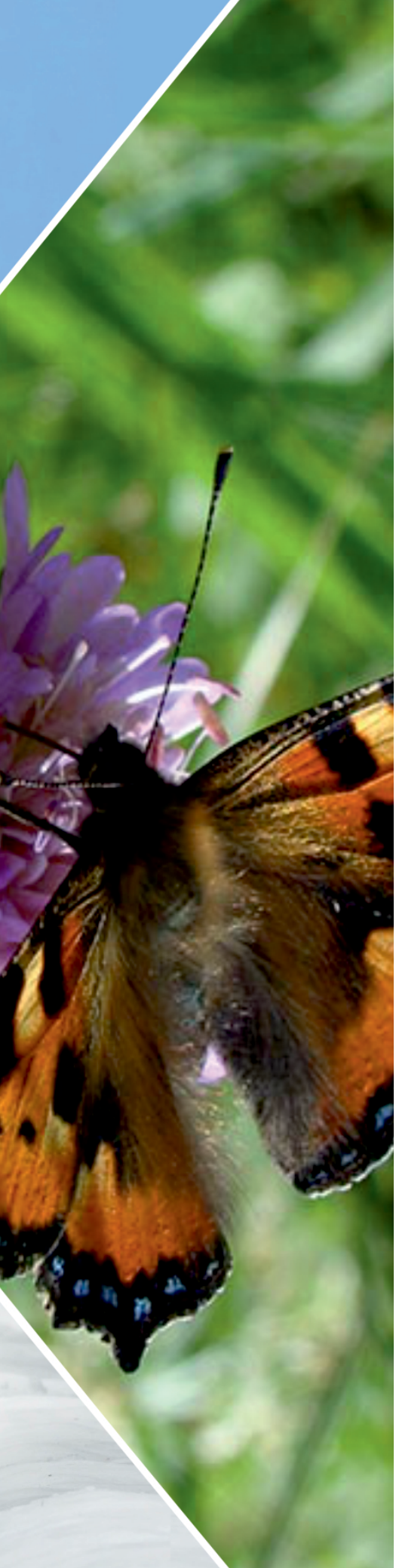
МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ 22
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОСТИ 45
СТАНОВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ 55
ЖЕНСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В НАУКЕ 60

НАУКА И ИННОВАЦИИ

№3 (253)
МАРТ 2024
научно-практический журнал

В мире Красной книги

ISSN 1818-9857
ISSN 2412-9372 (online)



Площадка открытых коммуникаций

«Неделя родной природы»

20–24 мая 2024 г.

Мероприятия, посвященные празднованию Международного дня биологического разнообразия

В ПРОГРАММЕ:

- **пресс-конференции, открытые лекции, научно-практические и обучающие семинары, мастер-классы**
- **тематические экскурсии в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси**
- **дни открытых дверей в организациях ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»**
- **ботанический и зоологический четверг**
- **информационно-развлекательное мероприятие, посвященное Всемирному дню пчел (Центральный ботанический сад НАН Беларуси)**
- **ежегодная ученическая научная конференция и областной этап юниорского конкурса «Квітней, мой лес», информационно-образовательный проект «Диалоги о природе» в Институте леса**

Подробности на сайте: https://biobel.by
e-mail: zoology@biobel.by

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Отделение биологических наук НАН Беларуси, пр. Независимости 66, Минск
НПЦ по биоресурсам, ул. Академическая, 27, Минск
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф Купревича, ул. Академическая, 27, Минск
Центральный ботанический сад, ул. Сурганова, 2в, Минск
Институт леса, ул. Пролетарская, 71, Гомель

По вопросам участия в мероприятиях обращаться по тел.:
+375 (17) 379-10-36
ученый секретарь, кандидат биологических наук, доцент Марина Сергеевна Малько

Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации №388 от 18.05.2009 г.

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

В.Г. Гусаков – *председатель совета*
П.А. Витязь – *зам. председателя*
С.А. Чижик – *зам. председателя*
Ж.В. Комарова
В.Ф. Байнев
О.Ю. Баранов
А.И. Белоус
В.Г. Богдан
С.В. Гапоненко
В.Л. Гурский
А.Е. Дайнеко
А.И. Иванец
Н.С. Казак
А.В. Кильчевский
Э.И. Коломиец
С.А. Красный
М.В. Мясникович
О.Г. Пенязьков
Ф.П. Привалов
С.П. Рубникович
О.О. Руммо
С.В. Харитончик
И.П. Шейко
А.Г. Шумилин
С.С. Щербаков

Главный редактор:
Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович
Наталья Минакова
Татьяна Жданович
Юлия Василишина

Дизайн и верстка:
Татьяна Аверкова

Фото на обложке Александры Ларченко

Адрес редакции:
220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 351-14-46,
e-mail: nii2003@mail.ru,
www.innosfera.belnauka.by

Подписные индексы:
007 532 (ведомственная)
00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 9,8. Тираж 491 экз.
Цена договорная.
Подписано в печать 21.03.2024.

Издатель: РУП «Издательский дом «Беларуская навука». Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013. г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40.
Заказ № 55.

© «Наука и инновации»

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал обязательна.
За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.
Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Содержание

ОСВОБОЖДЕНИЕ. ХРОНИКА СОБЫТИЙ

Анатоль Крыварот

Скаваць нямецкую групу армій «Цэнтр» 4

Другі матэрыял сумеснага праекту часопіса «Навука і інавацыі» і Інстытута гісторыі НАН Беларусі «Освобождение. Хроника событий» раскрывае падрабязнасці наступальных аперацый Чырвонай арміі на віцебскім, багушэўскім, аршанскім, палескім напрамках у сакавіку – красавіку 1944 г.

ТЕМА НОМЕРА: **В МИРЕ КРАСНОЙ КНИГИ**

Наталья Минакова

Охрана исчезающих видов: правовой взгляд 10

В материале рассматривается создание механизмов, направленных на охрану отдельных видов животных и растений, находящихся на грани исчезновения.

Аркадий Скуратович, Сергей Савчук

Красная книга: история, традиции, опыт, новизна 12

В статье подчеркнута необходимость налаживания долгосрочного мониторинга, проведения мероприятий по ренатурализации представителей флоры, находящихся в угрожающем состоянии.

Максим Колосков

Подготовка к изданию пятого выпуска Красной книги: животные 18

Обоснована потребность в актуализации перечня охраняемых животных и растений для дальнейшего поддержания биологического разнообразия.

Ирина Вознячук

Мониторинг охраняемых видов растений и грибов 22

Представлена стратегия сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и грибов, предусматривающая в качестве приоритетного направления популяционный принцип их охраны в условиях естественной среды обитания.

Александр Кильчевский, Наталья Савина, Светлана Кубрак, Елена Макеева

Генетические исследования в деле биологического разнообразия 27

Материал посвящен созданию биоресурсных коллекций, а также роли молекулярно-генетических методов в изучении биологического разнообразия.

Павел Гештовт, Василий Шакун

Опыт сохранения и управления популяцией зубра в Беларуси 32

Отражено состояние популяции зубра в мире и Беларуси. Определены наиболее острые проблемы и пути их решения, описаны основные принципы и особенности управления популяцией данных животных.

Анатолий Кулак

Новые данные о биологии и распространении *Zerynthia polyxena* (Denis et Schiffermüller, 1775) в Беларуси 36

Приведены новые данные о распространении и динамике численности поликсены – *Zerynthia polyxena* на территории Беларуси. Обозначены причины, влияющие на ее численное сокращение.

Татьяна Липинская, Татьяна Железнова, Виталий Семенченко

Биологические инвазии: распространение и регулирование 41

Дан анализ общемировым проблемам биологических инвазий в контексте их проявлений в Беларуси. Затронут вопрос создания национальной стратегии по борьбе с инвазивными видами.

№3 (253) 2024

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ

Валерий Гончаров, Наталья Янкевич

Технологические аспекты электромобильности (ч. 1) 45

В первой части обзора глобальных тенденций развития электротранспорта рассматриваются факторы, влияющие на ценовую политику компаний, а также пути решения экологических проблем.

Чжан Кан, Вадим Голик

Тенденции развития автомобильного рынка Китая 50

Представлены основные тренды, характерные для автопрома Китая: электрификация, интеллектуализация, интернетизация и шеринг.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Жанна Комарова

Становление цифровой экосистемы 55

Директор Центра цифрового развития Игорь Михайловский рассказывает о становлении и развитии отечественной экосистемы цифровой экономики, задачах, стоящих перед организацией.

СОЦИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Алеся Соловей

Женщины в кадровом потенциале белорусской науки: сравнительный анализ 60

Исследуется изменение удельного веса женщин-ученых в кадровом составе белорусской науки за последние четверть века. Отдельное внимание уделяется представленности женщин в различных областях научной деятельности и на каждом уровне профессиональной подготовки.

INVENTA MATHEMATICORUM

Владимир Сарванов, Евгений Макаров

Как из 100 000 000 000 вариантов выбрать нужный, если перебрать успеваешь только 100 из них? 64

Первый материал нового цикла, в котором белорусские ученые-математики в рамках нашего совместного проекта знакомят читателя с удивительной историей изобретений своих коллег по науке, в том числе – решениями простых с виду задач, ставших загадкой на сотни лет и задавших алгоритмы работы многих технологий современного мира.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Галина Пироговская

Вымывание питательных элементов из почв: экономический аспект 73

На основе многолетних наблюдений анализируется динамика поступления с атмосферными осадками полезных веществ в разные виды почв Беларуси и величины их потерь под влиянием природных факторов, в том числе в финансово-экономическом выражении, позволяющем сбалансировать расходы и доходы аграрных предприятий при возделывании сельхозкультур.

ОНТОЛОГИЯ НАУКИ

Наталья Минакова

Столпы белорусской науки 81

Завершающая часть подборки коммеморативных практик посвящена выдающимся представителям аграрной науки Беларуси.

СКАВАЦЬ НЯМЕЦКУЮ ГРУПУ АРМІЙ «ЦЭНТР»

сакавік – красавік 1944 г.

Анатоль Крыварот,
вядучы навуковы супрацоўнік цэнтра ваеннай гісторыі Беларусі Інстытута гісторыі НАН Беларусі, кандыдат гістарычных навук, дацэнт

Другі матэрыял сумеснага праекту часопіса «Навука і інавацыі» і Інстытута гісторыі НАН Беларусі «Освобождение. Хроника событий», прысвечанага 80-годдзю вызвалення Беларусі ад нямецка-фашысцкіх захопнікаў, раскрывае галоўныя вехі на шляху да Перамогі і падрабязнасці наступальных аперацый Чырвонай арміі на віцебскім, багушэўскім, аршанскім, палескім напрамках вясной 1944 г.

У планах Стаўкі Вярхоўнага Галоўнакамандавання (Стаўка ВГК) на зімова-вясновую кампанію 1944 г. асноўнымі напрамкамі наступлення Чырвонай арміі былі вызначаны паўночна-заходні і паўднёва-заходні. Пры гэтым у якасці галоўнага ўдару па войсках вермахта, як і восенню – зімой 1943 г., быў абраны другі напрамак, дзе меркавалася наступаць сіламі 1, 2, 3, 4-га Украінскіх франтоў.

Войскам 1-га Прыбалтыйскага, Заходняга і Беларускага франтоў на зіму і вясну 1944 г. ставілася задача скаваць нямецкую групу армій «Цэнтр», не дазволіць гітлераўскаму камандаванню перакідваць яе сілы для стрымлівання наступлення войск Чырвонай арміі на асноўных напрамках і вызваліць як мага большую тэрыторыю Беларусі [1].

Пры падрыхтоўцы зімова-вясновага наступлення 1944 г. у першую чаргу забяспечваліся франты, якія павінны былі наступаць у напрамку галоўнага ўдару. Вядучая роля ў пачатку зімовага наступлення 1944 г. адводзілася войскам 1-га Украінскага фронту, для папаўнення якога былі накіраваны з рэзерву Стаўкі ВГК дзве агульнавайсковыя і танкавая арміі, асобныя танкавыя, артылерыйскія і авіяцыйныя злучэнні [1].

Войскам Чырвонай арміі на беларускім напрамку (1-ы Прыбалтыйскі, Заходні і Беларускі франты) людскія рэзервы, баявая тэхніка і матэрыяльныя рэсурсы зімой 1943–1944 гг. практычна не выдзяляліся. У сваіх успамінах К.К. Ракасоўскі (на той час камандуючы Беларускім франтам) апісвае сітуацыю наступным чынам: «По всему чувствовалось, что центр тяжести Ставка перенесла на Украину и вообще на южное крыло советско-германского фронта. Туда направлялись соединения из резерва Ставки – общевойсковые и танковые армии, танковые корпуса, артиллерийские соединения, танки, пушки, самолеты. Белорусский фронт не получал в то время ничего, хотя задача наша оставалась прежней. Мы должны были наступать, а сил у нас оставалось все меньше, о чем Ставка прекрасно знала. Но мы понимали, что иначе нельзя. Наша задача – активными действиями приковать к себе как можно больше вражеских сил и тем самым облегчить наступление на главном направлении. И мы прилагали все усилия, чтобы выполнить эту задачу. На крупные успехи не рассчитывали, но и на месте не стояли» [2].

Прабіцца да Віцебска

Вясной 1944 г. галоўныя падзеі на цэнтральным участку савецка-германскага фронту разгарнуліся на ўсходзе Віцебскай вобласці. У адпаведнасці з патрабаваннямі дырэктывы Стаўкі ВГК ад 26 лютага 1944 г. войскі Заходняга фронту зноў разгарнулі наступленне на віцебскім напрамку. Для правядзення наступальнай аперацыі (29 лютага – 5 сакавіка 1944 г.) было сканцэнтравана 15 стралковых дывізій са складу 39, 33 і 5-й армій Заходняга фронту, а таксама былі прыцягнуты дадаткова 14 стралковых, артылерыйскіх і танкавых брыгад, 10 артылерыйскіх палкоў Рэзерву Галоўнакамандавання (РГК) і 87 танкаў. Праціўнік меў у гэтым раёне 5 пяхотных дывізій, 10 артпалкоў і 90 танкаў [1].

Перад фронтам 39-й арміі (камандуючы – генерал М.Э. Берзарын) у канцы лютага 1944 г. дзеяннямі разведвальных атрадаў было выяўлена аслабленне праціўніка і актыўны рух яго дробных груп і транспарту ў напрамку Віцебска. У такой сітуацыі камандуючы арміяй вырашыў пачаць пераслед нямецкіх падраздзяленняў. Падчас наступальных дзеянняў, якія пачаліся ў другой палове дня 29 лютага 1944 г. сіламі 134, 262, 19 і 17-й стралковых дывізій, праціўнік за першы дзень быў выбіты з населеных пунктаў Стугрова, Абухава (12 км на ўсход ад Віцебска), Цішкава, Навасёлкі, Козікі. Пасля аднаўлення наступлення 1 сакавіка 1944 г. часці арміі прасунуліся за дзень на 5 км і выйшлі на лінію Канчаны (12 кіламетраў на паўночны ўсход ад Віцебска) – Баравыя – Яськова – Абухава – Аржалава – Прудніки. На цэнтральным участку паласы наступлення 39-й арміі савецкія войскі прабіліся на 3 км і авалодалі населенымі пунктамі Скуратава і Раманава за 10 км на ўсход

Савецкія войскі на віцебскім напрамку. Канец зімы – пачатак вясны 1944 г.

ад Віцебска. Пераслед праціўніка завяршыўся 3 сакавіка, бо гітлераўскае камандаванне арганізавала на новым рубяжы моцнае агнявое супраціўленне і правяло контратакі. Левафланговыя часці 262-й стралковай дывізіі, якія змаглі 4 марта 1944 г. прабіцца яшчэ на адзін кіламетр, у далейшым замацаваліся на дасягнутых рубяжах [1].

Пры разгортванні наступу 39-й арміі на віцебскім кірунку з 29 лютага да 5 сакавіка 1944 г., па меркаванні Стаўкі ВГК, былі дапушчаны пралікі на ўсіх узроўнях. Камандаванне арміі недакладна вызначыла глыбіню адыходу праціўніка, таму яго пераслед праводзіўся без уліку магчымых контрдзеянняў не буйнымі групіроўкамі, а распыленымі сіламі. Штаб арміі не змог правільна арганізаваць узаемадзеянне пяхоты з танкамі і не забяспечыў іх артылерыяй для падаўлення агнявой сістэмы ворага. Парушалася кіраванне палкамі і батальёнамі. На дзеяннях войск адмоўна адбілася нізкая ўкамплектаванасць асабовым складам на ўзроўні ротнага звяна і дэфіцыт снарадаў буйных калібраў [1].

Вясновы наступ 33-й (камандуючы – генерал В.М. Гордаў) і 5-й (камандуючы – генерал М.І. Крылоў) армій на віцебскім напрамку пачаўся 2 сакавіка 1944 г. і праводзіўся з мэтай перарэзаць чыгунку на ўчастку Паддубляны – Чарапіі. Артылерыйская падрыхтоўка, якая папярэднічала наступленню войск, не змагла падавіць агнявую сістэму немцаў. Дзве правафланговыя дывізіі 5-й арміі ў першыя два дні наступлення ў баях на ўчастку Карпавічы – Рошча на паўднёвы захад ад Макарава сустрэлі моцнае агнявое супраць дзеянне праціўніка і таму руху наперад не мелі. Напрыклад, на 3 сакавіка 1944 г. у паласе 5-й арміі дзейнічала 18 артылерыйскіх і 8 мінамётных батарэй праціўніка. На працягу першай паловы дня 4 сакавіка 1944 г. часці 97-й і 277-й стралковых дывізій тройчы безвынікова атакавалі немцаў на ўчастку Карпавічы – Рошча. У другой палове дня 4 сакавіка 1944 г. пазіцыі 338-й дывізіі ў раёне населенага пункта Рэчкі падвергліся моцнаму артылерыйскаму ўдару і атакам да двух батальёнаў пяхоты гітлераўцаў, якія былі паспяхова адбіты савецкімі войскамі. У паласе 33-й арміі баі на працягу чатырох дзён вяліся за авалоданне варожымі апорнымі пунктамі Рогі (8 км на поўдзень ад Віцебска), Парацькова, Жукі, Новікі, Перавоз, размешчаных уздоўж ракі Лучоса [1].

У выніку наступальных дзеянняў 29 лютага – 5 сакавіка 1944 г. правафланговыя арміі Заходняга фронту здолелі прарваць абарону немцаў толькі ад 2 да 6 км. Чарговы раз не ўдалося прабіцца да Віцебска з паўднёва-ўсходняга і паўднёвага напрамкаў. Прычынамі няўдач у асноўным з'явіліся пралікі ў кіраўніцтве баявымі дзеяннямі з боку камандавання. Не было належным чынам наладжана ўзаемадзеянне пяхоты з артылерыйскімі і танкавымі падраздзяленнямі. Падчас артылерыйскай падрыхтоўкі стралковыя падраздзяленні пазніліся з пачаткам атакі. Акрамя таго, на выкананне баявых задач негатыўны ўплыў аказвала нізкая ўкамплектаванасць падраздзяленняў, часцей і злучэнняў. Баявы рух армій правага крыла Заходняга фронту прыкметна ўскладняўся наяўнасцю ў гітлераўскага камандавання магчымасцей манеўраваць асабовым складам і агнявымі сродкамі вакол Віцебска. Падчас наступальнай аперацыі на віцебскім напрамку з 29 лютага па 5 сакавіка 1944 г. страты войск Заходняга фронту склалі 11 855 чалавек: 2650 забітымі і 9205 параненымі [1].

Наступальныя дзеянні на аршанскім напрамку 5–9 сакавіка

Рашэнне гэтай баявой задачы было ўскладзена на войскі 31-й арміі (камандуючы – генерал У.А. Глуздоўскі) Заходняга фронту. Для ўзмацнення яе наступаль-

ных магчымасцей з 29 лютага па 3 сакавіка ёй былі перададзены 61-ы і 62-і стралковыя корпусы з 49-й арміі (камандуючы – генерал І.Ц. Грышын). Па стане на 4 сакавіка 1944 г. у 31-й арміі было 8 стралковых дывізій, 3 артылерыйскія брыгады, 6 артылерыйскіх палкоў РГК, танкавая брыгада, 2 танкавыя палкі (усяго 80 танкаў). Суадносіны сіл былі наступныя: 31-я армія пераўзыходзіла праціўніка па асабовым складзе ў 1,7 раза, па артылерыі і мінамётах у 1,5 раза, па танках і САУ (самаходных артылерыйскіх установах) у 1,2 раза. На напрамку галоўнага ўдару перавага наступаючых савецкіх войск была абсалютнай. Перад 31-й арміяй была пастаўлена задача ўдарнай групіроўкай на сваім левым фланзе прарваць абарону праціўніка на ўчастку Асінторф – Пушча (26 км на паўночны ўсход ад Оршы), затым перамяшчэннем уздоўж Мінскай шашы авалодаць прамежкавымі пазіцыямі ворага і выйсці на лінію Выдрыца – Гацькаўшчына. У якасці канчатковай мэты наступлення ставілася вызваленне г. Орша [1].

Часці стралковых дывізій 31-й арміі да канца першага дня наступу, нягледзячы на развітую сістэму абарончых збудаванняў, густую сетку мінных палёў, контратакі праціўніка пры падтрымцы танкаў, здолелі выбіць немцаў з першай лініі траншэй на ўчастку Асінстрой – Лабаны і ўкліниццa ў абарону ворага на адзін кіламетр. Увечары 6 сакавіка, пераадолеўшы моцнае агнявое супраціўленне і контратакі гітлераўцаў, савецкія войскі вялі бой за другую лінію траншэй праціўніка і знішчылі за дзень наступлення да 1 тыс. нямецкіх салдат і афіцэраў. Некалькі дзён асабовы склад 61-га і 71-га стралковых корпусаў вёў цяжкія баі з гітлераўцамі, якія прымянялі моцныя артылерыйскія і мінамётныя ўдары, праводзілі контратакі з раёна Асінторф і Ласыршчыкі. Акрамя таго, у другой палове 9 сакавіка 1944 г. нямецкая авіяцыя дзвюма групамі па 22 і 27 самалётаў бамбіла пазіцыі савецкіх войск у раёнах Новае Сяло і Судзілавічы, а 10 сакавіка тут жа дзейнічалі групы ад 8 да 25 нямецкіх пікіруючых бамбардзіроўшчыкаў. Авіяцыйная падтрымка пазіцый за 8–10 кіламетраў на поўнач ад Дуброўны дазволіла германскім часцям пасля 6-гадзіннага бою вярнуць другую лінію сваіх траншэй. За два дні баёў зенітная артылерыя 31-й арміі збіла 12 варожых самалётаў. У наступныя дні войскі арміі адбівалі атакі 78-й пяхотнай дывізіі вермахта каля ракі Чарніца за 4 км на поўнач ад населенага пункта Бабінавічы і былі вымушаны адысці на яе ўсходні бераг [1, 3].

Удары савецкіх войск 5–9 сакавіка 1944 г. на аршанскім напрамку не прынеслі чаканага выніку. Пяхота пры наступленні затрымалася на першай лініі траншэй і тым самым дала магчымасць праціўніку адарвацца і затым пры падтрымцы бамбардзіровачнай авіяцыі перайсці ў контрнаступленне. Падчас баявых дзеянняў выявілася слабая вывучка пяхоты, а таксама недастатковая арганізацыя ўзаемадзеяння паміж родамі войск і ўнутры іх [1].

Багушэўская наступальная аперацыя (21–29 сакавіка)

У трэцяй дэкадзе сакавіка 1944 г. войскамі 33-й (камандуючы – генерал І.Я. Пятроў) і 5-й арміі Заходняга фронту было разгорнута наступленне на багушэўскім напрамку. Па стане на 21 сакавіка 33-я армія ўключала ў свой склад 9 стралковых дывізій, 10 артылерыйскіх брыгад, 6 артылерыйскіх палкоў РГК, 5 танкавых брыгад, 4 палкі САУ. Усяго на ўзбраенні арміі было 73 танкі. Праціўнік меў 2 пяхотныя дывізіі, да 5 артылерыйскіх палкоў і каля 40 танкаў [1].

У якасці галоўнай аперацыі ставілася задача перакрыць участак чыгункі Віцебск – Орша. У выніку наступальных дзеянняў 42, 173, 215, 199-й стралковых дывізій пры падтрымцы 23-й і 123-й танкавых брыгад савецкім войскам за 21–23 сакавіка, пераадольваючы ўпартае супраціўленне праціўніка, удалося прабіцца ўздоўж шашы Віцебск – Орша на 1,5–2 км. Пры гэтым войскі арміі авалодалі моцнымі апорнымі пунктамі праціўніка Зазыбы, Касачы, Языкава, Шаркі (за 18 км на паўночны ўсход ад Багушэўска), Кузьмянцы, Яфрэменкі. Аднак развіць гэты поспех савецкім часцям не

Планы савецкага камандавання на зіму і вясну 1944 г.

ўдалося. Больш за тое, ужо раніцай 24 сакавіка ў выніку контратак немцаў войскам арміі давялося пакінуць Шаркі і Кузьмянцы. На працягу наступных дзён савецкія воіны адбівалі контратакі праціўніка, якія ажыццяўляліся пры падтрымцы танкаў і самаходных установак з раёна Завараць (18 км на паўночны ўсход ад Багушэўска). Прасоўванню войск сур'ёзна перашкаджала варожая авіяцыя, якая пастаянна бамбіла групай з 8 самалётаў пазіцыі армейскіх часцей у раёне населенага пункта Шалягі. Падчас адноўленага 28 сакавіка 1944 г. наступлення на ўчастку Замашэнкі – Яфрэменкі часці арміі, адбіўшы тры контратакі гітлераўцаў, вялі баі за населеныя пункты Блакітныя, Шаркі, Кузьмянцы, аднак не змаглі прабіцца наперад з прычыны арганізаванага супраціўлення немцаў [1, 3].

На багушэўскім напрамку ва ўзаемадзеянні з левафланговымі часцямі 33-й арміі ажыццяўляла наступленне 5-я армія. Сіламі 277, 184 і 157-й стралковых дывізій 21 сакавіка 1944 г. былі атакаваны пазіцыі немцаў на лініі Бабавікі – Баранава і заняты населеныя пункты Бабавікі, Старына, а таксама заходняя ўскраіна Баранава за 24 км на паўднёвы ўсход ад Віцебска. За першы дзень баёў было знішчана да 500 нямецкіх салдат і афіцэраў, 10 гармат, 8 мінамётных батарэй, спалены танк. Наступнымі ўдарамі ў бок населенага пункта Высачаны часці 72-га стралковага корпуса авалодалі апорным пунктам Баранава. Нягледзячы на ўпартае агнявое супраціўленне і контратакі ворага, два палкі 184-й стралковай дывізіі 23 сакавіка 1944 г. фарсіравалі раку Сухадроўка і вялі бой за вёску Буракі-1. У гэты ж дзень два палкі 157-й стралковай дывізіі фарсіравалі раку Ласасіна на паўночны захад ад населенага пункта Чаркасы і авалодалі першай траншэяй немцаў. Атакі правафланговых часцей арміі на пазіцыі гітлераўцаў у раёне Яфрэменкі былі спынены моцным агнём праціўніка. Наступленне 5-й арміі, якое аднавілася 28 сакавіка на пазіцыі праціўніка ў ранейшым раёне, дазволіла толькі авалодаць лясным масівам на паўночны ўсход ад паселішча Буракі [1, 3].

Войскі 33-й і 5-й арміі ў аперацыі на багушэўскім напрамку 21–29 сакавіка 1944 г. не здолелі выканаць задачу, пастаўленую перад імі камандаваннем Заходняга фронту. У ходзе наступальных дзеянняў часцям і злучэнням давялося сутыкнуцца з арганізаваным супраціўленнем, моцным агнявым процідзеяннем і контратакамі з удзелам танкаў і самаходных установак. Значнай перашкодай была варожая авіяцыя, якая наносіла ўдары групамі па баявых парадках наступаючых часцей. У такой абстаноўцы савецкія войскі за дзевяць дзён прарваліся наперад толькі ад 1 да 3,5 км. Адной з прычын невыканання пастаўленых баявых задач з'явіўся некамплект асабовага складу ў часцях і злучэннях. Так, 157-я і 97-я стралковыя дывізіі 5-й арміі налічвалі толькі 3702 і 3897 чалавек адпаведна. Пры правядзенні аперацыі выявіліся пралікі ў дзейнасці камандзіраў, штабоў і службаў, у падрыхтоўцы асабовага складу. Стралковыя падраздзяленні ў баі губляліся, агонь па варожай пяхоце не вялі. Разам з недахопам снарадаў неабходных калібраў для гармат і мінамётаў мела месца недастатковая вывучка артылерыстаў, што не дазваляла падавіць агнявую сістэму ворага і аказаць неабходную дапамогу наступаючай пяхоце. Істотныя недахопы праявіліся і ў захаванні ў тайне плана наступальных дзеянняў войск [1].

Прычыны няўдач войск Заходняга фронту сталі прадметам вывучэння Надзвычайнай камісіі пад кіраўніцтвам члена Дзяржаўнага камітэта абароны Г.М. Малянкова, накіраванай у войскі Стаўкай ВГК. Па выніках яе работы 11 красавіка 1944 г. быў падрыхтаваны спецыяльны даклад, у якім разам з выяўленымі недахопамі былі прапанаваны кадравыя і арганізацыйныя змены ў войсках заходняга стратэгічнага напрамку. Загадам Стаўкі ВГК ад 12 красавіка 1944 г. новым камандуючым войскамі Заходняга фронту быў прызначаны генерал-палкоўнік І.Д. Чарняхоўскі, а 24 красавіка 1944 г.

Наступальныя дзеянні 2-га Беларускага фронту 24.02–05.04.1944 г.

гэты фронт быў перайменаваны ў 3-ці Беларускі. На аснове армій левага крыла Заходняга фронту быў сфарміраваны 2-гі Беларускі (другога фарміравання) пад камандаваннем генерал-палкоўніка І.Я. Пятрова [1].

Наступальныя аперацыі 1-га Прыбалтыйскага і Заходняга франтоў на беларускім напрамку ў студзені – сакавіку 1944 г. прывялі толькі да нязначнага ўкліньвання ў абарону праціўніка.

Нягледзячы на гэта, савецкія войскі трымалі ў пастаянным напружанні 3-ю танкавую і 4-ю армію вермахта, скоўвалі іх сілы і нанеслі ім значны ўрон. У выніку актыўных дзеянняў гэтых двух франтоў Чырвонай арміі гітлераўскае камандаванне не змагло перакінуць свае сілы і сродкі на паўночнае і паўднёвае крыло савецка-германскага фронту, дзе Савецкім Саюзам вырашаліся стратэгічныя задачы ўсёй зімова-вясновай ваеннай кампаніі 1944 г.

Палеская наступальная аперацыя (15 сакавіка – 4 красавіка)

Наступальныя баявыя дзеянні на тэрыторыі рэспублікі вясной 1944 г. праводзілі таксама часці правафланговай групіроўкі 2-га Беларускага фронту (камандуючы – генерал П.А. Курачкін), які быў створаны паводле дырэктывы Стаўкі ВГК 17 лютага 1944 г. для прыкрыцця правага крыла групіроўкі савецкіх войск на тэрыторыі Правабярэжнай Украіны і разгортвання актыўных баявых дзеянняў на ковельска-брэсцкім напрамку паміж 1-м Беларускім і 1-м Украінскім франтамі [4].

У Палескай аперацыі ў якасці адной з задач 2-га Беларускага фронту прадугледжвалася наступленне войск яго правага крыла на ўчастку Тураў – Давыд-Гарадок – Столін. На гэтым рубяжы дзейнічалі часці і злучэнні 9-га гвардзейскага стралковага корпуса – ударнай групіроўкі 61-й арміі (камандуючы – генерал П.А. Бялоў). Войскі корпуса займалі паласу шырынёй 24 км і 16 сакавіка 1944 г. перайшлі ў наступленне, вялі баі ў раёне населеных пунктаў Церабяжоў (9 км на паўднёвы захад ад Століна), Гарадная (22 км на захад ад Століна), Жолкіна [5, 6].

На працягу 17–25 сакавіка 1944 г. войскі 61-й арміі, пераадольваючы моцнае агнявое супраціўленне і пастаянныя контратакі праціўніка, авалодалі некалькімі населенымі пунктамі, у тым ліку Жолкіна, Ласіцк, Востраў. Найбольш упартыя баі разгарнуліся ў раёне Церабяжаў і Гарадная. За 10 дзён удалося прабіцца наперад на 4–8 км, аднак пастаўленая задача не была выканана. Часці і злучэнні арміі ачысцілі ад нямецка-фашысцкіх захопнікаў толькі невялікі ўчастак правага берага Прыпяці і не змаглі ліквідаваць плацдарм праціўніка ў раёне Століна [1, 3, 6].

Асноўнымі прычынамі няўдачы 61-й арміі ў Палескай аперацыі з'явіліся недастатковы ўзровень кіравання войскамі, слабая арганізацыя разведкі, слабая агнявая падтрымка часцей і злучэнняў. У сувязі з тым, што аб'екты ўдараў не былі разведаныя, артылерыі давялося весці агонь пераважна па плошчах, пры шчыльнасці ўсяго 15–18 арудзій на кіламетр фронту. З-за слабой укамплектаванасці асабовым складам і баявой тэхнікай, спазнення з перабазіраваннем, неспрыяльных умоў надвор'я авіяцыя 6-й паветранай арміі (камандуючы – генерал Ф.П. Палынін) не змагла эфектыўна падтрымліваць наземныя войскі. 5 красавіка 1944 г. у адпаведнасці з дырэктывай Стаўкі ВГК 2-гі Беларускі фронт быў расфарміраваны, а яго войскі перададзены ў склад 1-га Беларускага фронту, які сваім левым флангам яшчэ да 19 красавіка рабіў спробы вызваліць Ковель [1].

У цэлым войскам трох франтоў на заходнім стратэгічным напрамку зімой – вясной 1944 г. не ўдалося ў поўнай меры выканаць задачы Стаўкі ВГК і выйсці на рубеж Полацк – Лепель – Магілёў – рака Пціч. Пры гэтым у выніку наступальных аперацый ворагу былі нанесены значныя страты. Чырвонай арміяй былі вызвалены Мазыр, Калінкавічы, Ельск, Лельчыцы, Рагачоў і сотні іншых населеных пунктаў Усходняй Беларусі, выратаваны ад гібелі і фашысцкай няволі сотні тысяч савецкіх грамадзян [7].

У сярэдзіне красавіка 1944 г. Стаўка ВГК загадала войскам заходняга стратэгічнага напрамку перайсці да абароны, замацавацца на займаных рубяжах, што было звязана з падрыхтоўкай да летніх наступальных аперацый.

Иллюстрации из открытых интернет-источников

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Великая Отечественная война 1941–1945 годов. В 12 т. Т. 4. Освобождение территории СССР. 1944 год. – М., 2012.
2. Рокоссовский К.К. Солдатский долг / К. К. Рокоссовский. – Минск, 1984.
3. Великая Отечественная война – день за днем (по материалам рассекреченных оперативных сводок Генерального штаба Красной Армии). Т. 7. Прорыв к государственной границе 1 января – 30 июня 1944 г. – М., 2010.
4. Советская военная энциклопедия. В 8 т. Т.1. – М., 1976.
5. Советская военная энциклопедия. В 8 т. Т.6. – М., 1978.
6. Цэнтральны архіў Міністэрства абароны – Ф. 418. Воп. 10695. Спр. 385.
7. История Второй мировой войны 1939–1945. В 12 т. Т. 8. – М., 1977.

Охрана исчезающих видов: правовой анализ и взгляд в будущее

В 2024 г. исполняется 45 лет с момента создания в нашей стране механизма по охране отдельных видов животных и растений, находящихся на грани исчезновения, – Красной книги. О современных подходах к ее наполнению – разговор с консультантом управления биологического и ландшафтного разнообразия Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Татьяной ЖЕЛЕЗНОВОЙ.

– Красная книга – основной документ, содержащий материалы об исчезающих представителях флоры и фауны, который издается не реже одного раза в 10 лет. Печатное издание является аннотированным перечнем охраняемых видов, подвидов, разновидностей диких животных и дикорастущих растений, утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, и содержит сведения об их состоянии, а также о характере и степени имеющихся угроз, дает информацию о местах распространения редких видов на территории Беларуси. На основе имеющихся данных впоследствии разрабатываются научные и практические меры, направленные на их охрану и воспроизводство.

Одна из основных задач издания – популяризация знаний и экологическое просвещение общественности. Важно, чтобы люди владели информацией о находящихся под угрозой исчезновения растениях и животных, чтобы, встретившись с ними в живой природе, не нанести им вреда неправильными действиями. Не менее важная цель – обеспечить необходимыми сведениями руководителей природоохранных и хозяйственных организаций, ответственных за состояние конкретных территорий и экосистем.

Красные книги и списки – документы, имеющие высокую значимость и широко используемые в сфере охраны природы во всех странах мира. Первое издание в нашей республике было утверждено постановлением Совета Министров Белорусской ССР от 28 июня 1979 г. №201 «Об учреждении Книги редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений Белорусской ССР – Красной книги Белорусской ССР». Хотя работа над выпуском началась сразу же, он был готов лишь в 1981 г., причем книга вышла на белорусском языке. Вторая датирована 1993 г., третья – 2006 г. В настоящее время действует четвертая и готовится к выпуску пятая.

– Какие меры предпринимаются на государственном уровне, чтобы помочь решить проблему исчезновения видов?

– Согласно Концепции национальной безопасности, охрана животного и растительного мира признается одним из жизненно важных интересов государства в экологической сфере. Основные направления политики в данной области определены в Стратегии по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия и Национальном плане действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2021–2025 гг.

Ограничения, запреты и другие меры в отношении охраны, изъятия, содержания и (или) разведе-

ния в неволе, перемещения видов диких животных и дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, регулируются законами «Об охране окружающей среды», «О животном мире», «О растительном мире», «Об особо охраняемых природных территориях».

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды проводит системную работу по выявлению мест обитания таких диких животных и произрастания исчезающих видов растений, ведет их учет и передает под охрану. Наша задача – обеспечить грамотное управление численностью популяций, включенных в Красную книгу, а также сохранность видов, подпадающих под действие международных договоров, разрабатывая соответствующую стратегию в данной области.

В республике реализуются 16 планов действий по сохранению диких животных и 30 – по дикорастущим растениям, включенным в Красную книгу или защищаемым международными соглашениями, а также планы управления популяциями рыси европейской и зубра. Изъятие представителей уязвимых видов из среды их обитания и произрастания допускается лишь в строго определенных случаях – в научных целях, для расселения, интродукции, реинтродукции, акклиматизации или содержания и разведения в неволе по согласованию с Национальной академией наук Беларуси. Самовольные действия в этом поле, равно как и незаконный оборот, которые могут привести к гибели, сокращению численности или нарушению среды обитания охраняемых объектов, запрещаются и влекут за собой меры как административной, так и уголовной ответственности.

Редкие виды фауны подлежат обязательной регистрации и учету, в процессе которых проверяются условия их содержания в неволе. Кроме того, перемещение таких животных и растений, их частей или производных от них (дериватов) через государственную границу возможно только по разрешительным документам, при выдаче которых проверяются все аспекты законности владения и нахождения их на территории Беларуси. Эти меры позволяют обеспечить условия для восстановления исчезающих видов в природе.

С момента реализации Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг. в течение 3 лет передано под охрану пользователям земельных участков или водных объектов 1237 мест обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений: в Брестской области – 85; Витебской – 160; Гомельской – 157; Гродненской – 297; Минской – 449; Могилевской – 89.

– Как идет работа над пятым выпуском Красной книги Беларуси? В чем ее особенности?

– Ученые Национальной академии наук анализируют результаты данных мониторинга животного и растительного мира, государственных кадастров животного и растительного мира, научных и иных исследований в течение последних 10 лет. По итогам этой работы уже в текущем году будут подготовлены списки редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов диких животных и дикорастущих растений, которые предстоит утвердить постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. В ближайшее время будет одобрен макет томов «Растения» и «Животные» пятого издания Красной книги с серией очерков, содержащих краткое описание видов, информацию об их распространении, местах обитания, биологии, численности, тенденциях ее изменения и другие данные.

– Можно ли сегодня говорить о серьезных изменениях в охранном списке?

– По результатам проведенной академическим сообществом работы предварительные списки видов растений и животных, которые войдут в пятое издание Красной книги Республики Беларусь в 2025 г., уже подготовлены. Так, в том «Растения» планируется включить 305 видов (из них 187 – сосудистых, 35 – мохообразных, 22 – водорослей, 29 – лишайников, 35 – грибов), а исключить 26 (9 – сосудистых, 1 – мохообразных, 1 – лишайников, 9 – грибов и 6 видов водорослей). В том «Животные» предполагается добавить 21 вид и убрать 12. Для некоторых представителей фауны будет изменен охранный статус: у зубра европейского, рыси, барсука обыкновенного – понижен с III до IV категории охраны; у бурого медведя – с I до IV.

В вопросах сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия наша страна демонстрирует существенный прогресс. Это достигается благодаря взвешенным подходам и планомерным мероприятиям в отношении мест обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений, редких природных ландшафтов и биотопов. Выход в следующем году Красной книги станет своеобразным итогом многолетней работы ученых, специалистов и госслужащих.

Наталья МИНАКОВА

Красная книга: история, традиции, опыт, новизна

Аркадий Скуратович, старший научный сотрудник лаборатории флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Сергей Савчук, завлабораторией флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Первая книга по охраняемым растениям Беларуси, 1969 г.

История создания Красной книги ведет отсчет с 1933 г., когда американский эколог Джон Филипс заявил о необходимости учреждения списка млекопитающих, находящихся в опасности, и предложил начать сбор средств для изучения вопроса о состоянии редких и вымирающих видов. В 1948 г. был создан Международный союз охраны природы (МСОП), ныне известный как IUCN. В 1949 г. под эгидой ЮНЕСКО была образована Комиссия по выживанию видов для исследований животных и растений, оказавшихся на грани вымирания, и разработки рекомендаций для политиков.

Первый прототип международной Красной книги появился в 1959 г.: это были карточки со сведениями о самых редких млекопитающих. Через три года на их основе был составлен каталог «Животные и растения под угрозой исчезновения».

Первая в мире Красная книга была подготовлена учеными по инициативе МСОП и вышла в свет в 1964 г. под названием «Красная книга: дикая природа в опасности», то есть в этом году издание празднует 60-летний юбилей. Внешне она больше напоминала перекидной календарь и имела небольшой тираж. Ее 2 тома – «Предварительный список редких млекопитающих» и «Список редких птиц» – содержали данные о 211 видах и подвидах млекопитающих и 312 – птиц. Издание не было рассчитано на широкую аудиторию, рассылалось лишь природоохранным учреждениям, организациям и отдельным ученым.

Через год совокупный список редких видов птиц и млекопитающих был обнародован в первом публичном докладе недавно созданного Всемирного фонда дикой природы. В дальнейшем появился пятитомник первого печатного издания под названием «Красная книга» («Red Data Book») (Звери, Птицы, Рептилии и амфибии, Цветковые растения и Пресноводные рыбы). Популярная версия именовалась как «Красная книга. Природа в опасности» («The Red Book – Wildlife in Danger») и вышла в 1969 г.

История Красных книг Беларуси тесно переплетена с историей охраны природы нашей страны в целом. В 1963 г. постановлением Совета Министров БССР «Об охране памятников природы на территории Белорусской ССР» около 200 ботанических объектов были внесены в перечень нуждающихся в защите. В 1964 г. сотрудниками Комиссии по охране природы, Центрального ботанического сада и отдела флоры и гербария АН БССР был подготовлен список из 40 видов редких и исчезающих дикорастущих видов растений, имеющих большое научное, эстетическое и практическое значение.

В 1967 г. исследователем-ботаником А.Б. Моисеевой Список редких растений был опубликован в сборнике «Ботаника. Исследования», а в 1969 г. автор издала отдельную брошюру «Охраняемые растения белорусской флоры», где приводится краткое морфологическое описание 40 видов, особенности их распространения в Беларуси, вплоть до указания конкретных мест произрастания.

В 1979 г. учредили Красную книгу Белорусской ССР, и ранее вышедший Список был значительно расширен и составил 85 видов дикорастущих сосудистых растений, требующих охраны. В последующих изданиях значительно возросла доля орхидных, выведен из основного перечня ряд видов, оказавшихся заносными, отдельные приводимые таксоны были сведены в синонимы. Использование международных методик и рекомендаций МСОП позволило в значительной мере улучшить структуру книги, сделав ее более понятной для международного научного сообщества.

В 1980 г. под авторством А.Б. Моисеевой выходит 2-е издание книги «Охраняемые растения белорусской флоры», переработанное и дополненное. На ее страницах примерно по такому же плану приводятся сведения уже о 120 видах растений. Причем, отдельной строкой для них указан статус: включен в «Красную книгу СССР» (1978 г.) или в «Красную книгу Белорусской ССР» *(табл. 1)*.

Структура Красных книг постоянно совершенствуется. Например, в издании 1993 г. появился требующий подтверждения перечень исчезнувших в Беларуси 46 видов сосудистых растений, нуждающихся в изучении и охране. В последующие годы около 10 видов из этого списка были найдены, некоторые оказались ошибочно внесенными на основе неправильного этикетирования *(табл. 1)*.

Введение Списка дикорастущих, декоративных, лекарственных, пищевых и других хозяйственно полезных видов растений, нуждающихся в профилактической охране и рациональном использовании, заставило выяснить особенности биологии, экологии и их распространения. Многочисленные исследования стали основой проводимой в республике природоохранной политики. Так, в последние годы в лесозаготовительной практике уже не используются широкоплощадные рубки, когда одним махом вырубаются леса целыми кварталами, а применяются так называемые узколесосечные. В этом случае у растений из оставшихся высоковозрастных участков есть время и возможность постепенно переместиться на вновь созданные лесопокрытые территории. К сожалению, период, отводимый на это, не очень продолжителен, и популяции отдельных видов продолжают сокращаться. Поэтому в предварительный Список, подготовленный для Красной книги 5-го издания, включены еще 3 вида, произрастающие в таких лесах. В Европе, и в том числе у нас, сложилась сложная ситуация с отдельными категориями широколиственных лесов. В первую очередь это относится к ясеневым, поскольку в результате распространения дереворазрушающих грибов практически полностью исчезли высоковозрастные насаждения. Есть надежда, что им на смену придут подрастающие молодняки.

Ученые Института экспериментальной ботаники провели большую работу по изучению популяций растений на территории Беларуси и подготовили предложения по включению (исключению) конкретных видов из готовящегося к изданию 5-го выпуска Красной книги.

Следует отметить значительные успехи, которых удалось достичь в охране видов верховых болот. Ряд республиканских и международных программ, к примеру, по созданию заказников-клюквенников и многих других, поспособствовали тому, что процесс уничтожения болот если и не остановился совсем, то значительно снизился. Серьезно пострадали лишь переходные, которые были мелиорированы еще в середине XX в. (эти почвы отличаются повышенной плодородностью, особенно на богатых кальцием участках), вследствие чего и передавались под сельхозпользование. Территории, оставшиеся нетронутыми, пока не могут обеспечить полноценной охраны отдельных видов.

Ситуация с ручьями и малыми реками, особенно в верховьях, также вызывает тревогу. Основная причина – их спрямление и лесная мелиорация.

№	Вид растений	1964	1980	1981
1	Альдрованда пузырчатая	+	+*	+
2	Арника горная	+	+*	+
3	Астра ромашковая	–	+**	–
4	Астранция большая	–	+*	+
5	Безвременник осенний	–	+*	+
6	Береза карликовая	–	+*	+
7	Болотноцветник щитолистный	–	+*	+
8	Бровник одноклубневой	–	+**	–
9	Бубенчик лилиелистный	–	+*	+
10	Валериана двудомная	–	+*	+
11	Венерин башмачок настоящий	+	+*	+
12	Ветреница лесная	+	+*	+
13	Водосбор обыкновенный	–	+*	+
14	Водяника черная	–	+**	–
15	Водяной орех плавающий	+	+*	+
16	Волдырник ягодный	–	+**	–
17	Волжанка двудомная	–	+*	+
18	Волчеягодник боровой	–	+*	+
19	Герань темная	–	+*	+
20	Гладыш широколистный	–	+*	+
21	Гнездовка настоящая	–	+**	–
22	Горечавка весенняя	–	+*	+
23	Горечавка легочная	–	+*	–
24	Горечавка пазушная	–	+*	–
25	Горечавка крестообразная	+	+*	+
26	Горечавка топяная	–	+*	–
27	Горечавка язычковая	–	+*	–
28	Гроздовник простой	–	+*	+
29	Гудайера ползучая	–	+**	–
30	Дремлик болотный	–	+*	–
31	Дремлик темно-красный	+	+*	+
32	Дремлик широколистный	–	+*	–
33	Дрок германский	+	+*	–
34	Дуб скальный	–	–	+
35	Жарновец метельчатый	–	+*	–
36	Живокость высокая	–	+*	+
37	Жирянка обыкновенная	+	+*	+
38	Зубянка клубненосная	+	+*	+
39	Зубянка пятилисточковая	–	+*	–
40	Кадило сарматское	+	+*	+
41	Кальдезия белозоролистная	–	+**	–
42	Камнеломка болотная	–	+*	+
43	Камнеломка зернистая	–	+*	+
44	Касатик безлистный	+	+*	+
45	Касатик сибирский	–	+*	+
46	Клопогон европейский	+	+*	+

№	Вид растений	1964	1980	1981
47	Козелец пурпурный	–	+*	+
48	Козелец голый (К. Рупрехта)	–	+*	+
49	Кокушник ароматнейший	–	+**	–
50	Кокушник длиннорогий	–	+**	–
51	Колокольчик персиколистный	–	+*	+
52	Колокольчик рапунцель	–	+*	+
53	Колокольчик широколистный	–	+*	+
54	Крестовник приручейный	–	+*	+
55	Кубышка малая	+	+*	+
56	Кувшинка белая	–	+*	+
57	Купальница европейская	+	+*	+
58	Ладьян трехнадрезный	–	+*	+
59	Лилия кудреватая	+	+*	+
60	Линнея северная	+	+*	+
61	Липарис (лосняк) Лоезеля	–	+**	–
62	Лобелия Дортманна	+	+*	+
63	Ломонос прямой	–	+*	+
64	Лук медвежий	+	+*	+
65	Лук пречесночный	–	+**	–
66	Лунник оживающий	+	+*	+
67	Любка двулистная	–	+*	+
68	Любка зеленоцветковая	–	+*	+
69	Меч-трава обыкновенная	–	+*	+
70	Многоножка обыкновенная	–	+*	+
71	Морошка приземистая	–	+*	+
72	Мытник скипетровидный	–	+**	–
73	Мякотница однолистная	–	+**	–
74	Надбородник безлистный	+	+*	+
75	Наