Environment variables in Estonia / M. Sepp. – Tartu, 2005. – 155 p.
9. Sepp, M. Long-term changes in the frequency of cyclones and their trajectories in Central and Northern Europe / M. Sepp, P. Post, J. Jaagus. // Nordic Hydrology. – 2005. – № 1. – P. 1–14.

Поступила 05.11.2019

В. В. Божкова¹, А. М. Людчик¹, Е. А. Мельник²*¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,
Минск, Беларусь, e-mail: hamster3991@mail.ru, liudchikam@tut.by**²Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения
и мониторингу окружающей среды, Минск, Беларусь,
e-mail: kbb@rad.org.by*

ФЛУКТУАЦИИ ПОЛЯ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В БЕЛАРУСИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ И АНТРОПОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУХА

Аннотация. Приведены результаты сравнения концентраций приземного озона, измеренных во всех областных городах Беларуси в разные годы, с рассчитанными в рамках концепции об однородности поля приземного озона над территорией Беларуси. Используются определенные на основании экспериментальных данных климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере и зависимость озона от метеоусловий и антропогенных загрязнений. Результаты сравнения показывают вполне удовлетворительное согласие. Обсуждаются случаи несоответствия расчета эксперименту, недостатки методики и способы их устранения. Одной из важных нерешенных проблем является отсутствие международной сертификации используемой измерительной аппаратуры и соответственно полученных результатов измерений, что, безусловно, отражается на качестве результатов расчета, базирующегося на массиве данных измерений. Это не препятствует совершенствованию и отладке методики обработки и анализа данных наблюдений. Оба направления деятельности – совершенствование сети наблюдений и методики анализа полученных данных – рационально развивать параллельно, чтобы по мере развития сети, повышения качества измерений и расширения списка контролируемых загрязнений приходилось только пополнять базу используемых исходных данных и пользоваться готовыми методиками обработки.

Ключевые слова: приземный озон, антропогенное загрязнение воздуха, климатическая норма, уравнение регрессии

V. V. Bozhkova¹, A. M. Lyudchik¹, E. A. Melnik²*¹National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University,
Minsk, Belarus, e-mail: hamster3991@mail.ru, liudchikam@tut.by**²Republican Center for Hydrometeorology, Radiation Control and Environmental Monitoring,
Minsk, Belarus, e-mail: kbb@rad.org.by*

FLUCTUATIONS OF THE SURFACE OZONE FIELD IN BELARUS RESULTED FROM METEOROLOGICAL CONDITIONS AND ANTHROPOGENIC AIR POLLUTION

Abstract. The results of comparison between the concentrations of surface ozone, measured in all regional cities of Belarus in different years, and those calculated within the concept of surface ozone field homogeneity over the territory of Belarus, are presented. Based on the experimental data, the climatic normal of surface ozone in clear atmosphere and the dependence of ozone on meteorological conditions and anthropogenic pollution were used. The results of the comparison are in a good agreement. The cases of inconsistency between the computation and experimental results as well as the weak points of the technique and some ways of their correction are discussed. Among the important unsolved problems there is the absence of international certification for the measuring equipment involved in the process of data collection and, therefore, for the obtained results, which, undoubtedly, affects the quality of the calculation procedure, based on the scope of measurement data. Yet, this does not hamper improving and adjusting the technique for observation data processing and analysis. Both directions – enhancing the network of observations and advancing methods for data analysis – ought to be developed concurrently so that with enhancing the network, improving the quality of measurements and extending the list of monitored pollutants one would only have to enlarge initial database and use elaborated processing techniques.

Keywords: surface ozone, anthropogenic air pollution, climatic normal, regression equation

В. У. Бажкова¹, А. М. Людчык¹, Е. А. Мельнік²*¹Нацыянальны навукова-даследчы цэнтр маніторынгу азонасферы БДУ,
Мінск, Беларусь, e-mail: hamster3991@mail.ru, nomrec@bsu.by, liudchikam@tut.by**²Рэспубліканскі цэнтр па гідраметэаралогіі, кантролю радыёактыўнага забруджвання
і маніторынгу навакольнага асяроддзя,
Мінск, Беларусь, e-mail: kbb@rad.org.by*

ФЛУКТУАЦЫІ ПОЛЯ ПРЫЗЕМНАГА АЗОНУ Ў БЕЛАРУСІ, АБУМОЎЛЕНАЯ МЕТЭАРАЛАГІЧНЫМІ ЎМОВАМІ І АНТРАПАГЕННЫМ ЗАБРУДЖВАННЕМ ПАВЕТРА

Анатацыя. Прыведзеныя вынікі параўнання канцэнтрацый прыземнага азону, вымераных ва ўсіх абласных гарадах Беларусі ў розныя гады, з канцэнтрацыямі, разлічанымі ў рамках канцэпцыі аб аднастайнасці поля прыземнага азону над тэрыторыяй Беларусі. Выкарыстоўваюцца вызначаныя на падставе эксперыментальных дадзеных кліматычная норма прыземнага азону ў чыстай атмасферы і залежнасць азону ад метэаўмоў і антрапагенных забруджванняў. Вынікі параўнання досыць станоўчыя. Абмяркоўваюцца выпадкі неадпаведнасці разліку эксперыменту, недахопы мето-

дыкі ды шляхі яе карэкцыі. Адною з важных нявырашаных праблемаў з'яўляецца адсутнасць міжнароднай сертыфікацыі вымяральной апаратуры і, адпаведна, атрыманых вымярэнняў, што, безумоўна, адбіваецца на якасці разліку, які базуецца на масіве дадзеных вымярэнняў. Разам з тым, гэта не перашкаджае ўдасканаленню метадыкі апрацоўкі і аналізу дадзеных назіранняў. Абодва накірункі – удасканаленне сеткі назіранняў і метадыкі аналізу атрыманых дадзеных – мэтазгодна развіваць паралельна, каб з развіццём сеткі, павышэннем якасці вымярэнняў, ды пашырэннем спісу забруджвальнікаў, якія кантралююцца, даследчыкам заставалася б толькі папаўняць базу выкарыстаных зыходных дадзеных і карыстацца распрацаванымі метадыкамі.

Ключавыя словы: прыземны азон, антрапагеннае забруджванне паветра, кліматычная норма, формула рэгрэсіі

Введение. С использованием наблюдений на протяжении ряда лет в областных городах Беларуси за концентрациями приземного озона, некоторых его антропогенных прекурсоров и метеорологическими условиями в работе [1] получена климатическая норма приземного озона в «чистой» (свободной от антропогенных загрязнителей) атмосфере при «нормальной» погоде. Задача решалась посредством определения коэффициентов уравнения регрессии, связывающего отклонение концентрации приземного озона от ее климатической нормы с отклонениями некоторых метеорологических параметров от их климатических норм и концентрациями антропогенных загрязнений, регистрируемых на пунктах мониторинга атмосферного воздуха.

Оригинальность методики заключалась в том, что она базировалась на измерениях концентрации озона в областных городах, определенно подверженных влияющему на озон антропогенному загрязнению. Эти данные корректировались на случай «чистой» атмосферы и среднего климата страны с помощью уравнения регрессии. «Исправленные» данные служили основой для определения климатической нормы приземного озона в «чистой» атмосфере Беларуси. Поскольку фигурирующая в расчетах коэффициентов регрессии такая климатическая норма заранее не была известна, задача решалась методом итераций.

Использовать «прямую» методику определения нормы приземного озона в «чистой» атмосфере, основывающуюся на анализе измерений его концентрации в сельских районах, в меньшей степени подверженных антропогенному загрязнению, в настоящее время не представляется возможным вследствие отсутствия в Беларуси соответствующих пунктов наблюдений. Исключением является Березинский биосферный заповедник, однако ряды качественных данных о приземном озоне в нем слишком коротки и прерывисты.

Полученные в работе [1] результаты являются дальнейшим развитием предложенной концепции [2–4] однородности поля приземного озона над территорией страны, которое подвержено местным флуктуациям из-за различий в метеорологических условиях и степени антропогенного загрязнения воздуха. Понятие климатической нормы озона в «чистой» атмосфере полностью соответствует концепции. Именно по отношению к названной норме следует оценивать наблюдаемые флуктуации концентрации приземного озона в зависимости от места наблюдений (местных метеорологических условий и концентраций прекурсоров).

Поскольку упомянутое выше уравнение регрессии базируется на заранее заданной климатической норме приземного озона, обе зависимости следует рассматривать неразрывно друг от друга. Собственно, это и было продемонстрировано в работе [1], где для получения результата использовалась итерационная процедура.

Представлены результаты сравнения концентраций озона, измеренных во всех областных центрах Беларуси в разное время и в разные годы, с концентрациями, рассчитанными по уравнению регрессии с учетом метеорологических параметров и концентраций антропогенных загрязнений. Приведенные ранее [3] подобные сравнения отличаются тем, что тогда использовалась «минская» климатическая норма озона [5, 6] и связанное с ней уравнение регрессии, а некоторые климатические нормы метеопараметров для областных городов были неизвестны. Обсуждаются возможные причины неполного соответствия расчетов и измерений и предполагаемые варианты их устранения. Сведения о «чистой» норме приземного озона на территории Беларуси приведены в работе [1]. Климатические нормы используемых метеорологических параметров для г. Минска, коэффициенты уравнения регрессии и список всех объясняющих переменных могут быть предоставлены по запросу.

Сравнение измерений с расчетом по уравнению регрессии. На рис. 1–9 показаны результаты измерений концентрации приземного озона на пунктах мониторинга атмосферного воздуха во всех областных городах Беларуси в разные годы и в разные сезоны. Приведены также данные расчетов по уравнению регрессии, основывающиеся на определенной в [1] климатической норме приземного озона в «чистой» атмосфере. Выбрать одинаковые годы и одинаковые периоды для всех городов не удалось ввиду наличия пропусков в измерениях. Тем не менее для Бреста, Гомеля, Гродно и Могилева данные 2017 г. относятся к одним и тем же периодам времени.

Заметно, что в одно и то же время концентрации приземного озона в разных городах различаются, и эти различия достаточно четко отражаются и в расчетных данных. Существенно, что расчеты хорошо передают суточный ход концентрации озона. Насколько авторам известно, ранее уравнение регрессии применялось в основном для описания максимальных дневных концентраций озона [7–9]. Только в работе [10] регрессия используется для обработки данных ежедневных измерений, однако отсутствует графическое подтверждение эффективности методики. В рамках нашего подхода возможность детального описания изменения концентрации озона со временем появилась в связи с переносом основной «ответственности» за сезонный и суточный ход приземного озона на его климатическую норму, являющуюся составной частью уравнения регрессии [1]. Именно это позволило предположить независимость от времени коэффициентов регрессии. Насколько эффективным является такой подход, покажут дальнейшие исследования.

Брест, 2017 г., пункт 01 (рис.1). В марте и апреле расчеты относительно хорошо воспроизводят максимальные дневные значения, однако заметно «не дотягивают» в ряде случаев до самых глубоких ночных минимумов. Самое большое такое расхождение 29 и 30 апреля, а также

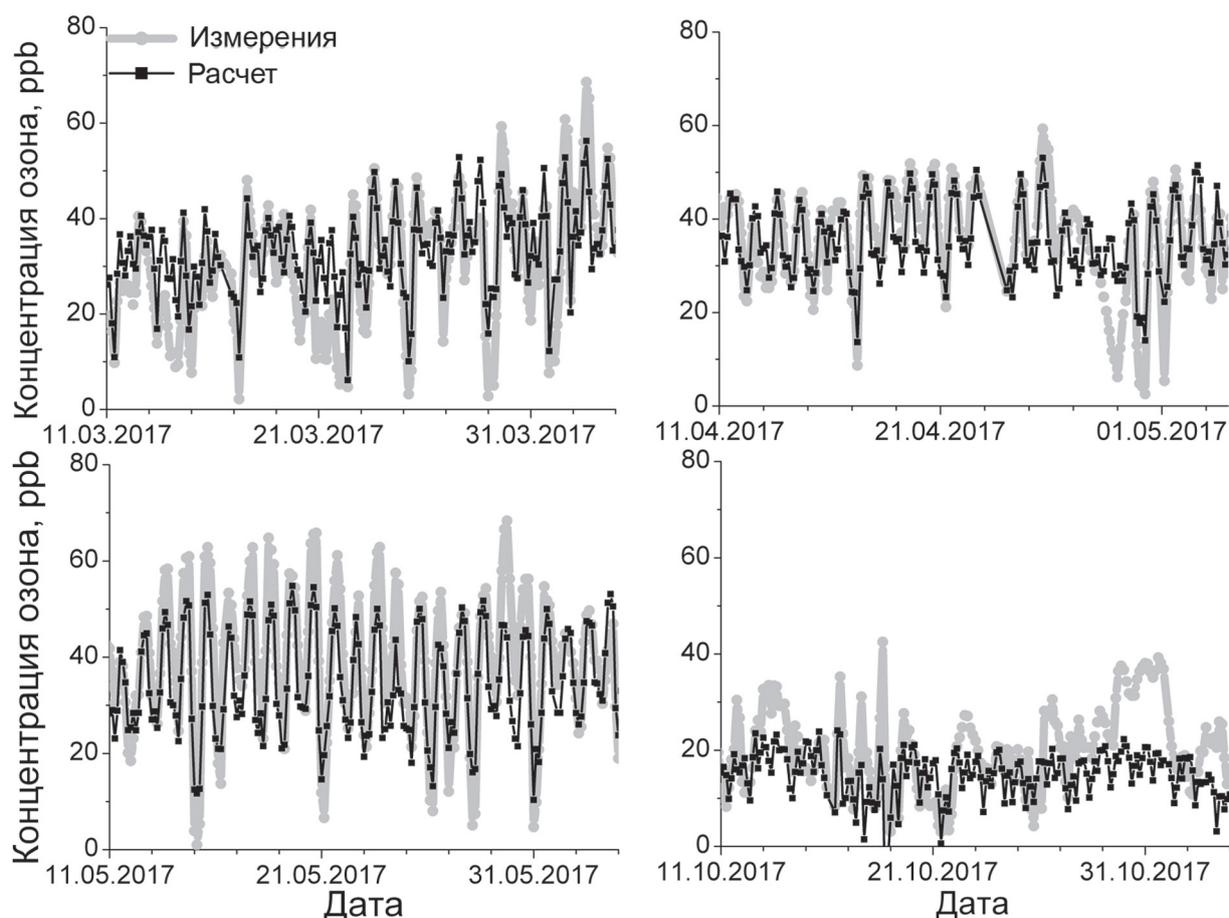


Рис. 1. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Брест, пункт 01, 2017 г.

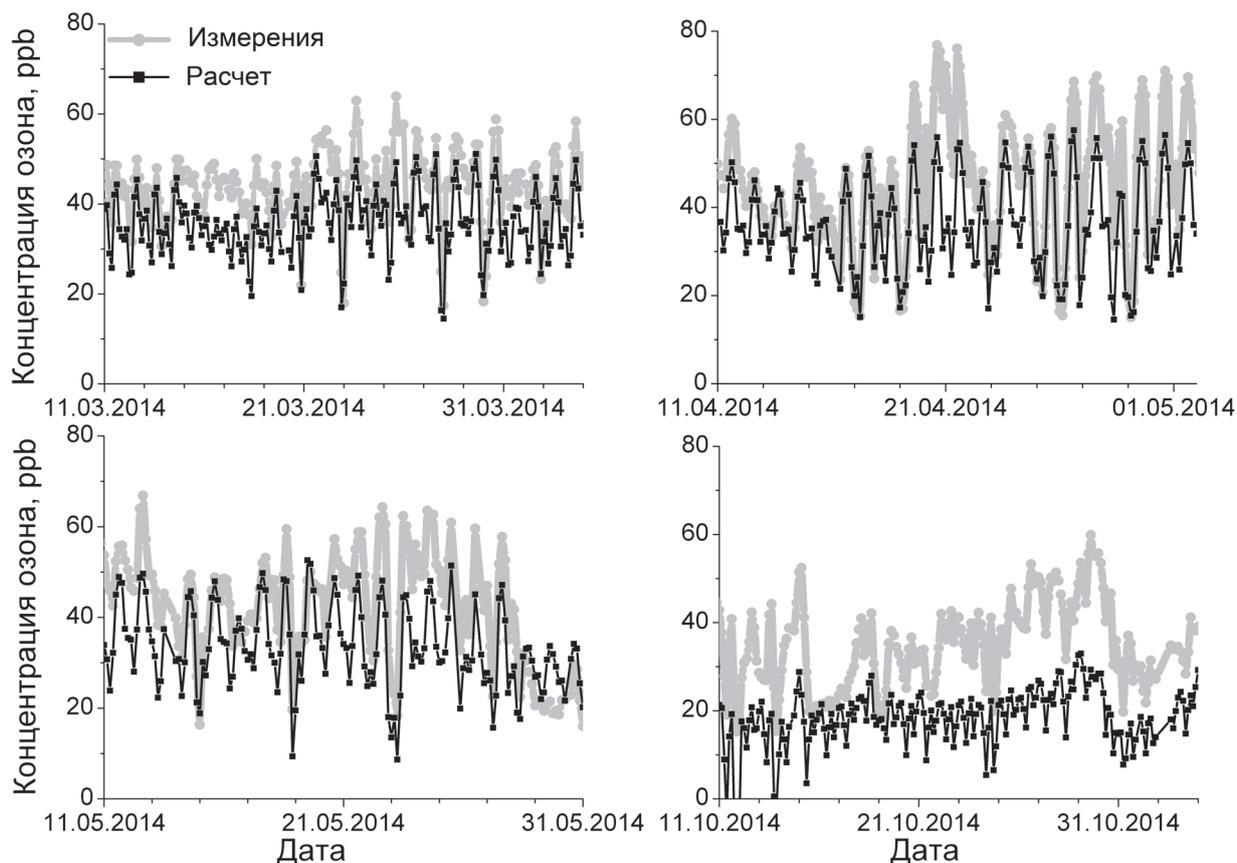


Рис. 2. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Витебск, пункт 03, 2014 г.

1 мая, возможно, обусловлено дождливой погодой или сильным туманом [11]. В мае ситуация начинает меняться, а в октябре измеренные максимальные значения заметно выше.

Витебск, 2014 г., пункт 03 (рис. 2). Во все месяцы (март, апрель, май, октябрь) видно заметное превышение измеренных концентраций озона над рассчитанными. При этом расчет хорошо (за исключением октября) передает минимальные ночные значения концентрации. Превышение измеренных концентраций над расчетными в Витебске уже отмечалось ранее [3] и эта проблема остается нерешенной по настоящее время.

Гомель, 2017 г., пункт 14 (рис. 3). В марте, апреле и мае расчеты хорошо воспроизводят максимальные измеренные значения и плохо минимальные. В частности, в апреле наибольшие расхождения в ночной период наблюдались 27 и 28 числа во время сильных дождей [11]. Однако в первые числа мая осадков не было, а измеренные концентрации озона оказались значительно ниже рассчитанных. Осенью, в октябре расчеты показывают заметно более низкие максимальные дневные и чересчур низкие минимальные ночные значения, иногда даже отрицательные. Отрицательные значения расчетных концентраций озона возникают из-за приближенного характера уравнения регрессии – в первую очередь его линейности по отношению к используемым объясняющим переменным. В то же время зависимость озона от влияющих на него факторов существенно нелинейна [1, 12, 13], и явный учет этого обстоятельства в значительной степени может повысить адекватность уравнения регрессии, в том числе и исключить нефизические отрицательные расчетные значения.

Гродно, 2017 г., пункт 07 (рис. 4). В марте и апреле получается вполне удовлетворительное соответствие рассчитанных и измеренных концентраций озона. Более низкие измеренные ночные значения концентрации озона 13 и 21 апреля, вероятнее всего, обусловлены дождливой погодой [11], хотя в конце месяца также были дожди, однако результаты измерений оказались

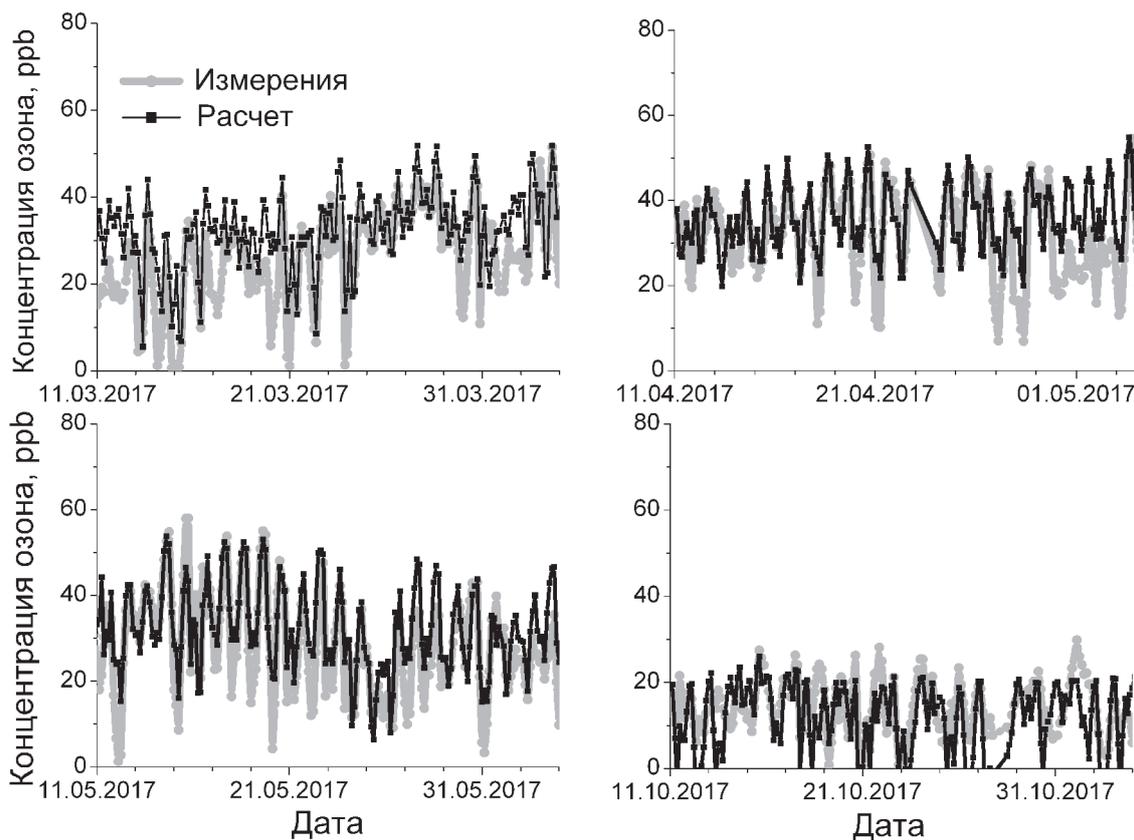


Рис. 3. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Гомель, пункт 14, 2017 г.

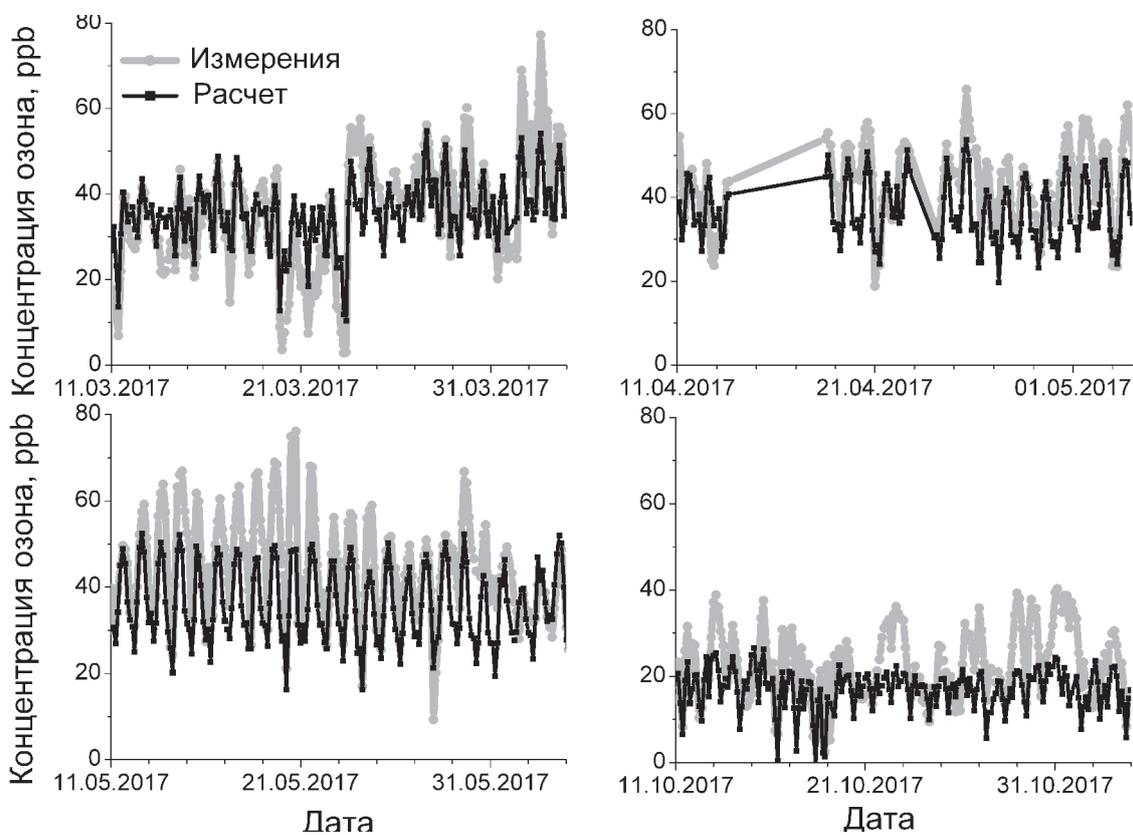


Рис. 4. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Гродно, пункт 07, 2017 г.

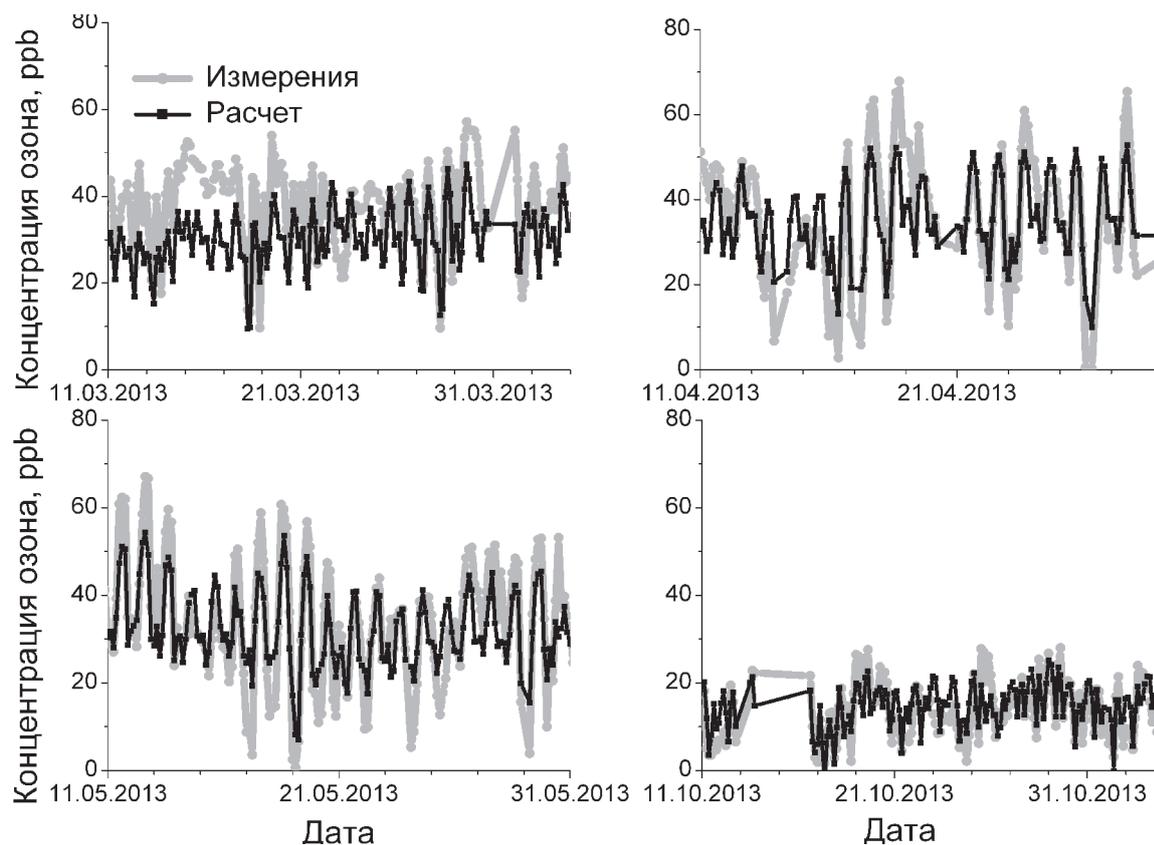


Рис. 5. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Минск, пункт 01, 2013 г.

чуть выше расчетных. В мае расчет очень плохо воспроизводит дневные максимумы. А в октябре несоответствие проявляется еще заметнее.

Минск, 2013 г., пункт 01 (рис. 5). В марте результаты расчетов заметно занижены для максимальных дневных концентраций. В апреле, мае и октябре – уравнение регрессии не способно полностью воспроизвести амплитуду суточного хода измеренных концентраций озона.

Минск, 2014, 2015, 2017 гг., пункт 04 (рис. 6). Во второй декаде января 2014 г. рассчитанные значения концентрации озона оказываются выше измеренных, а в третьей – ниже. В апреле и начале мая 2017 г. хорошо воспроизводятся дневные максимумы, хуже – минимумы. И это объясняется чрезвычайно дождливой погодой: почти каждый день в рассматриваемый период были дожди [11]. В августе и октябре 2014 г. расчет плохо передает дневные максимумы озона, ночные минимумы воспроизводятся заметно лучше.

Минск, 2014 г., пункт 11 (рис. 7). В марте расчет дает несколько пониженные максимальные дневные значения, в апреле и мае соответствие расчета эксперименту хорошее (за исключением нескольких дней), в октябре опять заметно снижение рассчитанных дневных максимумов по сравнению с измерениями.

Минск, 2012, 2014 гг., пункт 13 (рис. 8). В феврале 2012 г. расчеты показывают завышенные значения концентрации озона по сравнению с измеренными. В мае и августе 2014 г. ситуация меняется в разные дни: есть превышение расчета по сравнению с измерениями и понижение. В октябре 2012 г., как и в большинстве других городов в разные годы, расчет показывает в основном более низкие концентрации озона по сравнению с измеренными, иногда ночным минимумам соответствуют отрицательные значения.

Могилев, 2014, 2017 гг., пункт 04 (рис. 9). В январе 2014 г. повторяется ситуация, когда результаты измерений по-разному воспроизводятся в расчетах: в первой декаде месяца заметно превышение расчета над экспериментом, во второй – отставание. В апреле и мае 2017 г. имеется вполне хорошее соответствие рассчитанных и измеренных максимальных дневных концен-

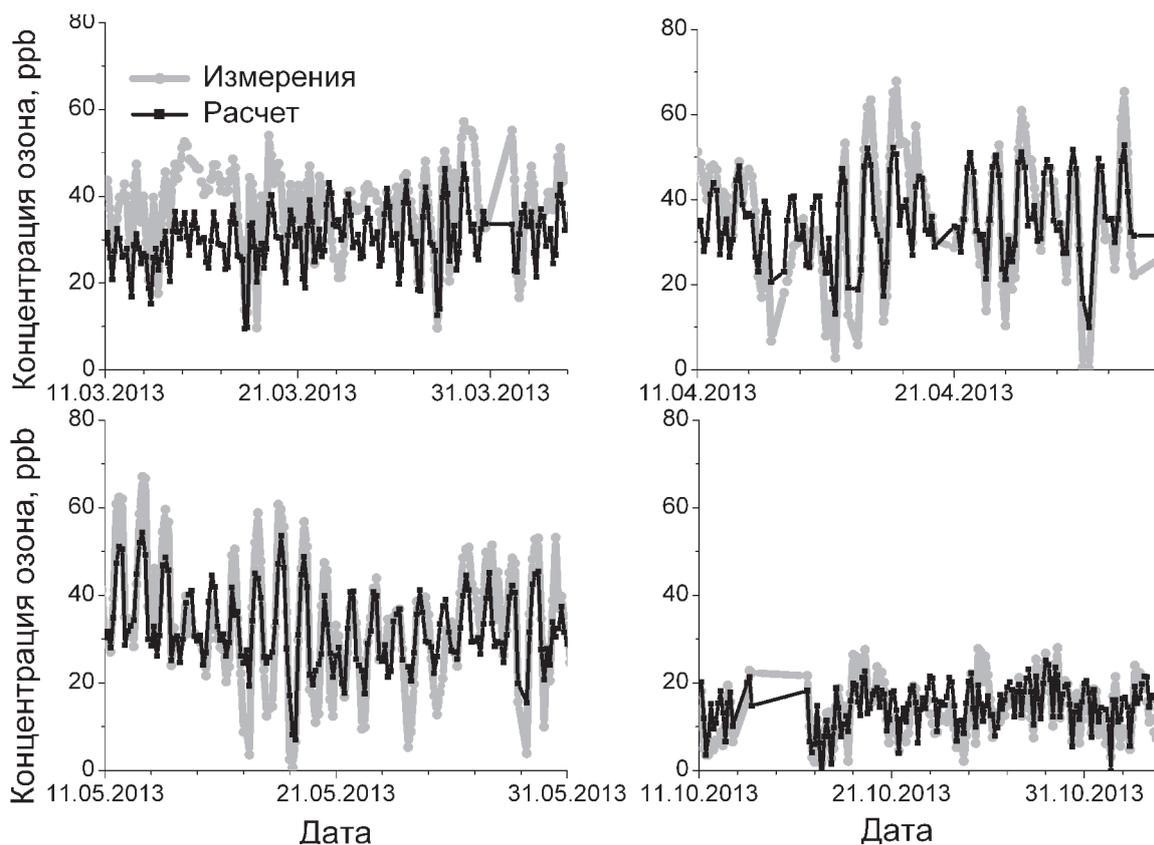


Рис. 6. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Минск, пункт 04, 2014, 2015, 2017 гг.

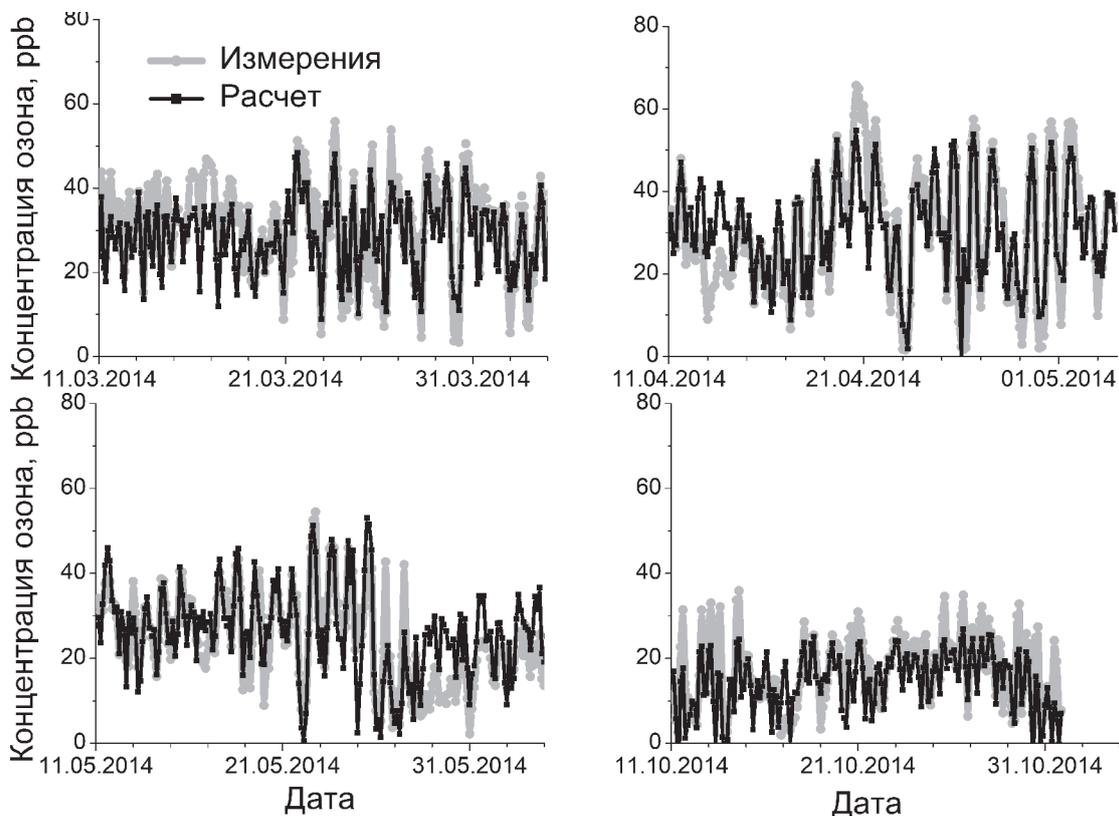


Рис. 7. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Минск, пункт 11, 2014 г.

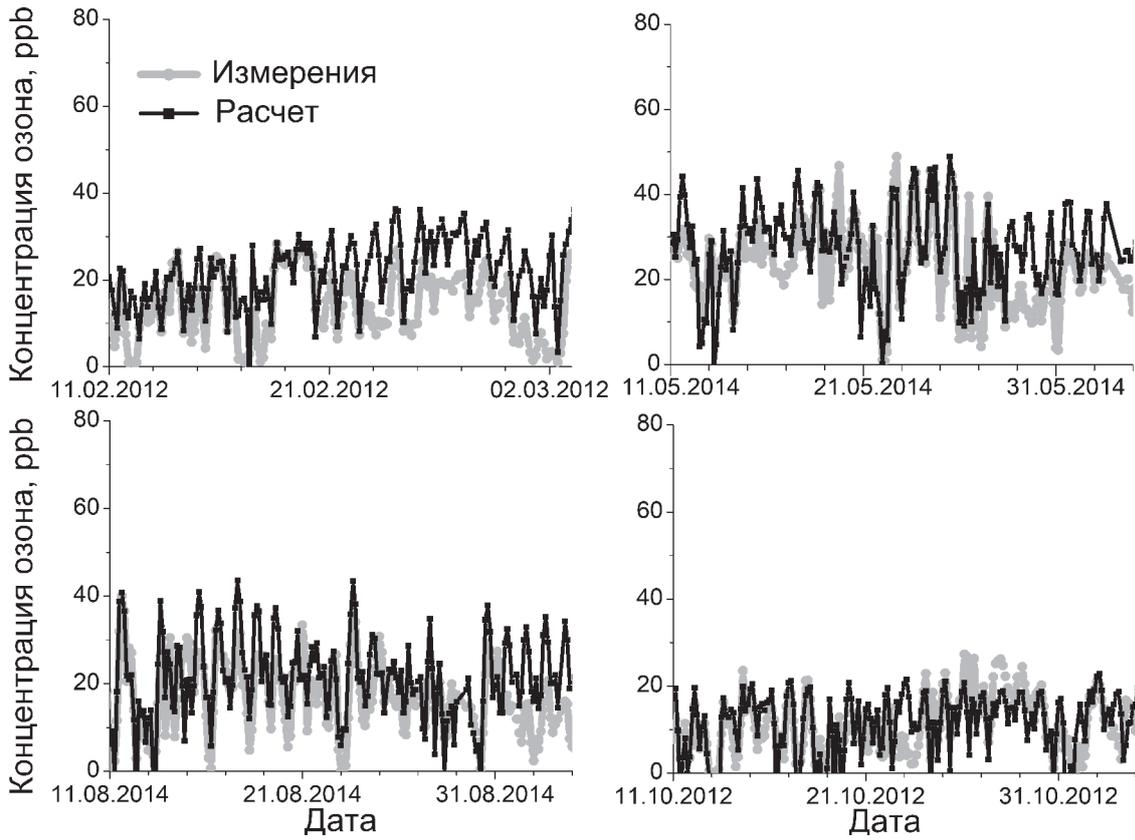


Рис. 8. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Минск, пункт 13, 2012, 2014 гг.

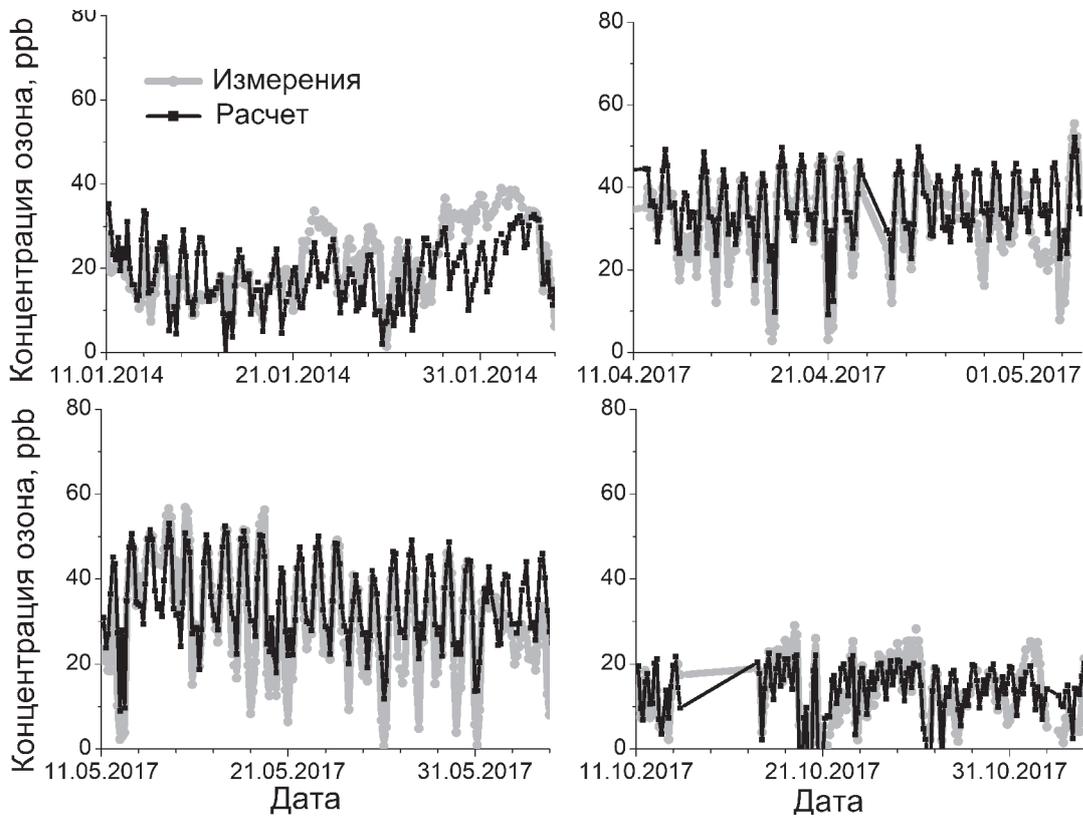


Рис. 9. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными. г. Могилев, пункт 04, 2014, 2017 гг.

траций и слабое минимальных ночных. В основном наибольшие расхождения между измеренными (более низкими) и расчетными ночными минимумами происходит в дождливую погоду [11]. В октябре опять появляются отрицательные расчетные данные и низкие по сравнению с измерениями максимальные дневные.

Приведенные сравнения расчетов с реальными измерениями позволяют сделать следующие выводы для поиска путей совершенствования используемой методики. В нескольких случаях разница между измеренными и рассчитанными значениями за две последовательные декады месяца меняет знак. В основном это касается весенних месяцев. Возможно, весной не хватает динамики изменения климатической нормы озона, относительно которой рассчитываются флуктуации. Для этого следует исследовать эффект от увеличения числа гармоник в разложении климатической нормы озона. Возможно, это позволит улучшить соответствие и в осенний период.

Уравнение регрессии неспособно в большинстве случаев воспроизвести амплитуду суточного хода измеренных концентраций. Скорее всего, причина заключается в сильной нелинейности зависимости озона от влияющих на него факторов.

Возможные причины несоответствия расчетов и измерений. Сравнение результатов расчетов концентрации приземного озона с данными наблюдений в областных центрах Беларуси показывает удовлетворительное соответствие. Об этом также свидетельствует величина доли объясненной уравнением регрессии дисперсии по отношению к дисперсии экспериментальных результатов, составляющая немногим более 60 %. Тем не менее, несмотря на случаи, когда имеется вполне хорошее согласие между экспериментальными и расчетными данными, довольно часто выявляются существенные расхождения, особенно заметные в октябре. Правда, в октябре концентрации озона в городах Беларуси обычно очень низки, не представляют никакой опасности, и по этой причине на плохое соответствие расчетов эксперименту можно было бы не обращать внимания. Однако желательно построить универсальную схему, пригодную для всех случаев.

Причины отличия расчетов от наблюдаемых данных требуют тщательного анализа в каждом конкретном случае с учетом качества измерений концентраций озона и его прекурсоров и детального анализа метеорологических условий во время измерений. В частности, специально не выделялись случаи осадков в виде дождя или снега, а также наличия тумана. В то же время известно, что в таких условиях концентрация приземного озона резко снижается [14]. Частично это происходит вследствие уменьшения интенсивности фотохимически активного солнечного излучения, что учитывается в уравнении регрессии введением соответствующей объясняющей переменной, частично за счет вымывания растворимых прекурсоров озона. Данные о метеорологических условиях, использованные для расчетов коэффициентов регрессии, не содержали информации о наличии осадков, влияющих на качество результатов, и это, безусловно, серьезный недостаток методики.

Возможным вариантом решения проблемы является исключение из набора данных для определения коэффициентов регрессии всех дождливых дней. В этом случае уравнение не сможет адекватно воспроизводить результаты наблюдений в дождливую погоду, однако лучше воспроизводить измерения при отсутствии осадков. Другой более сложный, но в то же время и более совершенный вариант заключается во включении в используемую базу данных сведений об осадках и введении дополнительной объясняющей переменной в уравнение регрессии, учитывающей эти сведения.

Существует также ряд других причин, приводящих к несоответствию расчетных и экспериментальных данных. Некоторые из них указаны в работе [3]. Более полный список источников ошибок в концентрации озона, рассчитанной по уравнению регрессии, с оценкой их роли приводится ниже.

1. Технические сбои в работе анализаторов могут существенно влиять на качество результатов. В настоящее время процедуры калибровки и поверки используемых приборов не удовлетворяют международным требованиям [15]. Измерительная техника не имеет международ-

ных сертификатов и результаты измерений не могут быть приняты мировыми центрами, накапливающими данные о загрязнении воздуха, в частности о концентрации приземного озона. Для полноценного развития и совершенствования системы мониторинга атмосферного воздуха в Беларуси и международного признания результатов наблюдений должны быть предприняты действия в этом направлении.

2. Полнота исходных данных. Поскольку отсутствуют данные о концентрациях всех малых составляющих атмосферы, влияющих на озон, использованная методика в части учета всего лишь нескольких антропогенных загрязнителей воздуха, способных взаимодействовать с озоном, несовершенна. Более того, в используемом уравнении регрессии измеряемые на пунктах мониторинга атмосферного воздуха летучие органические соединения учитываются в виде их суммарной концентрации, хотя давно известно, что они различаются по степени влияния на озон [16]. Поэтому следует учитывать концентрации отдельных веществ с весовыми множителями, пропорциональными эффективности влияния конкретного вещества на озон. Эта эффективность часто бывает неизвестной для конкретных веществ и, возможно, зависит от других параметров атмосферы (температуры, влажности и т. п.).

Допустим также и другой подход: рассматривать каждое соединение как отдельную объясняющую переменную. В этом случае вопрос о значениях весовых множителей снимается и появляется возможность оценить экспериментально эффективность воздействия на озон каждого конкретного вещества в зависимости от других параметров атмосферы.

Возможным источником ошибок является также отсутствие в списке [1] основных объясняющих переменных уравнения регрессии твердых частиц и диоксида серы, входящих в состав измеряемых параметров в атмосферном воздухе. Это задача дальнейших исследований. Проблема заключается в том, что мониторинг названных веществ начался позже и содержащие их ряды данных весьма коротки. Поэтому для учета влияния новых факторов, включенных в систему мониторинга, разрабатываются специальные алгоритмы, чтобы сохранить качество ранее полученных результатов, базирующихся на значительно более широкой базе данных наблюдений.

Помимо антропогенных прекурсоров, имеется ряд веществ естественного происхождения, участвующих в процессах генерации озона в приземном слое воздуха. К ним относятся в первую очередь терпены и изопрены, являющиеся продуктами жизнедеятельности хвойных и лиственных деревьев. Наиболее сильно действие названных веществ проявляется в сельской местности, однако имеются свидетельства их влияния на приземный озон и в городах [17].

3. Ограниченность диапазона изменений объясняющих переменных. Имеется в виду, что все анализируемые экспериментальные данные относятся к небольшой по площади территории страны и различия в значениях отдельных переменных (особенно это касается метеопараметров) невелики. Это приводит к появлению физически необусловленных корреляций между отдельными переменными. Следует также заметить, что корреляции между отдельными переменными существуют даже в одном месте наблюдений. Простейший пример – температура воздуха у поверхности земли и высота Солнца над горизонтом (фотохимическая активность солнечного излучения). Эти параметры почти всегда хорошо коррелируют друг с другом, хотя механизмы их влияния на озон существенно различаются. Названную проблему можно игнорировать до тех пор, пока не ставится вопрос о количественной оценке степени влияния конкретной переменной на концентрацию приземного озона.

4. В работе [4] показано, что используемое уравнение регрессии является аппроксимацией разложения в ряд Тэйлора зависимости приземного озона от влияющих на него факторов. Список объясняющих переменных уравнения регрессии, учитывающий только основные переменные и их взаимные произведения, возможно недостаточен для адекватного описания этой зависимости, несмотря на предпринятые действия по выбору «точки отсчета», около которой ведется разложение. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что добавленные объясняющие переменные в виде произведений трех и четырех основных переменных, интерпретирующие производные более высоких порядков разложения Тэйлора, имеют достаточно заметный коэффициент корреляции с озоном [1].

Сказанное следует интерпретировать как наличие существенной нелинейности в зависимости концентрации приземного озона от объясняющих переменных, что препятствует точному описанию этой зависимости разложением в ограниченный ряд Тэйлора. Более плодотворным может оказаться вариант с введением явных нелинейных зависимостей озона от переменных. В частности, известно [18], что в отсутствие в приземном воздухе летучих органических соединений быстро устанавливается фотохимическое равновесие между концентрациями озона и оксидов азота с учетом интенсивности фотохимически активного солнечного излучения: $[O_3] \cdot [NO] = J/k \cdot [NO_2]$. Здесь J определяет объемную плотность солнечного излучения, приводящего к фотодиссоциации диоксида азота, k – скорость реакции образовавшегося оксида NO с озоном, квадратные скобки обозначают концентрации соответствующих веществ. Предварительные эксперименты с включением объясняющей переменной в виде $[NO_2]/[NO]$ показывают ее достаточно высокий коэффициент корреляции с озоном. Иногда с целью более адекватного учета обсуждаемой нелинейности уравнение регрессии применяют не к концентрации озона, а к ее логарифму [11, 12]. Такой подход представляется весьма перспективным и должен быть исследован более детально.

5. Нелокальные эффекты: скорость ветра и вертикальный обмен. Способ обхода этой проблемы обсужден в работе [1] за счет ограничения данными наблюдений только в городах, где усиление ветра и вертикального обмена чаще всего приводит к увеличению концентрации озона. Однако количественные характеристики такого увеличения в рамках предложенной процедуры точно не могут быть определены, поскольку для этого требуется явный учет поля приземного озона и прекурсоров в горизонтальном и вертикальном направлениях в окрестности каждого пункта наблюдений.

6. При обосновании вида уравнения регрессии [1, 4] было выдвинуто предположение о независимости коэффициентов регрессии от времени со ссылкой на результаты пробных расчетов, подтверждающих предположение о независимости от сезона (но не от времени суток). Тем не менее, такая зависимость реально возможна и требует дополнительных исследований. Насколько она сильна, можно судить по изменению объясненной дисперсии при сокращении количества рассматриваемых сезонов и периодов времени суток. Заметное увеличение доли объясненной дисперсии при таких вычислительных экспериментах может служить обоснованным подтверждением существования такой зависимости.

Некоторые из перечисленных выше проблем не являются существенными, другие могут быть устранены по мере расширения списка измеряемых загрязняющих веществ, повышения качества измерений, накопления достаточно длинных рядов измерений озона и его прекурсоров в различных регионах страны, отличающихся климатическими условиями и своим набором основных антропогенных и естественных загрязнителей.

Заключение. Приведенные результаты не противоречат принятой концепции однородности поля приземного озона в пределах Беларуси, которое подвержено местным возмущениям за счет флуктуаций метеорологических параметров и специфики антропогенного загрязнения воздуха. Уравнение регрессии, описывающее зависимость отклонения наблюдаемой концентрации приземного озона от ее климатической нормы для «чистой» атмосферы, способно учесть большую часть флуктуаций концентрации озона относительно нормы во всех областных центрах Беларуси, хотя и не совершенно. Основными причинами являются качество измерений, сильная нелинейность зависимости озона от влияющих на него факторов и ограниченность списка этих факторов, фигурирующих в уравнении регрессии в качестве объясняющих переменных.

Список использованных источников

1. Климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере Беларуси / В. В. Божкова [и др.] // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 94–103.
2. Role of Ozone Deposition in the Occurrence of the Spring Maximum / A. Liudchik [et al.] // Atmosphere-Ocean. – 2015. – Vol. 53, no. 1. – P. 42–49. doi: 10.1080/07055900.2013.853284

3. Флуктуации поля концентрации приземного озона, обусловленные меняющимися метеоусловиями и степенью загрязнения воздуха / Л. М. Болотько [и др.] // Экологический вестник. – 2016. – № 3. – С. 45–52.
4. Статистическая оценка антропогенного воздействия на приземный озон / А. М. Людчик [и др.] // Природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 95–105.
5. Людчик, А. М. Многолетний тренд приземного озона / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин // Природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 97–105.
6. Людчик, А. М. Климатология приземного озона в г. Минске / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин // Природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 112–118.
7. Звягинцев, А. М. Изменчивость приземного озона в окрестностях Москвы: результаты десятилетних регулярных наблюдений / А. М. Звягинцев, И. Н. Кузнецова // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 486–495.
8. Daily Peak Ozone Forecast in Istanbul / Y. S. Unal [et al.] // Int. J. Remote Sensing. – 2010. – Vol. 31, no. 2. – P. 551–561.
9. Analysis of the Relationship between Changes in Meteorological Conditions and the Variation in Summer Ozone Levels over the Central Kanto Area / M. Khiem [et al.] // Advances in Meteorology. – 2010. – Vol. 2010. – 13 p. doi: 10.1155/2010/349248
10. Multiple Regression Analysis of Ground level Ozone and its Precursor Pollutants in Coastal Mega City of Mumbai, India / S. A. Marathe [et al.] // MOJ Eco. Environ. Sci. – 2017. – Vol. 2, no. 6. – P. 8. doi: 10.15406/mojes.2017.02.00041
11. Архив погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rp5.ru>. – Дата доступа: 28.05.2019.
12. A review of Statistical Methods for the Meteorological Adjustment of Tropospheric Ozone / M. L. Thompson [et al.] // Atmospheric Environment. – 2001. – Vol. 35. – P. 617–630.
13. Space and Time Scales in Ambient Ozone Data / S. T. Rao [et al.] // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1997. – Vol. 78, no. 10. – P. 2153–2166.
14. Hou, X. The Impacts of Summer Monsoons on the Ozone Budget of the Atmospheric Boundary Layer of the Asia-Pacific Region / X. Hou, B. Zhu, D. Fei, D. Wang // Science of the Total Environment. – 2015. – Vol. 502. – P. 641–649.
15. Transfer Standards for Calibration of Air Monitoring Analyzers for Ozone (Technical Assistance Document) EPA-600/4-79-056 (1979).
16. Kleinman, L. I. The Dependence of Tropospheric Ozone Production Rate on Ozone Precursors / L. I. Kleinman // Atmospheric Environment. – 2005. – Vol. 39. – P. 575–586.
17. Clapp, L. J. Analysis of the Relationship between Ambient Levels of O₃, NO₂ and NO as a Function of NO_x in the UK / L. J. Clapp, M. E. Jenkin // Atmospheric Environment. – 2001. – Vol. 35. – P. 6391–6405. [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00378-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00378-8)
18. Jenkin, M. E. Ozone and Other Secondary Photochemical Pollutants: Chemical Process Governinig their Formation in the Planetary Boundary Layer / M. E. Jenkin, K. C. Clemitshaw // Atmospheric Environment. – 2000. – Vol. 34. – P. 2499–2527.

Поступила 30.07.2019

**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ
И РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ****NATURE MANAGEMENT, ECOLOGICALLY SAFE AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES
ПРЫРОДАКАРЫСТАННЕ, ЭКОЛАГАБЯСПЕЧНЫЯ І РЭСУРСАЗБЕРАГАЛЬНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ**

УДК 338.05:338.2

Б. С. Войтешенко*Белорусский государственный экономический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: voiteshenko@bseu.by***К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

Аннотация. Рассмотрены современное состояние дел по сбору производственных и бытовых отходов, возможные варианты их переработки и дальнейшего использования, подняты проблемы воздействия отходов на окружающую среду и отмечены недостатки отдельных способов их переработки.

Ключевые слова: отходы, переработка отходов, вторичные материальные ресурсы, методы обезвреживания отходов, окружающая среда

B. S. Voiteshenko*Belarusian State Economic University,
Minsk, Belarus, e-mail: voiteshenko@bseu.by***TO THE ISSUE OF EFFICIENT USE OF SECONDARY MATERIAL**

Abstract. The article discusses the current status of industrial and household waste collection, possible options for their recycling and reuse. This article addresses the problems of the impact of waste on the environment as well as weaknesses of various waste processing methods.

Keywords: waste, waste treatment, secondary material resources, methods of waste disposal, environment

Б. С. Вайцяшэнка*Беларускі дзяржаўны эканамічны ўніверсітэт,
Мінск, Беларусь, e-mail: voiteshenko@bseu.by***ДА ПЫТАННЯ ВЫКАРЫСТАННЯ ДРУГАСНЫХ МАТЭРЫЯЛЬНЫХ РЭСУРСАЎ**

Анотацыя. Разглядаецца сучаснае становішча спраў да збору адходаў вытворчасці і бытовых адходаў, магчымыя варыянты іх перапрацоўкі і далейшага выкарыстання. Аўтар закранае праблемы ўздзеяння адходаў на навакольнае асяроддзе і адзначае недахопы асобных спосабаў іх перапрацоўкі.

Ключавыя словы: адходы, перапрацоўка адходаў, другасныя матэрыяльныя рэсурсы, метады абясшкоджвання адходаў, навакольнае асяроддзе

Введение. Самая простая и доступная формула устойчивого развития – сохранение природных ресурсов и среды обитания для будущих поколений землян. Наши потомки должны дышать чистым воздухом, питаться экологически чистыми продуктами и обеспечивать непрерывность продолжения человеческого рода на планете Земля. Уменьшить нагрузку на природу возможно путем рационального использования ее ресурсов. Общий объем материальных ресурсов складывается из природных материальных ресурсов и вторичного сырья, источником которого являются отходы. В настоящее время на каждого жителя планеты приходится в среднем более одной тонны мусора в год.

Текущее состояние объемов образования отходов и уровня их переработки. Объем отходов производства и их использование представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1, в наиболее благоприятном с точки зрения использования отходов производства 2013 г. [1] было переработано 49,8 % образовавшихся отходов. После 2013 г. наблюдается негативная тенденция – удельный вес использованных отходов производства уменьшился на 1/3 (до 33,1 %).

Таблица 1. Образование, использование и удаление отходов производства в организациях по областям и г. Минску (2012–2018 гг.)

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Образовалось отходов, тыс. т							
Республика Беларусь	40 847	40 305	52 529	49 865	49 448	55 506	60 723
Брестская	1053	1412	1449	1244	1579	1488	1974
Витебская	862	843	836	552	510	769	770
Гомельская	3120	2993	3702	3097	2867	3114	4639
Гродненская	1781	2196	1864	1786	2072	2349	2528
г. Минск	1617	2397	2072	1980	2858	3139	3185
Минская	29 665	27 355	38 210	36 601	36 565	40 714	43 316
Могилевская	2749	3109	4396	4605	2996	3933	4313
Использовано отходов, тыс. т							
Республика Беларусь	13 066	20 059	16 654	12 164	13 213	15 798	20 103
Брестская	902	1221	1244	1039	1450	1343	2211
Витебская	518	553	631	388	397	633	627
Гомельская	2244	7020	5032	2632	1730	1748	3162
Гродненская	1396	1404	1131	1008	1425	1816	1925
г. Минск	671	1162	996	1177	2068	2473	2760
Минская	4652	5871	5772	3362	4016	4304	5510
Могилевская	2683	2828	1848	2557	2128	3481	3912
В процентах от объема образовавшихся отходов							
Республика Беларусь	32,0	49,8	31,7	24,4	26,7	28,5	33,1
Брестская	85,7	86,5	85,9	83,5	91,8	90,3	112,0
Витебская	60,1	65,6	75,5	70,3	77,9	82,3	81,4
Гомельская	71,9	234,5	135,9	85,0	60,3	56,1	68,2
Гродненская	78,4	63,9	60,7	56,4	68,8	77,3	76,2
г. Минск	41,5	48,5	48,1	59,4	72,3	78,8	86,7
Минская	15,7	21,5	15,1	9,2	11,0	10,6	12,7
Могилевская	97,6	91,0	42,0	55,5	71,0	88,5	90,7
Удалено отходов, тыс. т							
Республика Беларусь	28 527	25 277	39 037	38 905	36 921	40 035	41 975
Брестская	165	209	248	241	223	196	130
Витебская	348	301	224	173	148	162	152
Гомельская	1305	648	1431	1306	1322	1435	2138
Гродненская	475	856	824	827	694	619	622
г. Минск	949	1240	1091	820	887	705	474
Минская	25 049	21 526	32 522	33 274	32 667	36 445	37 852
Могилевская	236	497	2698	2264	979	472	607

Положительную динамику по использованию отходов производства демонстрируют Брестская, Витебская области и г. Минск. В г. Минске удельный вес использованных отходов вырос от 45,6 % в 2011 г. до 86,7 % в 2018 г., в Витебской области – от 61,9 до 81,4 %, в Брестской – от 89,8 до 112 %. В Гомельской области в 2018 г. отмечается существенный рост по сравнению с 2017 г. В Гродненской, Минской и Могилевской областях удельный вес использованных отходов производства уменьшился. Лидером по использованию отходов является Брестская область, а аутсайдером – Минская (12,7 %).

В целом по Беларуси в 2018 г. уровень использования промышленных отходов составлял 33,1 %, а твердых коммунальных отходов (ТКО) – 20 % (с учетом сбора бытового лома металлов и органической фракции коммунальных отходов) [2–4]. Использование отходов в качестве вторичного сырья позволяет экономить первичное сырье и материалы: использование 1 т макулатуры экономит 3,5 м³ древесины; 1 т вторичного полимерного сырья – 0,7 т первичного; 1 т изношенных шин – 0,33 т каучука синтетического; 1 т вторичного текстильного сырья – 0,7 т натуральных или синтетических волокон.

В Беларуси образуется и вывозится транспортом специального назначения значительное, хотя и уменьшающееся количество твердых и жидких коммунальных отходов: в 2012 г. было

вывезено и захоронено 3355 тыс. т твердых и 1426 тыс. м³ жидких коммунальных отходов, в 2018 г. – 3081 тыс. т твердых и 1065 тыс. м³ жидких коммунальных отходов [1].

Вывоз и складирование твердых и жидких коммунальных отходов наносит ущерб окружающей среде, приводит к безвозвратным потерям вторичных материальных ресурсов, тогда как коммунальные отходы могут частично удовлетворить потребность в отдельных видах сырья. В 2018 г. сбор основных вторичных материальных ресурсов (отходы бумаги и картона, стекла, полимеров, текстиля, изношенных шин) составил 714,3 тыс. т (табл. 2), что на 9 % больше, чем в 2017 г.

Т а б л и ц а 2. Заготовка вторичных материальных ресурсов (ВМР) в 2017 и 2018 гг. в Беларуси, тыс. т

Область	2017 г.	2018 г.
Брестская	84,4	90,8
Витебская	73,4	75,0
Гомельская	101,3	111,3
Гродненская	64,5	81,8
г. Минск	174,8	77,4
Минская	73,0	88,2
Могилевская	82,6	189,55
Республика Беларусь	654,0	714,3

Источник. По данным ГУ «Оператор ВМР».

Функционирующая система сбора ВМР включает 420 организаций: ЖКХ (около 150), потребительской кооперации (более 100), ГО «Белресурсы», организаций безведомственной подчиненности, индивидуальных предпринимателей.

ВМР, их формирование и использование. Традиционно ведущее положение по сбору макулатуры, ветоши и стекла занимает заготовительная система потребительской кооперации. Это наиболее распространенные ВМР для населения с точки зрения закупочных цен. Данные по объемам заготовки ВМР в 2018 г. по видам и в разрезе областей представлены в табл. 3.

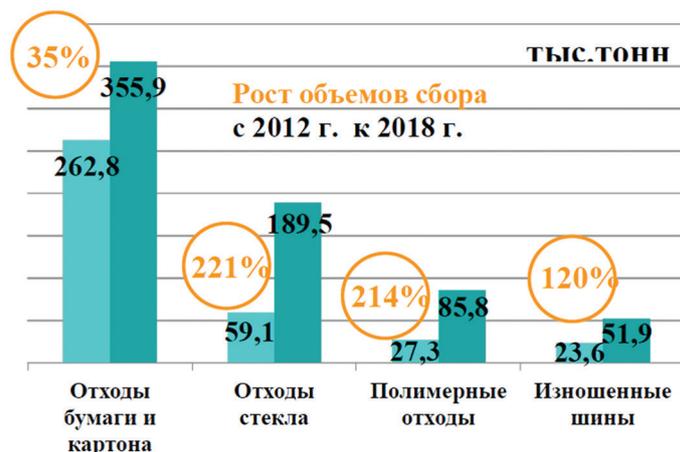
Т а б л и ц а 3. Заготовка различных видов ВМР в 2018 г., тыс. т

Область	ВМР					
	отходы бумаги и картона	отходы стекла	полимерные отходы	изношенные шины	отработанные масла	отходы ЭЭО
Брестская	42,1	25,2	13,0	7,0	2,45	1,03
Витебская	35,2	20,1	9,0	6,7	1,91	2,04
Гомельская	42,8	38,3	17,7	7,4	2,31	2,83
Гродненская	36,8	25,3	10,6	6,5	1,92	0,64
г. Минск	37,3	19,6	9,4	6,3	2,87	1,89
Минская	37,9	25,2	10,9	10,8	1,72	1,69
Могилевская	123,8	35,5	15,2	7,2	3,58	4,27
Республика Беларусь	355,9	189,5	85,8	51,9	16,76	14,39

Источник. По данным ГУ «Оператор ВМР».

Так, в 2018 г. по сравнению с 2012 г. объем заготовки увеличился по отходам стекла на 221 %, изношенным шинам – на 120 %, по полимерным отходам – на 214 %, отходам бумаги и картона – на 35 % (рисунок).

За время реализации Государственной программы сбора (заготовки) и переработки вторичного сырья (2008–2018 гг.) объем сбора основных видов ВМР увеличился в 3,5 раза (по данным ГУ «Оператор ВМР»). За время работы ГУ «Оператор ВМР» (создано 01.08.2012 Министерством ЖКХ Республики Беларусь для координации деятельности в сфере обращения с ВМР в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 11.07.2012 № 313 «О некоторых вопросах обращения с отходами потребления») общий объем сбора основных видов ВМР увеличился на 55 %.



Динамика сбора ВМР в Республике Беларусь (2012–2018 гг.)

Одной из мер, направленных на увеличение объема извлекаемых ВМР из коммунальных отходов, является создание станций сортировки отходов, что позволяет интегрироваться в действующую систему сбора, вывоза и обезвреживания отходов от населения, а также дает возможность механизировать процесс разделения отходов, устанавливать оборудование для предварительной подготовки ВМР к использованию (мойки, дробилки, прессы и т.д.), уплотнять отсортированные отходы, подлежащие захоронению.

В Республике Беларусь работает семь мусороперерабатывающих заводов: в Гомеле, Гродно, Могилеве, Бресте, Барановичах, Новополоцке и Минске суммарной мощностью 620 тыс. т в год. Минская область, включая столицу, является самым крупным «производителем» коммунальных отходов (приблизительно 25 % от всех ТКО Беларуси). Эффективность их работы пока остается довольно низкой. Это связано с отсутствием технологий по использованию отходов. Второй из основных проблем является наличие в их составе пищевых и иных органических отходов. Выделение пищевых и органических отходов позволит увеличить процент ВМР.

Мировой опыт показал, что организация отдельного сбора отходов позволяет снизить затраты на их сортировку и в определенной мере контролировать поступление загрязняющих веществ в окружающую среду. С 2011 г. в республике ведется сбор отработанных элементов питания. В 2013 г. организован сбор электронного и электрического оборудования (далее ОЭЭО). С 2015 г. реализуются мероприятия по централизованному сбору от физических лиц ОЭЭО, ламп газоразрядных ртутьсодержащих, элементов питания в местах розничной торговли в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 2 декабря 2014 года № 1124.

Объем образования ОЭЭО оценивается в 30 тыс. т в год. В настоящее время на территории республики функционирует 6 объектов по использованию ОЭЭО (производственные участки по переработке электронной техники, оборудования, содержащего драгоценные металлы). В 2018 г. было заготовлено 14,4 тыс. т ОЭЭО (48 % от объемов их образования). Рост по сравнению с 2017 г. составляет 232,1 %. Несмотря на значительный рост объемов сбора ОЭЭО существует необходимость дальнейшего расширения сбора этих отходов с целью сделать его более доступным для населения и исключить неорганизованную разборку ОЭЭО гражданами самостоятельно.

Объем образования отработанных элементов питания оценивается в 650–700 т в год. С ноября 2017 г. в республике работает один объект, занимающийся переработкой отходов элементов питания (ООО «БелВТИ») мощностью 100 т в год (при односменной работе). В 2018 г. было собрано (заготовлено) 193,9 т отходов элементов питания, что составляет 30 % от объема их образования, 839,3 тыс. штук отработанных ламп газоразрядных ртутьсодержащих (по данным ГУ «Оператор ВМР»).

Применяемые в Беларуси технологии не позволяют осуществить возврат многих отходов в сферу производства или безопасное захоронение. В связи с этим требуется применение различных методов обезвреживания отходов. Ежегодно в республике обезвреживается в среднем

200 тыс. т опасных и не опасных отходов производства. Наиболее применяемый метод – термическое обезвреживание отходов (свыше 65 % от общего объема). Физико-химическим способом обезвреживается 25 % отходов, остальными методами (химический и электрохимический способы, биологическая обработка) обезвреживается порядка 10 %.

Термическим методом обезвреживаются отходы химических производств и медицинские. Однако термическое обезвреживание отходов (сжигание) имеет ряд недостатков: 1) образуются опасные выбросы в атмосферу в форме диоксинов. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях включает сжигание отходов в список основных источников поступления диоксинов в окружающую среду. Поэтому строительство новых установок для сжигания отходов нецелесообразно; 2) на сжигание медицинских отходов приходится примерно 10 % от общего количества ртути, попадающей в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека; 3) при сжигании образуется зола, составляющая около 25 % от первоначального объема отходов, с очень высоким содержанием токсичных соединений и тяжелых металлов; 4) сжигание является относительно дорогой технологией для обезвреживания отходов. Капитальные затраты на сжигающее и газоочистное оборудование достаточно высоки, а потребность в обученном и опытным персонале увеличивает и эксплуатационные расходы.

Поскольку термическое обезвреживание является на сегодняшний день основным, возникает необходимость разработки и применения новых технологий, способных снизить степень негативных последствий.

С целью систематизации и повышения эффективности использования ВМР и уменьшения вредного воздействия отходов на окружающую среду Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 567 от 28 июля 2017 г. утверждена Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года.

Целью национальной стратегии является определение основных направлений минимизации вредного воздействия твердых коммунальных отходов (ТКО) на здоровье человека, окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов путем предотвращения образования отходов и максимально возможного извлечения компонентов, содержащихся в отходах (органика, металлолом, бумага и картон, стекло, полимеры, текстиль, изношенные шины и др.), вовлечение их в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья, внедрение современных технологий сбора, компостирования биологических отходов и энергетического использования в виде RDF-топлива, тепловой и электрической энергии. Эта стратегия обеспечивает достижение показателей эффективности обращения с отходами, установленных Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Показатели эффективности государственной политики в сфере обращения с отходами

Показатель	2015 г. (факт)	2020 г. (план)	2025 г. (план)	2030 г. (план)
Использование ТКО, процент от общего объема их образования	15,6	25	35	40

Источник. «Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года».

Как видно из табл. 4, в течение трех пятилеток удельный вес использования ТКО вырастет более чем в 2,5 раза. Это неплохой показатель. Методы использования ТКО можно условно разделить на следующие три группы: 1) переработка (рециклинг) – возврат отдельных компонентов ТКО в хозяйственный оборот путем их выделения и передачи в качестве сырья и материалов для производства продукции. Рециклинг важен не только как средство снижения загрязнения окружающей среды, но и как способ сокращения потребности в первичных ресурсах. Предприятия, занимающиеся рециклингом, в качестве сырья используют отходы других производств, восстанавливают либо перерабатывают их в продукцию, пользующуюся спросом на рынке; 2) компостирование – использование органической части ТКО после ее биологической

обработки (разложение органических субстанций) при помощи различных микроорганизмов; 3) сжигание – использование смешанных ТКО или выделенных из них теплотворных фракций для получения тепловой и/или электрической энергии.

Опыт работы белорусских мусороперерабатывающих заводов показывает, что объем извлечения ВМР из смешанных (твердых бытовых отходов) ТБО составляет в зависимости от сезона не более 15 % от общего объема поступающих отходов (как правило, это отходы бумаги, стекла, пластика, текстиля, изношенных шин), остальной объем образует балластную часть и вывозится на захоронение.

В Беларуси не используется такой метод переработки, как компостирование. В России в ряде городов построены заводы по биотермической обработке ТБО с использованием российского оборудования. Компостирование мусора проводится в биотермических барабанах производительностью 20–30 тыс. т в год. Используется технология аэробного биотермического компостирования, при которой значительная (более 50 %) часть ТБО обезвреживается и превращается в компост, который сельские и городские хозяйства применяют в качестве биотоплива и органического удобрения.

Однако наряду с полезными компонентами (органика, азот, фосфор, калий, кальций и др.) в компосте присутствуют микроэлементы металлов. Поэтому при внесении компоста в почву необходимо учитывать фоновые концентрации этих элементов, чтобы не превысить значения предельно допустимых концентраций. Например, в Швеции отказались от компостирования отходов. Из 25 заводов по переработке мусора на компост более половины переоборудовано на сжигание, а строительство новых заводов компостирования прекращено.

Сжигание является одним из основных направлений утилизации отходов в мире, но не столько с целью их уничтожения, сколько для получения тепловой энергии. При выборе данного способа обезвреживания ТБО определяющим должны быть использование многоступенчатой системы очистки отходящих газов и постоянный автоматический контроль качества выбрасываемых газов в атмосферный воздух.

Выводы. В условиях рыночной экономики эффективное управление отходами и возвращение части их в производство и потребление должно стать одним из основных способов воспроизводства материальных ресурсов, снижения антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. В связи с этим в республике должен сформироваться рынок вторичных ресурсов как сегмент общенационального рынка, поскольку состояние дел на рынке вторичных ресурсов в той или иной степени отражает процессы, протекающие во всех сферах экономики страны.

Анализ показал, что во многих случаях четко не определены имущественные права на отходы. Если ими наделены юридические лица, то можно говорить о безусловном имущественном праве собственника и полноценной товарной форме отходов. Размещение же этих отходов за пределами предприятий приводит к неопределенности имущественных прав. Еще более сложная ситуация с генерацией отходов частными лицами. С определенного момента большинство граждан снимают с себя ответственность за дальнейшую судьбу отходов, передав право решать эту проблему муниципальным и государственным органам власти. Следует отметить и то обстоятельство, что иногда предприятия и частные лица, стремясь избежать платы за сбор и размещение отходов, осуществляют несанкционированный их выброс в окружающую среду, т. е. здесь возникает классическая проблема «безбилетного пассажира», пользующегося бесplatно общественными благами.

Несовершенство рыночных отношений в секторе обращения отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот не отвергает возможность использования рыночных регуляторов уже в настоящее время, однако эффективность их применения будет зависеть от решения ряда проблем: более четкое определение прав на отходы и, как следствие, введение дифференцированных систем платы за их размещение; создание механизма поддержания конкуренции среди покупателей и переработчиков отходов, а также разработка мер по поддержанию конкурентоспособности вторичных ресурсов.

Список использованных ресурсов

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Стат. сб. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2019. – С. 170–194.
2. Об объемах сбора и использования вторичных материальных ресурсов, размерах и направлениях расходования средств, полученных от производителей и поставщиков в 2018 году; отчет оператора вторичных материальных ресурсов. – Минск, 2019.
3. Об утверждении Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 июля 2017 г., № 567 // Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.etalonline.by/document/?regnum=c21700567>. – Дата доступа: 20.02.2020.
4. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] // Минэкономики Респ. Беларусь. – Режим доступа: https://www.economy.gov.by/ru/dejst_prognoz_dok-gu/. – Дата доступа: 20.02.2020.

Поступила 25.02.2020

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 630.443.2.414

В. П. Шуканов, И. А. Машкин, Л. А. Корытько

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Аннотация. От качества сеянцев, которое напрямую определяется совершенством технологий выращивания, зависит приживаемость и интенсивность роста лесных культур. Применение экологически безопасных химических веществ является наиболее рациональным способом повышения качества посадочного материала. Но из-за большого разнообразия препаратов не все они в должной мере испытаны на хвойных растениях. Приведены результаты исследования влияния обработки посадочного материала сосны обыкновенной смесями регуляторов роста Экосил Микс и Экосил Плюс, микроудобрения Гисинар-М и фунгицида Винцит Форте на качество сеянцев с закрытой корневой системой. Для наиболее точного отражения действия препаратов измерялись не только биометрические, но и физиолого-биохимические показатели растений (уровень перекисного окисления липидов и содержание пигментов фотосинтеза). Выявлено положительное влияние обработок на ростовые процессы и метаболизм сеянцев сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сеянцы с закрытой корневой системой, сосна обыкновенная, регуляторы роста, микроудобрения, фунгициды, фотосинтез, пигменты фотосинтеза, окислительный стресс, перекисное окисление липидов

V. P. Shukanov, I. A. Mashkin, L. A. Korytko

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

THE USE OF ECOLOGICALLY SAFE PREPARATION FOR IMPROVING THE QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEEDLINGS

Abstract. The survival rate and intensity of growth of forest crops depends on the quality of seedlings, which is directly determined by the perfection of growing technologies. The use of environmentally friendly plant protection products is the most rational way to improve the quality of planting material. Nevertheless, due to the wide variety of preparations, not all of them are thoroughly tested on conifers. This article presents the results of study of the effect of treatment of seeds and seedlings of pine with mixtures of growth regulators Ecosil Mix and Ecosil Plus, microfertilizer Gisinar-M and fungicide Vincit Forte on the quality of ball-rooted seedlings. For the most accurate identification of the effects of plant protection products, biometric and physiological-biochemical parameters of plants were measured (the intensity of lipid peroxidation and the concentration of photosynthesis pigments in needles). As a result, a positive effect of the treatments on the growth processes and metabolism of common pine seedlings was revealed.

Keywords: ball-rooted seedlings, Scots pine, growth regulators, microfertilizers, fungicides, photosynthesis, photosynthesis pigments, oxidative stress, lipid peroxidation

В. П. Шуканаў, І. А. Машкін, Л. А. Карыцько

*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: patphysio@mail.ru*

ПРЫМЯНЕННЕ ЭКАЛАГІЧНА БЕСПЕЧНЫХ ПРЭПАРАТАЎ ДЛЯ ПАВЫШЭННЯ ЯКАСЦІ СЕЯНЦАЎ ХВОІ ЗВЫЧАЙНАЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Анатацыя. Ад якасці сеянцаў, якое напрамую вызначаецца дасканаласцю тэхналогій вырошчвання, залежыць прыжывальнасць і інтэнсіўнасць росту лясных культур. Прымяненне экалагічна бяспечных хімічных рэчываў з'яўляецца найбольш рацыянальным спосабам павышэння якасці пасадкавага матэрыялу. Але з-за вялікай разнастайнасці прэпаратаў, не ўсе яны ў поўнай меры выпрабаваныя на іглічных раслінах. Прыведзены вынікі даследавання ўплыву апрацоўкі пасадкавага матэрыялу хвой звычайнай сумесямі рэгулятараў росту Экасіл Мікс і Экасіл Плюс, мікраўгнаенняў Гісінар-М і фунгіцыду Вінцыт Форте на якасць сеянцаў з закрытай каранёвай сістэмай. Для найбольш дакладнага адлюстравання дзеяння прэпаратаў вымяраліся не толькі біямэтрычныя, але і фізіялага-біяхімічныя ўласцівасці раслін (узровень прадуктаў перакіснага акіслення ліпідаў, колькасць пігментаў фотасінтэзу). Выяўлены станоўчы ўплыў апрацовак на роставыя працэсы і метабалізм сеянцаў хвой звычайнай.

Ключавыя словы: сеянцы з закрытай каранёвай сістэмай, хвоя звычайная, рэгулятары росту, мікраўгнаенні, фунгіцыды, фотасінтэз, пігменты фотасінтэзу, акісляльны стрэс, перакіснае акісленне ліпідаў

Введение. Эффективность создания искусственных насаждений при лесоразведении и лесовосстановлении во многом определяется качеством посадочного материала, которое напрямую коррелирует с совершенством технологий выращивания, и в дальнейшем влияет на продуктивность будущих древостоев, а также их устойчивость и санитарное состояние [1]. Поэтому получение качественного посадочного материала и разработка новых действенных агротехнических приемов его выращивания всегда остается актуальной проблемой. Технология выращи-

вания сеянцев постоянно развивается, но иногда новые приемы, связанные с прогрессивным стремлением к сокращению запретности производства, и его механизация приводят к ухудшению качества посадочного материала и негативному воздействию на окружающую среду. Следовательно, разработка мероприятий по повышению качества и болезнеустойчивости посадочного материала древесных культур при соблюдении принципов полной экологической безопасности является одним из приоритетных направлений научных исследований в лесном хозяйстве [2, 3].

Всходы и сеянцы нередко страдают от болезней, вызванных грибковыми фитопатогенами, что является серьезной проблемой при их выращивании. В связи с чем значительную роль играют мероприятия по обработке посадочного материала, направленные не только на активацию ростовых процессов, но и на дезинфекцию от фитопатогенных грибов [4–6]. Так как основная задача защиты растений от фитопатогенных грибов в настоящее время сводится к получению нужного эффекта с наименьшей нагрузкой на окружающую среду, то достигнуть ее можно при использовании высокоэффективных синтетических и природных соединений, а также их смесей при минимальном расходе фунгицидов для оказания не только прямого защитного эффекта, но и косвенного (регулирующее действие на само растение).

В Республике Беларусь разработано множество препаратов для активации ростовых процессов и повышения болезнеустойчивости растений. Однако большинство из них всесторонне изучены и разрешены к применению именно на сельскохозяйственных культурах, в то время как их влияние на древесные породы исследовано недостаточно. Следует также отметить, что зачастую работы, представленные в данной области, базируются на морфобиометрических характеристиках и визуальном анализе фитосанитарного состояния обработанных защитными и стимулирующими веществами растений. Такой подход не может позволить всесторонне отразить эффективность применения тех, или иных химических препаратов, так как инфекции, вызванные грибковыми патогенами, не всегда проявляются внешне [7, 8]. В связи с этим необходимо исследовать действие обработок на болезнеустойчивость и по физиолого-биохимическим показателям. Учет интенсивности и особенностей протекания патологических и защитных реакций открывает возможность не только всесторонне характеризовать механизмы повышения продуктивности и болезнеустойчивости растений, но и наиболее точно выявлять фитотоксическое действие препаратов.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования использованы семена и сеянцы с закрытой корневой системой сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Партии семян заготовлены на территории Молодечненского лесхоза в 2016 г., по своим посевным качествам они относились к первому классу, были полностью очищены от примесей и загрязнений. Сеянцы выращивались в лабораторных условиях с использованием кассет фирмы Plantek 35F, разделенных на 35 ячеек, которые изготовлены из жесткой пластмассы и предназначены для многократного использования. Данные кассеты имеют вертикальные щели и направляющие ребра в стенках ячеек, которые способствуют наиболее естественному и правильному развитию корневой системы, а имеющиеся боковые щели предотвращают образование недостатка кислорода в почвенном комке ячейки и одновременно выполняют роль дренажа при чрезмерном поливе [9–11]. В качестве почвы для заполнения ячеек использован специализированный грунт для выращивания хвойных пород растений. Семена высевались в ручную на глубину 1 см по две штуки в одну ячейку [10–13].

В ходе исследования произведена предпосевная обработка семян сосны композиционными составами (расход рабочего раствора 10 мл/кг семян), включающими фунгицид Винцит Форте (50 мл/л), регуляторы роста Экосил Плюс (0,1 мл/л) или Экосил Микс (0,1 мл/л), пленкообразователь Гисинар-М (25 мл/л) с параллельным поливом части сеянцев 0,02 %-ными растворами регуляторов роста Экосил Плюс или Экосил Микс (расход рабочей жидкости составляет 5 л на 1 м²).

Винцит Форте, КС (флутриафол 37,5 г/л + тиабендазол 25 г/л + имазалил 15 г/л) – системный фунгицид для защиты семян от комплекса заболеваний, передающихся с семенами через почву и аэрогенным путем. Протравитель проявляет фунгицидное действие в течение нескольких

часов после высева протравленных семян. Действующие вещества, входящие в состав препарата, обладают профилактическим и лечащим системным действием. Флутриафол нарушает биосинтез стероидов и проницаемость клеточных мембран, тиабендазол нарушает процесс деления клеточных ядер, имазалил ингибирует биосинтез эргостерина и подавляет образование клеточных мембран. Препарат имеет 3-й класс опасности, практически не токсичен для животных и почвенных микроорганизмов [14–16].

Экосил Плюс, ВЭ (2,5 г/л тритерпеновых кислот) – природный полифункциональный препарат, регулятор роста и индуктор иммунитета растений; фитоактиватор физиологических, биохимических, формообразовательных, продукционных и иммуномодулирующих процессов в растении. В результате применения препарата должны стабилизироваться процессы метаболизма за счет снижения затрат энергии на гомеостаз, идущей на образование органического вещества в виде углеводов, жиров, белков. Помимо тритерпеновых кислот, полученных из хвои пихты сибирской, в состав препарата входят биологически активная сумма нейтральных изопреноидов, обогащенная композицией из более чем 30 легколетучих малополярных, моно- и сесквитерпеновых соединений [14].

Экосил Микс, ВЭ (5 г/л тритерпеновых кислот) – регулятор роста, обогащенный комплексом макро- и микроэлементов, широким спектром биологически активных соединений: модифицированных гуминовых кислот, фульвокислот, аминокислот (глицин, лизин, треонин, метионин, тирозин и др.) и биогенных аминов (тирамин и др.), низкомолекулярных органических кислот (янтарная, малоновая, яблочная, щавелевая, и др.), фенолкарбоновых кислот (салициловая, бензойная, феруловая, кумаровая, ванилиновая, галловая и др.). Препараты на основе «Экосила» относятся к 4-му классу опасности (малоопасные вещества), не фитотоксичны и безвредны для пчел в полевых условиях [14–16].

Гисинар-М – пленкообразователь, представляющий собой полиэлектролитный гидрогель, получаемый на основе дешевого водорастворимого сополимера акриламида и натриевой соли акриловой кислоты. Препарат содержит микроэлементы в хелатной форме (Cu, Zn, Mg) и является микроудобрением, предназначенным для предпосевной обработки семян, а также подкормок растений в период вегетации. Гисинар-М способствует прочному закреплению защитно-стимулирующих составов на поверхности семян и должен повышать их всхожесть, регулируя водный, воздушный и минеральный режимы питания растений, а также снижать дозировку, применяемых при совместной обработке препаратов [14, 15].

Сеянцы выращивались в контейнерах на протяжении 90 дней, по окончании которых были измерены биометрические показатели (длина надземной части, корневой системы и толщина прикорневой шейки), а также интенсивность накопления органической массы абсолютно сухого вещества (отдельно для хвои, стволиков и корней) десяти случайно отобранных сеянцев в каждом варианте. Для оценки действия препаратов на физиолого-биохимическом уровне выявлены интенсивность перекисного окисления липидов и содержание пигментов фотосинтеза в хвое.

Массу абсолютно сухого органического вещества определяли на основании ГОСТа 16483.7-71 [17] в стеклянных бюксах со снятыми крышками, помещенными в сушильный шкаф при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ (минимальное время высушивания – 6 ч) с трехкратной повторностью опыта.

Перекисное окисление липидов мембран оценивалось при помощи спектрофотометрического метода (с использованием спектрофотометра Proscan MC 122), основываясь на способности 2-тиобарбитуровой кислоты (ТБК) связываться с липидными перекисями (малоновый диальдегид). Образующиеся яркоокрашенные ТБК-продукты являлись тестом активности данного процесса. Пробу свежей массы, отобранную в трехкратной повторности, растирали до однородности в 0,25 % ТБК и 10 % трихлоруксусной кислоты (ТХУ). После пробы нагревали 30 мин при 95°C , после чего охлаждали в проточной воде и доводили до метки дистиллированной водой, а затем центрифугировали на протяжении 15 мин при 8000g. Получившийся супернатант спектрофотометрировали при длине волны, равной 532 нм. Количество ТБК-продуктов (в мкМ/г свежей массы) рассчитывали используя молярный коэффициент экстинкции – $1,55 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ [18, 19].

Для исследования содержания фотосинтетических пигментов был выбран спектрофотометрический метод. Образцы хвои (возраст сеянцев – 90 дней) с постоянной навеской 0,2 г отбирали в трехкратной повторности. Далее в лабораторных условиях получали вытяжку пигментов в ацетоне. Экстракты пигментов фильтровались вакуумным способом, затем определяли оптическую плотность вытяжек на спектрофотометре Proscan MC 122. Точное содержание отдельных пигментов устанавливали с помощью трехволнового метода [18–21]. Концентрацию хлорофиллов a и b и их сумму рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс для ацетона [20, 21]:

$$C_{a \text{ (мг/л)}} = 9,784D_{662} - 0,990D_{644}, \quad (1)$$

$$C_{b \text{ (мг/л)}} = 21,426D_{644} - 4,650D_{662}, \quad (2)$$

$$C_{a+b \text{ (мг/л)}} = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}, \quad (3)$$

где C – концентрация хлорофиллов a , b и каротиноидов, мг/л; D – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 644 и 662 нм.

Концентрацию каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов вычисляли с использованием уравнения Веттштейна [22]:

$$C_{\text{кар (мг/л)}} = 4,695D_{440} - 0,268(\text{Хл.}a+b \text{ мг/л}), \quad (4)$$

где C – концентрация хлорофиллов a , b и каротиноидов, мг/л; D – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 440 нм.

Содержание пигментов в хвое вычисляли по формуле:

$$A = (CV) / (P1000), \quad (5)$$

где A – содержание пигмента в мг на 1 г сырой навески; C – концентрация пигмента, мг/л; V – объем вытяжки пигмента, мл; P – навеска хвои, г.

С целью анализа и проверки достоверности полученных данных рассчитаны ошибка среднего и парный двухвыборочный t -критерий Стьюдента для средних значений (уровень значимости 0,05) на базе программы Microsoft Excel 2013 [23, 24].

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ влияния обработок на рост сеянцев сосны показал, что наиболее существенное стимулирующее действие проявляется при инкрустации семян Экосил Микс и Винцит Форте с параллельным внесением в почву растворов регулятора роста Экосил Микс (табл. 1).

В некоторых остальных вариантах наблюдается достоверное увеличение только надземной части сеянцев либо корневой системы. При этом полив регулятором роста Экосил Плюс вызвал уменьшение длины корней фактически до контрольных значений, хотя в аналогичных вариантах с одной только предпосевной обработкой длина корневой системы возрастала от 140 до 179 % по отношению к величинам, полученным у необработанных сеянцев.

Измерение массы абсолютно сухого вещества сеянцев сосны с закрытой корневой системой на 90-е сутки проращивания показало, что часть проведенных обработок повлияли на интенсивность его накопления растениями как положительно, так и отрицательно (табл. 2).

Наиболее высокий прирост массы сухого вещества отмечен как для надземной части, так и для корневой системы в варианте обработки Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте, 50 мл/л с поливом регулятором роста Экосил Микс, что не удивительно, учитывая существенное увеличение и морфобиометрических показателей при этом же сочетании препаратов. Но при этом во всех вариантах без дополнительного полива регуляторами роста и внесением в почву Экосила Плюс наблюдается значительное уменьшение массы абсолютно сухого вещества стволиков, несмотря на их длину, близкую либо превышающую контрольные значения. Возможно, что такие результаты связаны с разницей во влажности отобранных образцов, а также вытягиванием сеянцев вследствие неблагоприятных фактов окружающей среды и/или из-за некоторой фитотоксичности препаратов.

Т а б л и ц а 1. Влияние обработок на биометрические параметры семян сосны обыкновенной

Варианты опыта	Длина надземной части		Длина корня		Толщина прикорневой шейки	
	мм ($M \pm m$)	% к контролю	мм ($M \pm m$)	% к контролю	мм ($M \pm m$)	% к контролю
Инкрустирование семян						
Контроль (сухие семена)	40,30±3,48	100	32,50±5,36	100	0,81±0,06	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	48,50±1,98*	120	42,30±4,04*	130	0,80±0,04	99
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	40,40±3,05	100	42,30±4,38*	130	0,98±0,04*	121
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	43,40±2,67	108	45,60±5,19*	140	0,77±0,03	96
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	39,80±2,80	99	58,10±5,09*	179	0,78±0,05	97
Инкрустирование семян и полив семян 0,02 %-ным раствором регуляторов роста (30 и 60 сут)						
Контроль (сухие семена)	42,10±3,49	100	34,30±5,91	100	0,78±0,04	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	50,30±3,56*	119	60,20±3,94*	176	1,03±0,04*	133
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Микс	45,10±2,98	107	40,00±3,16*	117	0,85±0,02	108
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	42,50±2,51	101	35,00±5,32	102	0,77±0,03	99
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	38,70±2,23	92	34,30±5,91	100	0,78±0,04	100

* Данные статистически значимы по t-критерию Стьюдента ($p = 0,05$). Также и для табл. 2, 3 и 5.

Т а б л и ц а 2. Влияние обработок на массу абсолютно сухого вещества семян сосны обыкновенной

Варианты опыта	Масса семян (10 штук)					
	хвоя		стволик		корень	
	г ($M \pm m$)	% к контролю	г ($M \pm m$)	% к контролю	г ($M \pm m$)	% к контролю
Инкрустирование семян						
Контроль (сухие семена)	0,057±0,003	100	0,020±0,001	100	0,011±0,001	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,045±0,002*	79	0,016±0,001*	79	0,010±0,002	88
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	0,055±0,001	97	0,014±0,002*	69	0,010±0,001	91
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,059±0,004	104	0,017±0,001*	84	0,012±0,001	106
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	0,061±0,001	108	0,016±0,001*	77	0,021±0,001*	182
Инкрустирование семян и полив семян 0,02 %-ным раствором регуляторов роста (30 и 60 сут)						
Контроль (сухие семена)	0,052±0,002	100	0,018±0,001	100	0,008±0,001	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	0,069±0,002*	131	0,023±0,002*	125	0,010±0,001*	135
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Микс	0,052±0,001	99	0,018±0,002	96	0,007±0,003	96
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	0,059±0,001	112	0,015±0,001*	80	0,007±0,002*	87
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	0,049±0,003	94	0,015±0,002*	80	0,007±0,001	96

Уже становится очевидным, что и в данном случае морфобиметрические показатели дают довольно противоречивое представление о влиянии произведенных обработок, поэтому так важно учитывать изменения, происходящие на физиолого-биохимическом уровне. Как правило, любые факторы окружающей среды, будь то температура, влажность, наличие патогенов, либо химические вещества влияют прежде всего на первичный метаболизм растений, центральным звеном которого, как известно, является фотосинтез. Большинство исследований базируется на том, что снижение количества пигментов и скорости фотосинтеза обязательно говорит либо о негативном действии препаратов, либо о слабой эффективности данных средств в формировании болезнеустойчивости [7]. Однако, как показывает практика, и в случае изменения интенсивности фотосинтетических процессов при внесении защитно-стимулирующих веществ не

все бывает так однозначно. Существуют результаты опытов, в которых доказано, что нередко наиболее высокопродуктивные растения получают в вариантах обработки со сравнительно низкими показателями фотосинтеза. Ученые объясняют это тем, что так как необработанные растения более интенсивно поражаются болезнями, происходит уменьшение активной ассимилирующей свет поверхности, что запускает механизм компенсации против последствий такого стресса, а также, возможно, растения вынуждены интенсифицировать фотосинтетические процессы для получения большего количества энергии. В этих же исследованиях допускается и прямое ингибирующее действие защитных веществ на растение, а относительно высокая продуктивность может быть случайна, либо обусловлена подавлением развития болезней, которые способны еще больше снизить интенсивность накопления органических веществ [8, 25].

По результатам определения содержания пигментов фотосинтеза в свежей фитомассе, видно, что наиболее существенный прирост их количества наблюдается при инкрустации Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л, а при дополнительном поливе регулятором роста Экосил Плюс, напротив, происходит достоверное снижение содержание хлорофилла «а», на фоне уменьшения количества остальных пигментов до уровня контроля (табл. 3). Противоположная картина наблюдается при предпосевной обработке смесью Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л, так как в данном случае внесение регулятора роста в почву обусловило интенсификацию накопления фотосинтетических пигментов. Стоит также отметить, что в варианте обработки семян в сочетании Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л полив регулятором роста Экосил Плюс вызвал заметное возрастание количества каротиноидов и хлорофилла «b» с еще большим уменьшением содержания хлорофилла «а» в хвое сеянцев сосны обыкновенной.

Т а б л и ц а 3. Влияние обработок на содержание пигментов фотосинтеза в сеянцах сосны обыкновенной

Варианты опыта	Хлорофилл «а»		Хлорофилл «b»		Каротиноиды	
	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю	мг/г ($M \pm m$)	% к контролю
Инкрустирование семян						
Контроль (сухие семена)	0,57±0,01	100	0,24±0,01	100	0,36±0,01	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,48±0,02*	84	0,23±0,01	96	0,32±0,02	89
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	0,55±0,02	96	0,24±0,01	100	0,35±0,01	97
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	0,87±0,02*	153	0,40±0,01*	167	0,56±0,01*	156
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	0,48±0,01*	84	0,20±0,01*	83	0,31±0,01	86
Инкрустирование семян и полив сеянцев 0,02 %-ным раствором регуляторов роста (30 и 60 сут)						
Контроль (сухие семена)	0,55±0,01	100	0,25±0,01	100	0,37±0,02	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	0,73±0,01*	131	0,30±0,01*	120	0,42±0,01*	116
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Микс	0,52±0,02	95	0,26±0,02	104	0,39±0,01	105
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	0,46±0,01*	84	0,24±0,03	96	0,38±0,01	103
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	0,44±0,03 *	71	0,26±0,02*	112	0,50±0,01*	135

Помимо абсолютного содержания пигментов, в качестве критерия общего состояния первичного метаболизма у растений используют соотношение хлорофиллов «а» к «b» и хлорофиллов «а» и «b» к каротиноидам. Оно характеризует интенсивность работы фотосинтетического аппарата и связано с активностью «главного» хлорофилла «а», чем оно больше, тем интенсивнее должен протекать фотосинтез [20]. Необходимым спутником хлорофилла являются каротиноиды, которые, хоть и не принимают непосредственного участия в реакциях фотосинтеза, но исполняют роль собирательных антенн световой энергии и «охраны» чувствительной к свету молекулы хлорофилла, их явное превалирование над хлорофиллами может указывать на чрезмерно высокую инсоляцию и/или развитие инфекций в растительных клетках. Обратное

соотношение говорит о снижении светособирающей функции пигментного комплекса, что также свидетельствует об ухудшении состояния растения [26, 27].

Произведенные обработки посадочного материала сосны вызвали определенные сдвиги от контрольных значений в соотношении содержания пигментов фотосинтеза (табл. 4). В вариантах обработки семян сосны защитно-стимулирующими составами без последующего полива сеянцев регуляторами роста наиболее заметное смещение соотношения хлорофилла «а» к хлорофиллу «b» отмечено при инкрустации смесью, включающей Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л, но в этом же варианте зафиксировано незначительное отрицательное смещение относительно контроля в соотношении хлорофиллы «а» + «b»/ каротиноиды. В остальных вариантах без параллельного внесения росторегуляторов в кассеты с сеянцами сосны соотношение пигментов равнялось либо было ниже контрольных показателей. Дополнительный полив регуляторами роста вызвал более заметное смещение соотношения содержания пигментов в хвое сеянцев сосны с наибольшим положительным эффектом при сочетании Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс. Однако в вариантах обработки Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс и Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л + полив Экосил Плюс, напротив, отмечена отрицательная динамика в относительном содержании хлорофиллов и резком возрастании доли каротиноидов.

Т а б л и ц а 4. Влияние комплексных обработок на интенсивность фотосинтеза сеянцев сосны обыкновенной

Варианты опыта	Хлорофилл «а»/ «b»	Хлорофиллы / каротиноиды
Инкрустирование семян		
Контроль (сухие семена)	2,38	2,25
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	2,06	2,26
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	2,28	2,25
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	2,16	2,25
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	2,46	2,17
Инкрустирование семян и полив сеянцев 0,02 %-ным раствором регуляторов роста (30 и 60 сут)		
Контроль (сухие семена)	2,23	2,18
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	2,46	2,40
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Микс	2,00	2,01
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	1,95	1,84
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	1,67	1,41

Так как растительный организм является целостной системой, то развитие патологических процессов отражается на всех его физиолого-биохимических функциях посредством взаимосвязанных реакций, происходящих на клеточном уровне. Одну из важнейших ролей в протекании и определении стрессовых и патологических реакций занимают активные формы кислорода (АФК), провоцирующие окисление структурных элементов клетки прежде всего посредством перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое протекает также и при отсутствии стресса, обеспечивая ряд мембранных функций. Однако, когда уровни АФК превышают способность растения к поглощению, перекисное окисление липидов в биологических мембранах увеличивается, что негативно влияет на физиологические процессы растительных клеток [28, 29].

Анализ содержания продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-продукты) в тканях сеянцев показал, что произведенные обработки посадочного материала сосны обыкновенной оказали существенное влияние на данный показатель относительно контроля лишь в половине вариантов опыта (табл. 5).

Без дополнительного внесения в почву регуляторов роста существенные отличия в уровне содержания ТБК-продуктов от контрольных значений зафиксированы только при инкрустации семян составами, содержащими Экосил Плюс. Причем эффект оказался двояким, так как в ва-

Т а б л и ц а 5. Влияние обработок на окислительные процессы в клетках семян сосны обыкновенной

Варианты опыта	Содержание ТБК-продуктов	
	мкМ/г ($M \pm m$)	% к контролю
Инкрустирование семян		
Контроль (сухие семена)	11,25±0,10	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	11,23±0,06	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	10,88±0,02	97
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л	12,49±0,03*	111
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л	10,43±0,03*	93
Инкрустирование семян и полив сеянцев 0,02 %-ным раствором регуляторов роста (30 и 60 сут)		
Контроль (сухие семена)	11,97±0,103	100
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Микс	9,21±0,202*	77
Экосил Микс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Микс	10,72±0,055*	94
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + полив Экосил Плюс	12,33±0,149	103
Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар-М 25 мл/л + полив Экосил Плюс	12,06±0,195	101

рианте, включающим Экосил Плюс 0,1 мл/л и Винцит Форте 50 мл/л, уровень ТБК-продуктов в тканях сеянцев сосны значительно превысил контрольные показатели (до 111 %), а в сочетании Экосил Плюс 0,1 мл/л + Винцит Форте 50 мл/л + Гисинар М 25 мл/л снизился до 93 % к контролю. В свою очередь параллельный полив сеянцев сосны регуляторами роста вызвал диаметрально противоположный эффект, способствуя достоверному снижению уровня содержания ТБК-продуктов относительно контроля в вариантах с применением Экосил Микс и незначительным колебаниям данного показателя при поливе Экосил Плюс.

Закключение. Таким образом, самым оптимальным сочетанием обработки является инкрустирование семян смесью Экосил Микс 0,1 мл/л и Винцит Форте, 50 мл/л с параллельным внесением в почву регулятора роста Экосил Микс на 30-е и 60-е сутки проращивания. Именно в этом варианте наблюдается наиболее заметная интенсификация ростовых процессов сеянцев сосны обыкновенной, сопряженная с активным накоплением органических веществ, нормализацией окислительных процессов и первичных метаболических путей растений. Все это говорит о том, что при правильном сочетании и оптимальной дозировке, испытанные препараты обладают явными иммуномодулирующими и протекторными свойствами на фоне отсутствия фитотоксичности. Поэтому их применение позволит выращивать посадочный материал хвойных пород с наибольшим раскрытием потенциала болезнеустойчивости и продуктивности при полной экологической безопасности и заметной экономической выгоде.

Список использованных источников

1. Якимов, Н. И. Агротехника выращивания сеянцев сосны обыкновенной в условиях закрытого грунта / Н. И. Якимов, Н. К. Крук, А. В. Юренин // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 25–30.
2. Волкович, А. П. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала в лесовосстановлении / А. П. Волкович, В. В. Носников. – Минск: БГТУ, 2015. – 75 с.
3. Копытков, В. В. Современные технологии и агротехнические приемы по выращиванию, хранению и транспортировке посадочного материала с использованием композиционных полимерных составов / В. В. Копытков. – Минск: Акад. упр. при Президенте РБ, 2007. – 147 с.
4. Болезни посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в постоянных питомниках могилевской области по данным молекулярно-фитопатологического обследования / С. В. Пантелеев [и др.] // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 172–176.
5. Дьяков, Ю. Т. Фундаментальная фитопатология / Ю. Т. Дьяков. – М.: Красанд, 2012. – 512 с.
6. Fungal Diseases in Forest Nurseries in Finland / A. Lilja [et al.] // Silva Fennica: a Journal of Forest Science. – 2010. – Vol. 44. – P. 525–545.
7. Волюнец, А. П. Физиология патогенеза и болезнеустойчивости растений / А. П. Волюнец, В. П. Шуканов. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 252 с.
8. Эндогенные фиторегуляторы роста: свойства, физиологическое действие и практическое использование / А. П. Волюнец [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2019. – 233 с.
9. Бабков, А. В. Агротехнология выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой / А. В. Бабков // Лесное и охотничье хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 9–13.

10. Мочалов, Б. А. Влияние вида кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на севере / Б. А. Мочалов, С. В. Бобушкина // Лесн. журн. – 2013. – № 5. – С. 65–70.
11. Rune, G. Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots pine seedlings / G. Rune // *Silva Fennica: a Journal of Forest Science*. – 2003. – Vol. 37, № 3. – P. 333–342.
12. Граник, А. М. Разработка новых приемов выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А. М. Граник, Н. К. Крук // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 124–127.
13. Bunt, A. C. Media and Mixes for Container-Grown Plants. A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. Loam or loamless media? / A. C. Bunt. – London; Glasshouse Research Institute: Unwin Human, 1988. – 308 p.
14. Дополнение к государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск, 2016.
15. Подготовка к посеву семян зерновых культур (рекомендации). – Жодино: НПЦ НАН Беларуси по земледелию, 2008. – 101 с.
16. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: справ. / Ю. А. Меринков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укрупн. типогр. им. С. Будного, 2011. – 394 с.
17. Древесина. Методы определения влажности (с изменениями № 1, 2, 3): ГОСТ 16483.7-71. – М., 2006.
18. Иванов, В. Б. Практикум по физиологии растений / В. Б. Иванов. – М.: Академия, 2001. – 136 с.
19. Храменкова, О. М. Практикум по физиологии растений: практическое руководство. Ч.1 / О. М. Храменкова. – Гомель: ГГУ, 2017. – 44 с.
20. Титова, М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* / М. С. Титова // Вестн. ОГУ. – 2010. – № 12 (118). – С. 9–12.
21. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. Биохимические методы в физиологии растений / А. А. Шлык. – М.: Наука, 1971. – 327 с.
22. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу: Учебное пособие / В. Ф. Гавриленко. – М.: Академия, 2003. – 250 с.
23. Батин, Н. В. Компьютерный статистический анализ данных: Учеб. пособие. – Минск: Ин-т подготовки науч. кадров НАН Беларуси, 2008. – 160 с.
24. Зайцев, Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
25. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants / A.-N. Petit [et al.] // *Photosynthesis Research*. – 2012. – Vol. 111, iss. 3. – P. 315–326.
26. Фарафонов, М. Г. Биоиндикаторные свойства хлорофилла в условиях воздействия загрязнений неопределенного состава / М. Г. Фарафонов // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера: тез. докл. – Архангельск, 1991. – С. 296–298.
27. Шалыго, Н. В. Биосинтез хлорофилла и фотодинамические процессы в растениях / Н. В. Шалыго. – Минск: Право и экономика, 2004. – 156 с.
28. The hypersensitive response; the centenary is upon us but how much do we know? / L. A. J. Mur [et al.] // *Journal of Experimental Botany*. – 2008. – № 59. – P. 501–520.
29. Sharma, P. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions / P. Sharma, A. B. Jha, R. S. Dubey, M. Pessarakli // *Journal of Botany*. – 2012. – № 6. – P. 1–26.

Поступила 11.03.2020

ОБЗОРЫ

REVIEWS

АГЛЯДЫ

УДК 338.482.22

Н. С. Шевцова, А. К. Вишняк

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru, e-mail: ann.vishnyak@mail.ru

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Аннотация. Представлены результаты ретроспективного анализа развития методологии и основных теоретических положений, связанных с оценкой объектов туристско-рекреационной инфраструктуры за период с 1990 г. по настоящее время. В рассматриваемый период в Центрально-Восточной Европе выделены две ветви в развитии научной рекреационной школы: российская и белорусская. Белорусская школа выделяется использованием комплексного экономико-географического анализа и теории оптимальной модели рекреационного пространства, а проблемным полем ее исследования является оптимизация территориальной организации объектов туристско-рекреационной инфраструктуры в странах и регионах, а также совершенствование системы менеджмента сферы гостеприимства. Для российской школы характерно применение многофакторного экономико-географического анализа и методов математической статистики. Спектр ведущих проблем представителей российской ветви связан как с необходимостью увеличения уровня обеспеченности объектами гостиничного и ресторанного хозяйства различных регионов России и улучшения качества сервиса в них, так и с анализом факторов развития территорий для формирования системы туристско-рекреационной инфраструктуры, включая разработку адресных мероприятий по оптимизации исследуемого туристско-рекреационного пространства.

Ключевые слова: объекты туристско-рекреационной инфраструктуры, средства размещения, объекты питания, методики оценки

N. S. Shevtsova, A. K. Vishnyak

Belarusian State University, Minsk, Belarus,
e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru, e-mail: ann.vishnyak@mail.ru

**THEORETICAL-METHODICAL BASES OF AN ESTIMATION OF OBJECTS
OF TOURISM AND RECREATIONAL INFRASTRUCTURE**

Abstract. The article presents the results of a retrospective analysis of the development of the methodology and the main theoretical provisions related to the assessment of tourist and recreational infrastructure for the period from 1990 to the present. During the period under review, two branches were identified in the development of scientific recreational schools in Central and Eastern Europe—the Russian and Belarusian ones. The Belarusian school emphasizes using of a comprehensive economic and geographical analysis and the theory of optimal model of recreational space, and the problem field of its research is the optimization of the territorial organization of tourist and recreational infrastructure in countries and regions, as well as improving the management system of the hospitality sector. The Russian school is characterized by using of multi-factor economic and geographical analysis and methods of mathematical statistics. The range of leading problems of representatives of the Russian branch is connected with the need to increase the level of provision of hotel and restaurant facilities in various regions of Russia and improve the quality of service in them; and with the analysis of factors of development of territories for the formation of a system of tourist and recreational infrastructure, including the development of targeted measures to optimize the studied tourist and recreational space.

Keywords: objects of tourist and recreational infrastructure, accommodation facilities, food items, assessment methods

Н. С. Шаўцова, А. К. Вішняк

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,
e-mail: shevtsova-ns@yandex.ru, e-mail: ann.vishnyak@mail.ru

ТЭАРЭТЫКА-МЕТАДЫЧНЫЯ АСНОВЫ АЦЭНКІ АБ'ЕКТАЎ ТУРЫСЦКА-РЭКРЭАЦЫЙНАЙ ІНФРАСТРУКТУРЫ

Анотацыя. Прадстаўлены вынікі рэтрэспектыўнага аналізу развіцця метадалогіі і асноўных тэарэтычных палажэнняў, звязаных з ацэнкай аб'ектаў турысцка-рэкрэацыйнай інфраструктуры за перыяд з 1990 г. па цяперашні час. У разгледжаны перыяд у Цэнтральна-Усходняй Еўропе выдзелены дзве галіны ў развіцці навуковай рэкрэацыйнай школы: расійская і беларуская. Беларуская школа вылучаецца выкарыстаннем комплекснага эканаміка-геаграфічнага аналізу і тэорыі аптымальнай мадэлі рэкрэацыйнай прасторы, а праблемным полем яе даследавання з'яўляецца аптымізацыя тэрытарыяльнай арганізацыі аб'ектаў турысцка-рэкрэацыйнай інфраструктуры ў краінах і рэгіёнах, а таксама ўдаска-

наленные системы менеджменту сферы гасціннасці. Для расійскай школы характэрна прымяненне шматфактарнага эканоміка-геаграфічнага аналізу і метадаў матэматычнай статыстыкі. Спектр вядучых праблем прадстаўнікоў расійскай галіны звязаны як з неабходнасцю павелічэння ўзроўню забяспечанасці аб'ектамі гасцінічнай і рэстараннай гаспадаркі розных рэгіёнаў Расіі і паляпшэння якасці сэрвісу ў іх, так і з аналізам фактараў развіцця тэрыторыі для фарміравання сістэмы турысцка-рэкрэацыйнай інфраструктуры, уключаючы распрацоўку адрасных мерапрыемстваў па аптымізацыі доследнага турысцка-рэкрэацыйнай прасторы.

Ключавыя словы: аб'екты турысцка-рэкрэацыйнай інфраструктуры, сродкі размяшчэння, аб'екты харчавання, метадыкі ацэнкі

В условиях постиндустриального развития сектор туристских услуг становится одной из ведущих отраслей экономики, что определяет актуальность его экономико-географического исследования. Главным объектом современных исследований в географии туризма является туристское пространство мира или отдельных стран. В этих условиях остаются не изученными тенденции развития территориальной структуры туризма на региональном уровне, в частности в Республике Беларусь, как составной части стран Центрально-Восточной Европы (ЦВЕ), где идут процессы активной реструктуризации экономики, а сфера туризма выступает мощным стимулятором регионального развития [1].

Поэтому в XXI веке для интенсивного развития сферы туризма, кроме природного туристско-рекреационного потенциала (ТРП), в условиях глобализации и научно-технической революции, опирающейся на звенья научно-инновационного цикла в составе научного, научно-технического и инновационного потенциала, важное значение приобретает социально-экономический аспект индустрия туризма на мировом, региональном и местном уровнях. В связи с этим после идентификации туристско-рекреационной специализации страны на основе оценки ее природного ТРП немаловажную роль для развития экономики туризма играют социально-экономические факторы, среди которых особо выделяется наличие современной общей и туристско-рекреационной инфраструктуры.

Содержание туризма, как социально-экономического термина, Е. А. Соболева и Н. Николаев (2006) определяют через межотраслевую деятельность, эффективность развития которой зависит от согласованной работы всех организаций, связанных с оказанием услуг по размещению, питанию, пассажирскому транспорту, турагентствами и туроператорами [2].

Современная индустрия туризма – это сложная, многопрофильная социально-экономическая система, состоящая из гостиниц и иных средств размещения, объектов питания, транспорта, предприятий санаторно-курортного лечения и отдыха, познавательного, делового, лечебного, лечебно-оздоровительного, физкультурно-спортивного, средств досуга и развлечения, организаций, осуществляющих туроператорскую и турагентскую деятельность, операторов туристских информационных систем, а также организаций, предоставляющих услуги гидов-переводчиков и инструкторов переводчиков [3–5].

Следует отметить, что базовым компонентом индустрии туризма является сфера гостеприимства. Индустрия гостеприимства – это сферы деятельности людей, направленных на удовлетворение их потребностей в сфере туризма. К индустрии гостеприимства классически относят гостиничный и ресторанный бизнес, сферу досуга и развлечений, организацию экскурсий и другие отрасли, необходимые для полного удовлетворения запросов любого туриста [6].

Сущность туризма, как составной части экономики индустрии гостеприимства, В. И. Азар (2008) раскрывает через призму экономической системы с разнообразными связями между отдельными элементами как в рамках хозяйства отдельной страны, так и связей мировой экономики с мировым хозяйством в целом [7]. При этом базовыми элементами индустрии гостеприимства являются объекты туристско-рекреационной инфраструктуры (ОТРИ).

Теоретические основы оценки объектов туристско-рекреационной инфраструктуры. Рассмотрим теоретические основы оценки ОТРИ как социально-экономической составляющей ТРП. Ее развитие в начале XXI века связано с трансформацией современных туристских потребностей, изменение которых сопровождалось явлениями диверсификации видов туризма, что привело к необходимости освоения и использования новых туристских территорий. В свою очередь социально-культурные изменения, возникшие в потребительской корзине рынка

туризма, привели к необходимости модернизации и оптимизации размещения ОТРИ (средств размещения, питания, элементов досуга и развлечений и др.).

Под ОТРИ классики российской рекреационной географии И. В. Зорин и В. А. Квартальнов (2000) понимают комплекс действующих сооружений и сетей производственного назначения, используемых для обеспечения жизнедеятельности туристов [8]. И. В. Ланцова, И. Л. Григорьев (2004), М. А. Морозов (2004) идентифицировали структуру ОТРИ, выделили в их составе средства размещения и питания, объекты транспортной сети, сферы досуга и развлечений [9, 10].

Туристская инфраструктура, согласно О. И. Корсаку (2006), представляет сложную полисистемную категорию, состоящую из подсистем, объединяющих различные виды объектов как общего, так и туристского назначения. Автор в качестве структурных элементов полисистемы выделил: инженерно-техническую инфраструктуру (сооружения жизнедеятельности туризма в регионе) в части транспорта, энергоснабжения, водоснабжения, телекоммуникаций, связи, уборки мусора и др.; социальную инфраструктуру (объекты культурно-бытового назначения, здравоохранения, образования, общественного питания), обеспечивающую жизнедеятельность местного населения и туристов; институциональную инфраструктуру (система административно-управленческих учреждений), организующих развитие туризма и региона; психолого-общественную инфраструктуру (ментальность культурных, хозяйственных навыков и склонностей населения, проявляющаяся в качестве, интенсивности и дисциплине труда, восприятии инноваций, культуре отдыха, отношении к туристам, работе в сфере туризма и услуг) [11].

Мировая туристская инфраструктура состоит из региональных и субрегиональных туристских комплексов (РТК), структурно представленных элементами подсистемы обеспечения. При рассмотрении социально-экономических условий формирования и развития РТК (на примере Смоленской обл.) российский исследователь О. И. Корсак (2006) главной проблемой считает современное состояние ОТРИ РТК. При этом РТК, по О. И. Корсаку (2006), представляет собой целостную систему из пяти туристских объектов, четыре из которых идентичны выше представленным у И. В. Ланцовой, И. Л. Григорьевой (2004) и М. А. Морозова (2004) плюс объекты торговли, как одна из форм удовлетворения современных потребностей туристов [11].

Представители белорусской и российской школы рекреационной географии соответственно О. С. Мозговая (2006), С. А. Щербакова (2007), О. В. Тютык (2008) в составе ОТРИ выделяют объекты размещения и питания, трансфер, сферу досуга и развлечений (культурные, спортивные, развлекательные мероприятия), в которых качество предоставления услуг определяется нормами международных стандартов. При этом в качестве базовых структурных элементов авторы обозначают предприятия размещения и питания [12, 13].

Под средствами для размещения туристов коллектив российских авторов в составе А. Д. Чудновского, Н. В. Королева, Е. А. Гавриловой, М. А. Жуковой, Н. А. Зайцевой (2014) понимает объект, регулярно или периодически предоставляющий туристам размещение для ночевки в комнате или ином помещении, при котором число номеров объекта каждой страной определяется самостоятельно, а предприятие имеет единое руководство и номера сгруппированы в классы и категории в соответствии с предоставляемыми услугами и имеющимся оборудованием [4].

При этом структурные элементы средств размещения идентифицируются каждой страной в индивидуальном порядке. Например, в Италии к объектам гостиничного хозяйства относят: гостиницы, мотели, сельские туристские комплексы и пансионаты, базы и лагеря отдыха для молодежи, туристские деревни, сельские дома, дома отдыха и молодежи, альпийские приюты. В Дании предприятия размещения включают: гостиницы, мотели, кемпинги, турбазы, дома приезжих, имения и т.д. [4].

В зависимости от уровня и качества обслуживания средства размещения присваивается определенная категория, символом которой является звезда. А количество звезд увеличивается с повышением уровня и качества обслуживания. Средства размещения классифицируются по пяти категориям: высшая категория – пять звезд, низшая – одна. Существуют и некатегорийные средства размещения, а также категории «без звезд», которые востребованы туристами определенных социальных групп населения [14]. В международной практике принята стандартная классификация средств размещения туристов, представленная в таблице [4].

Стандартная классификация средств размещения туристов (составлено по [4])

1	Коллективные средства размещения туристов
1.1	Гостиницы и аналогичные средства размещения
1.1.1	Гостиницы – объекты, состоящие из номеров (7–10), сгруппированных в классы и категории в соответствии с услугами и стандартами страны, имеющие единое руководство и предоставляющие разнообразные гостиничные услуги (отели, мотели, гостиницы квартирного типа, клубы-отели и др.) Они различаются: а) по размеру – меньше 100 номеров, от 100 до 300, свыше 300 номеров; б) по уровню и качеству обслуживания и комфорту отеля – отели класса люкс, первого класса, эконом-класса; в) по управлению – независимые, принадлежащие цепям
1.1.2	Аналогичные средства размещения (пансионаты, туристские общежития, меблированные комнаты и др., заведения, состоящие из номеров, которые предоставляют ограниченные услуги – проживание и уборка номера)
1.2	Специализированные заведения, выполняющие иные функции, кроме функции услуг
1.2.1	Оздоровительные заведения
1.2.2	Лагеря труда и отдыха
1.2.3	Общественные средства транспорта (поезда, морские и речные суда)
1.2.4	Конгресс-центры
1.3	Прочие коллективные заведения
1.3.1	Жилища, предназначенные для отдыха
1.3.2	Кемпинги, общежития
2	Индивидуальные средства размещения
2.1	Собственные жилища
2.2	Арендуемые комнаты
2.3	Арендуемые жилища
2.4	Размещение у родственников, знакомых (бесплатно)
2.5	Прочие (комплексы домов и бунгало, организованные в качестве жилища, предназначенного для отдыха, коттеджи, используемые посетителями-резидентами, площадки для палаток, автоприцепов, домов на колесах)

Одним из элементов коллективных средств размещения, по мнению А. Д. Чудновского, Н. В. Королева, Е. А. Гавриловой, М. А. Жуковой, Н. А. Зайцевой (2014), являются гостиницы, а на современном этапе – преимущественно в странах постиндустриального типа – гостиничные сети или гостиничные цепи [4].

Классически термин «гостиница» определяется как коллективное средство размещения, состоящее из определенного количества номеров, имеющих единое руководство, предоставляющие набор услуг (заправка постелей, уборка номера и санузда) и сгруппированных в классы и категории. В связи с расширением спектра предоставляемых услуг данное определение было уточнено А. Д. Чудновским (2003), считающим, что гостиница – это предприятие, предоставляющее туристам вне их дома комплекс услуг, важнейшими из которых являются услуги проживания и питания [15].

Существует множество принципов и критериев мировой классификации гостиниц в зависимости от национальных географических особенностей страны.

В коллективной монографии [4] приводится классификация гостиниц по следующим критериям: по местоположению (центр города, аэропорт, пригород, шоссе, курорт, элемент придорожного сервиса); по продолжительности работы (круглосуточные, двухсезонные, односезонные); по обеспечению питанием (полный пансион, завтрак); по уровню цен (бюджетные – 25–35 у.е., экономичные – 35–55 у.е., средние – 55–95 у.е., первоклассные – 95–125 у.е., фешенебельные – 125–425 у.е. и выше).

Классификация гостиниц по уровню комфорта, принятая во всем мире, находится в компетенции государственных структур конкретной страны и является предметом рассмотрения специальных законодательных актов национального уровня. Обобщив региональный мировой опыт, А. Д. Чудновский и др. (2014) представили следующую классификацию гостиниц по уровню комфорта:

1) европейскую или систему «звезд», базирующуюся на французской национальной системе классификации (Франция, Австрия, Венгрия, Египет, Китай, Россия и др.), устанавливающую шесть категорий гостиниц, среди которых пять категорий с присвоением определенного количества звезд, одна – без звезды (L);

2) согласно принятым в Италии нормам, гостиницы классифицируются по трем категориям: первая соответствует четырехзвездочной, вторая – трехзвездочной, третья – двухзвездочной;

3) в Испании существует градация средств размещения по категориям: гостиницы – по пяти категориям от одной до пяти звезд; дома гостиничного типа, бунгало, апартаменты – от одной до четырех звезд; постоянные дворы – от одной до трех звезд; пансионы – от одной до трех звезд;

4) классификацию, принятую в Германии, дифференцирующую гостиничные предприятия на пять классов: туристский класс – одна звезда; стандартный класс – две звезды; комфортный класс – три звезды; первый класс – четыре звезды; люкс – пять звезд;

5) используемую в Греции классификацию по системе букв (А, В, С, Д), позволяющую выделить пять категорий: А – соответствует четырехзвездочному уровню; В – трехзвездочному; С – двухзвездочному; Д – однозвездочному; гостиница высшего класса с категорией «де люкс»;

6) применяемую в Великобритании систему «корон» и «алмазов», классифицирующую гостиницы по трем категориям: бюджетные гостиницы (центр города, минимум удобств); гостиницы туристского класса (с наличием ресторана и бара); гостиницы среднего класса (высокий уровень обслуживания); гостиницы первого класса (очень высокое качество комфорта и отличный уровень обслуживания); гостиницы высшей категории (уровень обслуживания и проживания экстра-класса);

7) США не имеет официально утвержденной правительством классификации гостиниц, но высшая категория им присуждается двумя учреждениями American Automobile Assosiations и Vobile Guide [4].

Следует обратить внимание, что категория или тип гостиницы определяется уровнем предоставляемых основных услуг по размещению, а иные услуги способствуют только повышению качества базовой услуги и могут предоставляться в том или ином наборе. Авторство типизации гостиниц на основе мирового опыта принадлежит российским классикам менеджмента туризма А. Д. Чудновскому, Н. В. Королеву, Е. А. Гавриловой, М. А. Жуковой, Н. А. Зайцевой (2014), которые выделили основные пять типов:

1) отель «люкс» - номерной фонд от 100 до 400 с очень высоким ценовым эквивалентом, уровнем обслуживания, предназначенный для обслуживания руководителей высокого иерархического ранга, участников элитарных конференций и др.;

2) отель высокого класса – номерной фонд от 400 до 2000 с ценой выше средней, в пределах города, с рестораном, широким набором услуг, предоставляемым бизнесменам, индивидуальным туристам, участникам конференций;

3) отель среднего уровня – невысокой ценовой категории, максимальное использование современных технологий с тенденцией максимального снижения эксплуатационных расходов путем сокращения трудовых ресурсов за счет автоматизации процессов;

4) апартамент-отель – 100–400 номеров, варианты самообслуживания с плавающей ценой, условия соответствуют варианту меблированной квартиры, предоставляемой бизнесменам и семейным туристам на длительный срок;

5) отель экономического класса – 50–150 номеров, с невысокой ценой (на 25–50 % ниже региональной), ограниченным перечнем современных услуг и персонала, на окраине города, используемая для экономных туристов без полного пансиона и предоставления питания [4].

Гостиничные цепи, по мнению А. Д. Чудновского и др. (2014), представляют собой взаимосвязанную систему аналогичных гостиничных объектов, централизованно управляемых под одним брендом и использующие единые стратегические действия (стандарты качества, обслуживания и др.) на основе общей системы информационного взаимодействия (системы бронирования и глобальной дистрибутивной системы) [4]. При этом коллектив российских авторов приводит

классификацию гостиничных цепей, выделяя в них не категории, а бренды – торговые марки. А в качестве требований к торговой марке А. Д. Чудновский и др. (2014) идентифицирует не только уровень комфортности, но и месторасположение и иные критерии, которые оформляются как стандарты данного бренда, идентичные для одной торговой марки в разных странах. В то же время объекты, функционирующие под конкретной маркой, находятся как под прямым управлением цепью, так и действующие на основе договора франчайзинга. По А. Д. Чудновскому и др. (2014), франчайзинг – это вид предпринимательской деятельности, основанный на договоре, согласно которому франчайзор передает франчайзи права на пользование его торговой маркой на платной основе. В свою очередь франчайзи (пользователь) – это компания, получающая права на использование торговой марки франчайзора [4]. Далее коллектив российских ученых (2014) отмечает, что при условии франчайзинга все без исключения отели подвергаются ежегодной проверке, и в случае отклонения их деятельности от установленных стандартов, по условиям договора лишаются лицензии на право использования торговой марки, а отель выбывает из состава цепи [4].

Ретроспективный анализ организационной структуры управления гостиницами в мировой гостиничной индустрии с 1950 по 2014 г., проведенный А. Д. Чудновским и др. (2014), позволил выделить две основные модели организации гостиничного дела: модель Ритца и модель Кемонса Уильсона, а также две вспомогательные формы организации – добровольные гостиничные цепи (типа Best Western, Romantic Hotels и др.) и совмещенную, как результат сочетания второго и третьего типов модели. Далее авторами приводится краткая характеристика каждого из четырех типов модели [4].

А. Д. Чудновский и др. (2014) подчеркивают, что модель Ритца разработал швейцарский предприниматель – Цезарь Ритц, который основал серию престижных гостиниц мира, оформленных в европейских традициях изысканности и аристократизма. В итоге в 1995 г. эта модель развития объединила 50 действующих в Европе цепей или 3 400 гостиниц с емкостью 410 000 номеров. За последние 25 лет кризис в мировой гостиничной индустрии, по оценкам представителей российской школы (2014), привел к сокращению сети на 3 млн гостиничных номеров [4].

Вторая модель связана с именем американского предпринимателя Кемонса Уильсона, усилиями которого создана цепь гостиниц «Холлидей Инн» [4]. В качестве особенностей модели авторы выделяют гибкость адаптации цепи гостиниц к изменяющимся потребностям туристов. При этом единые и жесткие требования предъявляются к интерьеру гостиниц (единство интерьера и экстерьера, атрибутивной и внешней информации, наличие многофункционального холла, интерактивность в регистрации клиентов, наличие номерного фонда для постоянных клиентов, «шведского» стола как формы организации питания, гибкой системы тарифов, единого управления, маркетинга и службы коммуникаций). Анализ гостиничных цепей модели второго типа показал, что этому типу соответствует более 50 % гостиничных номеров современного мира [4].

Третья модель организации в форме добровольных гостиничных цепочек, по мнению представителей российской школы в области менеджмента туризма (2014) [4], сформировалась в результате объединения гостиниц под единой торговой маркой по однородным признакам, соответствующим стандартам и наборам услуг независимо от страны нахождения. При этом за гостиницами сохраняется финансово-экономическая и управленческая самостоятельность. Кроме того, выделили четвертый тип гостиничных цепей как сочетание второго типа с третьим (Ассог). В этом случае гостиница при вступлении в цепь не становится собственностью гостиничной цепи, а согласно договору с ними, приобретает лишь право использовать фирменный знак цепи, техническую и коммерческую информацию, информационные системы бронирования и иные элементы франшизодателей [4].

География мировой десятки гостиничных цепей по оценке А. Д. Чудновского и др. (2014) выглядит следующим образом:

1) Великобритания – Inter Continental Hotels Group (10 лет), количество стран – более 100, число гостиниц – 4480, количество номеров – 658 348;

- 2) США – Hilton Worldwide (с 1919 г.), количество стран – 84, число гостиниц – 3843, количество номеров – 633 238;
- 3) США – Marriott International (с 1927 г.), количество стран – 70, число гостиниц – 3537, количество номеров – 617 837;
- 4) США, Канада – Wendham Hotels Group (с 1981 г.), число гостиниц – 7205, количество номеров – 613 126;
- 5) Франция – Wendham Hotels Group (с 1981 г.), число гостиниц – 4 426, количество номеров – 531 714;
- 6) США – Choice Hotels International (с 1940 г.), число гостиниц – 6 023, количество номеров – 502 460;
- 7) США – Starwood Hotels and Resota (с 1969 г.), число гостиниц – 1 077, количество номеров – 315 346;
- 8) Великобритания – Best Western – гостиничная сеть под своим единственным брендом, количество стран – 82, число гостиниц – 4 078, количество номеров – 311 598;
- 9) Китай – Home Inns – крупная Азиатская гостиничная сеть, лидер китайского рынка, число гостиниц – 1 426, количество номеров – 176 562;
- 10) Бельгия – Carson Rezidor Hotels Group, количество стран – 80, число гостиниц – 1300, количество номеров – 165 802 [4].

Итак, классики российского менеджмента ОТРИ [4] констатируют факт наличия преимуществ гостиничных цепочек перед отдельными гостиницами, что проявляется в наличии более весомого дохода (на 60 % выше) и высокого уровня заполняемости (на 8 %) по сравнению с локальными гостиницами.

Несмотря на наличие стандартов для каждого класса гостиниц и гостиничных цепей, на практике в разных странах имеются значительные отличия, касающиеся вопросов организации питания для туристов. Результаты обобщения международного опыта позволили выделить применительно к гостиничному сервису, четыре варианта организации питания [4]: 1) завтрак; 2) полупансион (двухразовое питание: завтрак–обед, завтрак–ужин); 3) полный пансион (трехразовое питание: завтрак–обед–ужин); 4) система все включено (полный пансион плюс напитки как безалкогольного, так и алкогольного характера).

Кроме того, авторским коллективом российских ученых (2014) идентифицированы три формы организации питания при обслуживании туристов в различных типах средств размещения. В их числе: «а ля карт» – это свободный выбор блюд, согласно меню, что позволяет удовлетворять как индивидуальные, так и групповые потребности туристов; «тавьдот», представленный единым меню без альтернативы выбора блюд, который широко используется при организации питания тургрупп и практикуется в гостиницах, их цепях, пансионатах, домах отдыха и других средствах размещения с ограниченной возможностью кухни; «шведский стол» – это свободный выбор клиентом блюд на основе самообслуживания на общем столе, что позволяет максимально удовлетворять индивидуальные потребности туристов как по ассортименту, так и по количеству пищи [4].

Особенностью большинства европейских гостиниц является наличие континентального завтрака, который включает ограниченный ассортимент блюд, весьма напоминающих «сухой» завтрак. В их числе: тонизирующие напитки (чай, кофе), хлебо-булочные изделия (булочки, круасаны), ассортимент из индивидуально упакованных йогуртов, масла, какао-масла, джема и др., мюсли, реже в ассортименте ветчина, сыр, фруктовый сок. В отдельно взятых странах (Великобритания, США) гостиницы формируют «английский завтрак», в который кроме выше перечисленного ассортимента входят блюда из яиц (яйца всмятку, вкрутую, омлет, яичница с беконом), а также овсяная каша. При необходимости гостиница может по желанию клиентов исключить питание из пакета предоставляемых услуг [4].

Методологические основы оценки объектов туристско-рекреационной инфраструктуры. В условиях интенсификации и глобализации международного туризма представитель белорусской научной школы О. А. Мечковская (2006) актуальным считает выявление закономерностей территориальной организации туризма на основе комплексного экономико-географического анализа, методологической основой которого является теория мирохозяй-

ственных связей и конкурентности, поляризации туристского рынка, представленная в работах классиков рекреационной географии (Р. Батлер (1980), С. Лишевски (1995), И. И. Пирожник (1996), А. Ю. Александрова (2002)) [16–20].

Региональная оценка объектов туристско-рекреационной инфраструктуры.

Региональная оценка перспектив развития туризма в Республике Беларусь, проведенная О. А. Мечковской (2006), показала, что страна является зоной интенсивного развития международного туризма. По мнению автора, в ней происходят функциональные изменения в пространственной структуре туризма, связанные с усилением его роли в социально-экономическом развитии, с одной стороны, и интенсивным развитием туристического пространства периферийных зон – с другой, что привело к сокращению числа регионов со стагнацией в развитии туризма и увеличению зон активного обмена туристами. В то же время сдвиги в территориальной структуре туризма в Республике Беларусь, находящейся на стадии становления, проявляются в изменении характера освоения туристского пространства от дисперсного (очагового) до ареального [20].

К числу авторов, в работах которых отражен социально-экономический аспект экономико-географического анализа ОТРИ как части ТРП, относятся статьи и представители российской рекреационной школы [5, 11, 21–27], и белорусской индустрии туризма [28, 29].

Общеизвестно, что формирование, потребление и производство туристских ресурсов зависит от уровня развития региональной туристской инфраструктуры. Поэтому в числе первых авторов, проанализировавших объекты туристской инфраструктуры как неотъемлемого элемента ТРП при организации рекреационной деятельности (РД), была Е. В. Колотова (1999), которая в качестве структурных объектов туристско-рекреационного использования (ТРИ) провела анализ учреждений лечебно-оздоровительного отдыха, туристских учреждений и объектов детского отдыха [21].

Для оценки современного состояния элементов инфраструктуры регионов в условиях современной рыночной экономики российские ученые А. С. Левизов и В. Ф. Архипова (2006) разработали методику оценки ОТРИ, основанную на многофакторном анализе, методах математической обработки и данных официальной статистики [22]. Авторская методика оценки ОТРИ имеет общий алгоритм оценки, состоящий из пяти этапов:

- 1) формирование базы данных на основе основных показателей государственной статистики в разрезе девяти факторов, рассчитанных на 10 тыс. чел. населения для районного и областного уровня (число мест в средствах размещения и питания, учреждений культурно-досугового типа и спортивных сооружений, протяженность железных и автомобильных дорог);
- 2) создание результирующей матрицы по вышерассмотренным показателям в разрезе районов и областей, что позволяет составить рейтинг по каждому элементу;
- 3) по результатам второго этапа осуществляется группировка районов и областей;
- 4) для получения итогового показателя в расчет принимается показатель туродной в расчете на 100 тыс. чел. населения, что позволяет обеспечить сопоставимость рассматриваемых районов;
- 5) рассчитывается ряд моделей-трендов с использованием регрессионного анализа и строятся графики моделирующих функций, позволяющие выделить регионы как отстающие от эталонной модели, так и регионы, опережающие ее развитие [22].

Всемирная туристская организация основной предпосылкой для развития туризма и идентификации современного состояния элементов инфраструктуры регионов считает наличие государственной статистики. Ее мнение полностью разделяют российские ученые Е. А. Соболева и Н. Николаев (2006), считая, что статистическая информация необходима органам управления различных уровней развития туризма [2]. Данную аксиому подтверждает факт ключевой позиции статистического учета в странах, отличающихся высоким уровнем развития индустрии туризма. В их числе США, Финляндия, Франция, Испания, Италия и др. [2].

Классик рекреационной географии регионального уровня И. И. Пирожник (2006) в соавторстве с А. И. Тарасенком и В. М. Яцухно (2006) выделяют в качестве факторов, объективно

влияющих на развитие территориальной организации туризма в Беларуси, социально-экономические, в составе которых представлены ОТРИ [29]. При этом пространственным базисом ОТРИ являются такие их структурные элементы, как объекты размещения, питания и развлечения в системе курортов, туристско-рекреационных, особо охраняемых территорий (ООПТ). Представители белорусской школы в системе территориальной организации туризма в регионе выделяют ряд проблем. К их числу относят низкий уровень управления туристским комплексом страны, обусловленным ведомственной и административной раздробленностью элементов территориальной организации туризма. Кроме того, И. И. Пирожник, А. И. Тарасенок и В. М. Яцухно (2006) выявили факт отсутствия управления туризмом в зонах рекреации, несмотря на наличие в них ОТРИ, носящих ведомственный характер обслуживания. В то же время, по мнению авторов [29], ОТРИ, территориально расположенные одновременно в нескольких районах рекреационной зоны, имеют место трудности в согласовании организационных решений по реконструкции или строительству новых объектов, а также в связи с диверсификацией видов туризма существует проблема несоответствия статуса рекреационных функций территории современным потребностям туристского рынка. Речь идет о правовом поле, в котором в системе природопользования правовая функция рекреационного использования рассматривается как вторичная. А соответственно планирование финансирования на развитие территориальной организации туризма в Беларуси и в его составе ОТРИ осуществляется по остаточному принципу, что не способствует ликвидации дисбаланса между потребностями населения в ОТРИ и возможностью их удовлетворения в рекреационный сезон [29].

В современных условиях для повышения эффективности функционирования индустрии туризма Республики Беларусь А. И. Тарасенок (2003), И. И. Пирожник и В. М. Яцухно (2006) предлагают создать пространственный базис специализированных природно-рекреационных территорий, являющихся центрами диверсификации туризма, внедрения инноваций в его организационные структуры и притяжения инвестиций в ОТРИ [28, 29].

Основываясь на региональном подходе, И. В. Ланцова (2006) проанализировала социально-экономические предпосылки развития ОТРИ Конаковского района России и разработала ряд адресных мероприятий, направленных на оптимизацию существующей туристской инфраструктуры [23]. В их числе: модернизация существующих гостиниц для увеличения номерного фонда и строительство новых, соответствующих требованиям европейских стандартов в плане их категорийности и «звездности»; строительство учреждений кратковременного (кемпинги, летние домики) и длительного отдыха; расширение и улучшение функционирования сети предприятий общественного питания, развитие их мобильных средств; организация сферы развлечений и досуга (экскурсии с посещением наиболее живописных природных объектов) [23].

Оценивая влияние рекреационного природопользования как организованного, так и не организованного типа на экологическое состояние Ивановского водохранилища, И. В. Ланцова (2006) оценивает и ОТРИ, расположенных в зоне его влияния. Автор констатирует наличие 29 оздоровительных учреждений, из которых 7 круглогодичного режима эксплуатации, 13 – сезонного использования и 9 – не функционирующих в настоящее время. Кроме того, автор идентифицирует уровень инженерного обеспечения и санитарного состояния ОТРИ в диапазоне от удовлетворительного до высокого, отмечая неравномерный график их загрузки (ежегодно – 1200 тыс.чел./дней, летний сезон – 414 тыс.чел./дней, осенне-весенний – 786 тыс.чел./дней). В то же время исследователь не приводит данных по конкретным ОТРИ, что не позволяет разработать систему адресных мероприятий, направленных на повышение уровня обеспеченности и качества ОТРИ в зоне объекта исследования [30].

Вопросу оценки регионального развития туризма посвящена работа представителя российской научной школы Ю. П. Ковалева (2006), в которой он акцентирует внимание на наличие систем инженерной инфраструктуры как обязательного элемента, определяющего эффективность использования природного ТРП в России [24]. Автор выявил следующие недостатки в системе существующих средств размещения: недостаточное число объектов размещения, преимущественно среднего и дешевого сегментов, а на периферии – высококатегорийных

гостиниц; не соответствие цены и качества обслуживания в имеющихся гостиницах; отсутствие универсальной системы резервирования мест в средствах размещения туристов [24].

Результат оценки регионов России в отношении ОТРИ, полученный Ю. П. Ковалевым (2006), показал, что емкость предприятий по размещению туристов существенно уступает возможности использования ТРП, что является препятствием как для развития внутреннего, так и въездного туризма [24]. К примеру, рассмотрению социально-экономических условий формирования ТРК Смоленской области посвящена статья российского ученого О. И. Корсака (2006), где указана положительная динамика развития объектов размещения и дана их оценка. Выделено 36 гостиниц и мотелей, 17 санаторно-курортных организаций, 5 туристских баз, акцентируется внимание на необходимости их модернизации на основе привлечения соответствующих инвестиций и в соответствии с регламентом международных стандартов [11].

В работе В. А. Рубцова и С. А. Шабалиной (2006) предметом исследования ОТРИ Татарстана являются средства размещения по показателю обеспеченности ими и их география. Результаты оценки уровня насыщенности средствами размещения Татарстана показали, что количество предприятий гостиничного типа составляет 106 с емкостью 6413 мест, что, по мнению авторов, явно недостаточно для перспективного развития внутреннего и въездного туризма. При этом авторы отмечают устойчивую ежегодную тенденцию к снижению рекреационной емкости гостиниц при острой нехватке средств размещения в пик рекреационного сезона. Вместе с тем акцентируют внимание на не соответствие гостиничных услуг сегментам туристского рынка, что проявляется в наличии избытка дорогих отелей («Мираж», «Сафар-отель», «Джузеппе» и др.), не доступных основному потоку въезжающих туристов. В то же время авторы констатируют факт острого дефицита современных гостиниц туристского класса уровня 2–3 звезды и малых гостиниц (емкостью 30–50 чел.). Кроме того, авторы зафиксировали полное отсутствие многофункциональных гостиниц клубного типа с широким спектром услуг для семейных туристов и ОТРИ для детского проживания. В итоге, авторы выявили 58 санаторно-курортных организаций на 3826 номеров, география которых совпадает с размещением пригородной зоны крупных городов. А в границах особо охраняемых природных территорий В. А. Рубцов и С. А. Шабалина (2006) установили 71 объект регламентированного использования без указания рекреационной емкости домов охотника и рыболова на их территории, что делает проблематичным планирование перспектив развития любительского рыболовства и охоты [25].

Принципиальное отличие методики оценки средств размещения В. А. Рубцова и С. А. Шабалиной (2006) заключается в применении комплексного анализа рекреационного использования территории, базирующегося на методе рекреационного районирования территории (выделение территорий региона по однородности признаков и характеру рекреационного использования), что позволяет выделить туристско-рекреационные зоны по их специализации, а также разработать мероприятия по планированию нового строительства и модернизации существующих ОТРИ [25].

Апробация теории оптимальной модели рекреационного пространства И. И. Пирожника (2006) проведена в работе белорусского исследователя А. В. Бобко (2006) на примере городов Беларуси [31, 32]. А. В. Бобко (2006) в структуре модели выделяет состояние объектов туризма, обладающих ТРП и возможность его использования, степень развитости сопутствующей туристской инфраструктуры и пространственную организацию рекреационной инфраструктуры в целом. В целях настоящей работы акцентируем внимание на ОТРИ, представленных средствами размещения туристов и элементами сопутствующей туристской инфраструктуры. Проанализировав уровень развития гостиничного хозяйства в г. Минске и других городах областного и районного уровня, А. В. Бобко (2006) сделал заключение о недостаточном уровне обеспечения объектами размещения. В частности, в г. Минске обеспеченность гостиничным фондом составляет 2,5 места на 1 тыс. жителей, что в три раза ниже нормативных показателей и гораздо ниже уровня центров туризма в Европе. При этом А. В. Бобко (2006) указывает, что среднегодовой коэффициент загрузки номерного фонда ниже 50 %, свидетельствующий о низком уровне их функционирования. В то же время на данном этапе активно развивается

наиболее доходный сегмент рынка – высококлассные гостиницы уровня 3–5 звезд, которые отсутствовали в советский период [31]. Кроме того, А. В. Бобко (2006) акцентирует внимание, что на районном уровне практически не происходит развитие гостиничной сети, так как ограничиваются исключительно модернизацией существующего номерного фонда. Автор отмечает, что повсеместно в гостиницах фиксируется нехватка номерного фонда среднего сегмента, оптимизация которого, как и строительство гостиниц среднего уровня, требует значительных инвестиций. В качестве пути разрешения возникшего противоречия А. В. Бобко (2006) рекомендует организацию частных мини-отелей с номерным фондом от 4 до 20 номеров с локализацией в центре города, как это принято в странах Европы и Северной Америки [32].

Представители белорусской науки И. И. Счастливая и С. П. Сахарова (2006) ключевым фактором регионального туристско-рекреационного развития Брестского приграничного региона Беларуси считают ОТРИ, к которым относят прежде всего средства размещения [33]. Результаты проведенной авторами оценки объектов размещения показали, что в регионе имеется 24 гостиницы, география которых представлена в основном районными центрами (Брест, Пинск, Барановичи, Кобрин, Ивацевичи и Каменюки), туристско-оздоровительными комплексами («Белое озеро» – в Брестском и «Лесное озеро» – в Ивацевичском районах), молодежно-оздоровительным центром («Полесье» – в Пинском районе) и детской турбазой (г. Брест). При этом ученые установили, что единовременная вместимость объектов составляет около 4,0 тыс. чел., что недостаточно для планирования роста числа туристов. В то же время И. И. Счастливая и С. П. Сахарова (2006) констатировали факт несоответствия спектра оказываемых услуг международным гостиничным нормам. В заключении авторы представили систему мероприятий, направленных на устойчивое развитие индустрии туризма в приграничном регионе, в состав которых включили оптимизацию географии объектов размещения различных категорий, а также необходимость модернизации качества автомобильных дорог вне основных трасс [33].

При оценке ТРП Прибужского Полесья белорусские ученые К. К. Красовский, А. А. Волчек и А. Д. Панько (2006) идентифицируют возможности объектов размещения. Авторы выявили существующие ОТРИ, представленные средствами размещения, провели их паспортизацию, которая показала наличие одной санаторно-курортной зоны («Белое озеро»), одного санатория («Берестье»), зоны отдыха («Селяхи»), 9 баз отдыха (категорийностью от VIP персон до детей) и одной агроусадьбы («Медовая поляна») [34]. В то же время оценка категорийности и рекреационной емкости указанных средств размещения не проводилась, что не позволяет выявить уровень насыщенности территории данными средствами.

Анализу и оценке структурных элементов рекреационной инфраструктуры регионального туризма посвящена работа представителя российской науки М. Ш. Валиева (2008) [26]. Автором на основе системы показателей, отражающих инфраструктурное развитие отдельных территорий региона, разработан структурно-логический алгоритм идентификации состояния развития регионального туризма и проведена оценка текущих параметров развития внутреннего регионального туризма. Кроме того, М. Ш. Валиев (2008) выделил показатели, репрезентативные для оценки ОТРИ вдоль водных объектов с целью их последующего использования в туристских проектах и программах.

Коэффициент концентрации населения региона, позволяющий определить степень концентрации населения в населенных пунктах и оценить возможности охвата туристскими услугами центральных территориальных образований.

Коэффициент соотношения среднегодовых доходов населения и затрат на туристские услуги. Привлекательность региона зависит не только от абсолютного уровня доходов населения, но и от их соотношения с годовыми затратами на потребление туристских услуг.

Сводный показатель привлекательности рынка туристских услуг региона:

$$Kko = \sum We \times Be [26],$$

где We – весовой коэффициент частного показателя оценки привлекательности рынка туристских услуг; Be – балльная оценка показателя привлекательности рынка туристских услуг.

В условиях рыночных отношений туризм, как одна из доходных отраслей хозяйства, в значительной степени оказывает влияние на социально-экономическое развитие ряда регионов России. В связи с этим российскими учеными С. В. Виниченко и И. А. Ранниненом (2006) проведена оценка объектов размещения в Омской области и установлено наличие на его территории 32 объектов гостиничного типа, 20 баз и домов отдыха, 12 санаториев-профилакториев, что, по мнению авторов, явно недостаточно для перспективного развития туризма в регионе [35]. Также проведена оценка социально-экономической составляющей ТРП в Республике Саха [36], где получили развитие экологические ВВТ, выявлено, что развитие индустрии туризма сдерживается низкой обеспеченностью ОТРИ, ограниченным количеством комфортабельных гостиниц и инвестированием как в строительство новых, так и в модернизацию существующих средств размещения. В целях повышения уровня обеспеченности объектами размещения и питания, автором предлагается использовать программно-целевой подход к кредитованию государством строительства малых частных гостиниц и ресторанов путем включения мероприятий по их финансированию в государственную целевую программу [36].

Кроме классических проблем ОТРИ, связанных с нехваткой средств размещения и питания, при выявлении особенностей развития круизного вида туризма на Волге, российским исследователем Ю. В. Кокиной (2006) был идентифицирован низкий уровень обеспеченности специальным оборудованием причалов, речных автовокзалов, отсутствие зон «зеленых стоянок». При этом последние, по мнению автора, должны соответствовать следующим требованиям: наличие зоны мелководья, оборудованной бонами, располагать пляжной полосой со всеми атрибутами (биотуалеты, фонтанчики с питьевой водой, урны, лежаки и зонтики, торговые точки, спасательная служба и др.) [37].

К числу пилотных проектов в области оценки качества услуг ОТРИ на уровне регионов относятся результаты исследования представителей российской географической школы В. А. Минаева и Н. А. Платонова (2014) [27]. В их работе представлен авторский вариант методики обработки показателей ОТРИ, необходимых для оценки уровня функционирования туристской сферы региона. Следует отметить, что авторы указанных показателей представили их в виде числовых выражений, отражающих данные трех видов: дихотомические качественные признаки; балльные признаки, как многозначные качественные признаки, имеющие оценочный характер; количественные признаки [27].

Согласно точке зрения В. А. Минаева и Н. А. Платонова (2014), вариант представления итоговых результатов ОТРИ легко обрабатывается и интерпретируется и предназначен как для работников органов управления туризмом, так и для предприятий туристской отрасли регионов [27]. Это позволяет не только количественно сравнить объекты размещения, питания и развлечения туристов, но и дать интегральную оценку рекреационных территорий по качеству туристской инфраструктуры в полимасштабном варианте. При этом процедура авторской оценки включает алгоритм обработки всех трех групп признаков, а также позволяет получить графическую интерпретацию результатов ранжирования характеристик ОТРИ на уровне районов. В заключении В. А. Минаевым и Н. А. Платоновым (2014) делается вывод о результатах ранжирования факторов, негативно влияющих на развитие туризма, туристского сервиса и рекреационной деятельности, которые могут быть использованы в качестве обоснования управленческих решений применительно к конкретным районам. Кроме того, данная методика может быть использована для оценки качества услуг любых объектов туристской индустрии регионов, а также для их объективного сравнения и регионального анализа [27].

Применительно к более узкому спектру ОТРИ, представленному объектами питания и связанной с ними национальной кухней, представителем российской школы рекреационной географии А. И. Никоноровым (2016) дана оценка уровню обеспеченности объектами ресторанного хозяйства Казахстана [38]. Автор анализирует предпосылки развития туризма и историко-географические особенности формирования и основные черты современной национальной казахской кухни, позволяющие превратить ее в основной фактор развития туризма, включив ее элементы как в состав действующей структуры объектов питания, так и единичных на маршруте (мини-кафе передвижного типа). Такой подход позволит, по мнению А. И. Никонорова (2016), обеспечить эффективное развитие туризма в рассматриваемом регионе [38].

Для оценки деятельности гостиниц по размещению туристов и ресторанов в Республике Мордовия Приволжского федерального округа российские ученые В. М. Китис и А. И. Кусерова (2016) анализируют систему абсолютных и относительных показателей их деятельности [39]. При этом авторами отдается предпочтение относительным показателям, таким, как число гостиниц и уровень их «звездности», емкость гостиничного фонда, количество предприятий питания и число посадочных мест в них в пересчете на 10 тыс. чел. Применение такой методики, по мнению авторов, позволяет проводить сравнительный анализ деятельности средств размещения на различных иерархических уровнях (округ, страна). Результаты проведенной оценки ОТРИ показали, что в округе существует дефицит средств размещения. Используя программно-целевой подход в планировании и территориальной организации ОТРИ для развития въездного и внутреннего туризма, авторы рекомендовали увеличить число гостиниц до 35, а их емкость до 256 тыс.чел./год. [39].

Радикальные изменения геополитической ситуации на постсоветском пространстве в 2014 г. привели к необходимости переоценки перспектив и возможности развития сферы туризма в Краснодарском крае. В связи с возвращением Республики Крым в состав Российской Федерации ТРП страны увеличился, поэтому были актуализированы работы по оценке ОТРИ.

В работе российских авторов [40] отражены итоги проведенной оценки уровня обеспеченности исследуемой территории средствами размещения и объектами питания. Результаты исследования показали, что летом уровень заполняемости средств размещения на Черноморском побережье составил 90,1 %, в Краснодарском крае – 70,3 %, а на Азовском побережье – 51 %, что свидетельствует об отсутствии дефицита в плане размещения туристов. Диаметрально противоположная картина зафиксирована авторами по объектам питания, что проявляется в отсутствии их в структуре придорожного сервиса на всех рассматриваемых территориях. Используя синергетический программно-целевой и кластерный подход, рекомендовано в рамках государственно-частного партнерства обеспечить стимулирование мероприятий по строительству объектов туристской инфраструктуры при одновременном развитии новых диверсифицированных видов туризма, позволяющих поддержать тенденции развития внутреннего и въездного туризма [40].

Таким образом, ретроспективный анализ формирования теоретических положений и методических основ оценки ОТРИ позволил выделить в постсоветский период две ветви развития социально-экономической составляющей ТРП в области оценки ОТРИ регионов: российскую и белорусскую, принципиальное различие между которыми прослеживается в применяемых научных методах и объектах исследования.

Список использованных источников

1. Мечковская, О. А. Экономико-географические тенденции развития международного туризма в странах Центрально-Восточной Европы / О. А. Мечковская // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 270–272.
2. Соболева, Е. А. Статистика туризма как предпосылка развития туризма / Е. А. Соболева, Н. Николаев // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 169–173.
3. Бачило, И. Л. Информационное право: учеб. пособие / И. Л. Бачило. – М.: Юрайт, 2009. – 454 с.
4. Менеджмент туризма: учеб. пособие / А. Д. Чудновский [и др.]. – М.: Фед. аг-во по туризму, 2014. – 576 с.
5. Игнатьева, М. Ф. Место и роль туристского комплекса в современной экономике / М. Ф. Игнатьева. – СПб, 1994. – 22 с.
6. Лесник, А. П. Организация и управление гостиничным бизнесом / А. П. Лесник, И. П. Мащицкий, А. В. Чернышев. – М.: Инфра, 2000. – 284 с.
7. Азар, В. И. Экономика и организация международного туризма / В. И. Азар. – М.: Экономика, 2008. – 22 с.
8. Зорин, И. В. Энциклопедия туризма: справочник / И. В. Зорин, В. А. Квартальнов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
9. Ланцова, И. В. Теоретические и методологические аспекты проблем рекреационного использования водохранилищ / И. В. Ланцова, И. Л. Григорьева // Туризм и региональное развитие: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2004. – С. 57–61.
10. Морозов, М. А. Экономика и предпринимательство в социально-культурном сервисе и туризме: учеб. пособие / М. А. Морозов. – М.: ИЦ Академия, 2004. – С. 43–48.
11. Корсак, О. И. Социально-экономические условия формирования туристского комплекса в Смоленской области / О. И. Корсак // Туризм и региональное развитие: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 385–391.

12. *Мозговая, О. С.* Макроэкономические предпосылки развития международных экологических туристских услуг / О. С. Мозговая // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2008. – С. 191.
13. *Тютык, О. В.* Процессы слияния и поглощения в индустрии гостеприимства Пермского края и туристский потенциал региона / О. В. Тютык // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. V Междун. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2008. – С. 407–411.
14. Об утверждении правил предоставления гостиничных услуг в Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации, 28.04.1997, № 490 (в ред. от 01.02.2005, № 49 // Рос. газета, 03.06.1997); Об утверждении правил предоставления гостиничных услуг в Российской Федерации: приказ Минэкономразвития РФ, 25.04.1997, № 490 « (в ред. от 03.09.2003, № 174).
15. *Чудновский, А. Д.* Туризм и гостиничное хозяйство: учеб. пособие / А. Д. Чудновский. – М.: Юркнига, 2005. – 448 с.
16. *Мечковская, О. А.* Экономико-географические тенденции развития международного туризма в странах Центрально-Восточной Европы / О. А. Мечковская // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 270–274.
17. *Batler, R.* The constns of a tourist area cycle of evolutions implication for management of reusources / R. Batler // Canadian Geographer. – 1980. – Vol. 24, No. 1. – P. 5–12.
18. *Пирожник, И. И.* Географические проблемы природопользования в условиях антропогенной деятельности; отв. ред. И. И. Пирожник. – Минск: Белорус. географ. об-во, 1996. – 84 с.
19. *Александрова, А. Ю.* Международный туризм: учеб. пособие / А. Ю. Александрова. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 470 с.
20. *Мечковская, О. А.* Интенсивность развития международного туризма в странах Центральной и Восточной Европы в период экономических реформ (1990–1998 гг.) / О. А. Мечковская // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2001. – № 2. – С. 77–83.
21. *Колотова, Е. В.* Рекреационное ресурсоведение: учеб. пособие / Е. В. Колотова. – М., 1999. – С. 132.
22. *Левизов, А. С.* К вопросу о методике исследования инфраструктуры регионального туризма / А. С. Левизов, В. Ф. Архипова // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 88–89.
23. *Ланцова, И. В.* Природные и культурно-исторические ресурсы туризма в Конаковском районе / И. В. Ланцова // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 351–354.
24. *Ковалев, Ю. П.* К вопросу оценки условий развития туризма в России / Ю. П. Ковалев // Сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 251–256.
25. *Рубцов, В. А.* Зонирование территории Республики Татарстан по значимости отдельных территорий для внутреннего и международного туризма / В. А. Рубцов, С. А. Шабалина // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 351–354.
26. *Валиев, М. Ш.* Анализ и оценка инфраструктурного развития внутреннего регионального туризма / М. Ш. Валиев // Вестн. Томск. гос. ун-та. – 2008. – С. 165–170.
27. *Минаев, В. А.* Методика анализа качества региональной инфраструктуры индустрии туризма и туристского сервиса / В. А. Минаев, Н. А. Платонова // Вестн. ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 38–48.
28. *Тарасенок, А. И.* Экономико-географическая оптимизация туристского использования рекреационных территорий: Автореф. дис. ... канд. географ. наук. – Минск: БГУ, 2003. – 22 с.
29. *Пирожник, И. И.* Совершенствование пространственного базиса туристского хозяйства Беларуси / И. И. Пирожник, А. И. Тарасенок, В. М. Яцухно // Сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 139–145.
30. *Ланцова, И. В.* Влияние рекреационного природопользования на экологическое состояние Ивановского водохранилища / И. В. Ланцова // Туризм и региональное развитие: сб. науч.ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 520–525.
31. *Бобко, А. В.* Развитие модели рекреационного пространства туристов в городах Беларуси / А. В. Бобко // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 219–224.
32. *Пирожник, И. И.* Трансформация рекреационно-туристического пространства в эпоху глобализации / И. И. Пирожник // Сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 136–138.
33. *Счастливая, И. И.* Туристско-рекреационный потенциал Брестского приграничного региона Беларуси и перспективы его использования / И. И. Счастливая, С. П. Сахарова // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 300–306.
34. *Красовский, К. К.* Рекреационный потенциал Прибужского Полесья / К. К. Красовский, А. А. Волчек, А. Д. Панько // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 391–397.
35. *Виниченко, С. В.* Состояние и проблемы развития туризма в Омской области / С. В. Виниченко, И. А. Раннинен // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 335–340.
36. *Тотонова, Е. Е.* Оценка туристско-рекреационного потенциала Республики Саха и пути повышения эффективности его использования / Е. Е. Тотонова // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 472–477.
37. *Кокина, Ю. В.* Проблемы развития круизного туризма на Волге и пути их решения / Ю. В. Кокина // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2006. – С. 370–376.
38. *Никоноров, А. И.* Национальная кухня, как фактор развития туризма в Казахстане / А. И. Никоноров // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2016. – С. 98–103.
39. *Китис, В. М.* Место туризма Республики Мордовия в Приволжском федеральном округе / В. М. Китис, А. И. Кусерова // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2016. – С. 181–185.
40. *Миненкова, В. В.* Туристско-рекреационный комплекс Каснодарского края в новых геополитических условиях / В. В. Миненкова, Д. В. Максимова, Т. В. Салеева // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Смоленск: СГУ, 2016. – С. 186–191.

Поступила 20.01.2020

УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ
SCIENTISTS OF BELARUS
ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ

ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ЛОГИНОВ

(К 80-летию со дня рождения)



8 марта 2020 г. исполнилось 80 лет известному белорусскому ученому в области климатологии и геоэкологии академику НАН Беларуси Владимиру Федоровичу Логинову. Владимир Федорович родился в д. Зеленовка Витебской области (Беларусь) в семье потомственного работника лесного хозяйства. В 1963 г. он закончил арктический факультет Высшего инженерного морского училища им. адмирала С. О. Макарова и продолжил обучение в очной аспирантуре Ленинградского государственного университета на кафедре метеорологии и климатологии, где подготовил и досрочно защитил кандидатскую диссертацию. После окончания аспирантуры был распределен в Ленинградский государственный университет.

В 1969 г. В. Ф. Логинов был приглашен в Иркутск в Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Сибирского отделения АН СССР (в настоящее время Институт солнечно-земной физики СО РАН). Работая в Иркутске с 1969 по 1973 г.,

В. Ф. Логинов приобрел ценнейший опыт по изучению атмосферы. В 1973 г. В. Ф. Логинов переезжает в Обнинск, где до 1977 г. работает в должности заведующего лабораторией солнечно-земных связей и сверхдолгосрочных прогнозов во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных Государственного комитета СССР по гидрометеорологии. Важнейший период творческой деятельности В.Ф. Логинова связан с Главной геофизической обсерваторией им. А. И. Воейкова, где он в период с 1977 по 1983 г. совмещал должности заведующего лабораторией и заместителя директора по научной работе.

Большую роль в жизни ученого и организатора науки сыграло сотрудничество с Институтом исследования плазмы Стэнфордского университета (в 1975 г. в рамках межправительственного соглашения между СССР и США) и со Всемирной метеорологической организацией, где он работал в качестве консультанта и старшего советника (1984, 1985–1987 гг.).

Исследования В. Ф. Логинова по оценке воздействий внешних климатообразующих факторов (вулканической и солнечной активности) на атмосферу Земли помогли обосновать гипотезу о непостоянстве одной из известных в астрофизике констант – солнечной постоянной и нестабильности солнечно-атмосферных связей и выполнить ряд интересных исследований в области гелиогеофизики и климатологии. Кроме того, В. Ф. Логиновым представлены наиболее полные оценки вклада вулканических и антропогенных аэрозолей в изменение солнечной радиации и климата в различных географических районах и обоснованы принципиальные возможности использования актинометрических наблюдений для мониторинга загрязнения атмосферы.

В 1990 г. Владимир Федорович возвращается на родину в Беларусь, получив приглашение на работу в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, где работал в качестве заместителя директора по научной работе, а с 1997 по 2008 г. возглавлял институт. В это время он активно занимался организаторской работой по становлению и развитию природоведческого направления научных исследований, организовал проведение фундаментальных и прикладных климатических исследований.

Большое научное значение имеют работы В. Ф. Логинова по исследованию современного изменения климата и экстремальных климатических явлений (засух, наводнений) под влиянием естественных и антропогенных факторов. Под его руководством выполнено крупномасштабное теоретическое и прикладное исследование климата Беларуси, установлены пространственно-временные закономерности его изменений, разработана Национальная климатическая программа.

Неоценимый вклад для практики природопользования внесли выполненные В. Ф. Логиновым оценки воздействия климата на различные отрасли хозяйства и социальную сферу, разработанные сценарии изменений климата, гидрологических и агроклиматических показателей и их последствий. В последние годы Владимир Федорович особое внимание уделяет вопросам уязвимости и адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату.

Признанием научных достижений В. Ф. Логинова в области климатической науки в республике явилось избрание его членом-корреспондентом в 1994 г. и академиком НАН Беларуси в 2000 г.

В. Ф. Логинов – автор более 550 научных работ, в том числе 40 монографий, брошюр, справочников и учебных пособий. Под его редакцией вышли в свет десятки монографий, сборников научных трудов, экологических бюллетеней. Он является членом редколлегий научных журналов России («География и природные ресурсы» и «Проблемы региональной экологии»), Беларуси («Доклады Национальной академии наук Беларуси», «Природопользование» и др.), Украины («Украинский географический журнал») и др.

Научно-педагогическая деятельность В. Ф. Логинова связана с Ленинградским, Иркутским и Белорусским государственными университетами. Под его руководством защищено 14 кандидатских диссертаций и 3 докторских.

Владимир Федорович много внимания уделяет подготовке и представлению на различных уровнях специальных обзоров и аналитических докладов, посвященных проблемам изменения климата. Его аналитические выкладки и рекомендации используются министерствами страны и областными исполнительными комитетами. В 2014 г. в составе правительственной делегации он участвовал в Климатическом Саммите Генеральной ассамблеи ООН и инвестиционном форуме «Беларусь–США», которые проходили в Нью-Йорке. В. Ф. Логинов является одним из авторов первых международных бюллетеней мониторинга глобального климата и государственных докладов о состоянии природной среды Республики Беларусь. Под его руководством осуществлялся ежегодный выпуск экологического бюллетеня «Состояние природной среды Беларуси» (1992–2015 гг.).

Научная и общественная деятельность В. Ф. Логинова признана в Беларуси и далеко за ее пределами. За значительный вклад в развитие гидрометеорологической службы ему присвоено почетное звание «Отличник Госкомгидромета СССР» (1990 г.). Он дважды становился лауреатом премии НАН Беларуси за циклы научных работ в области климатологии (1997 и 2007 гг.). Обладатель Почетного диплома за лучшую научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу в области гидрометеорологии Межгосударственного Совета по гидрометеорологии СНГ (1999 г.). Совместно с группой ученых – физиков и химиков В. Ф. Логинову присуждена Государственная премия Республики Беларусь в области науки и техники (2002 г.). Награжден медалью Франциска Скорины, памятной медалью Парламентского Собрания Союза Беларуси и России. В 2010 г. за весомый научный и практический вклад в охрану природы ему присвоено звание «Почетный эколог» и вручен одноименный нагрудный знак Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. За достижения в науке и резуль-

таты международного сотрудничества в 2020 г. награжден высшими академическими наградами – золотой медалью Национальной академии наук Беларуси и дипломом Почетного доктора Национальной академии наук Украины.

В настоящее время Владимир Федорович с удивительной энергией воплощает свои творческие замыслы в жизнь, он полон новых идей, но климатология по-прежнему остается его самой большой привязанностью. Свидетельством тому опубликованные в последние годы монографии: «Изменения климата: тренды, циклы, паузы» (2017, соавт. В. С. Микуцкий), «Глобальные и региональные изменения климата: доказательная база и международные соглашения по защите климата» (2018), «Современные изменения глобального и регионального климата» (2019, соавт. С. А. Лысенко), «Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования» (2020, соавт. С. А. Лысенко и В. И. Мельник), «Космические факторы климатических изменений» (2020).

В. Ф. Логинов обладает организаторским талантом, широкой эрудицией, активной жизненной и творческой позицией, относится к плеяде ученых, беззаветно преданных своей профессии.

От всей души желаем юбиляру доброго здоровья, неиссякаемых сил и энергии для новых научных поисков и свершений на благо и процветания Беларуси.

*М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов, Н. В. Ламан, И. И. Лиштван,
С. А. Лысенко, А. В. Пугачевский, А. И. Чайковский, М. Г. Герменчук,
С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич*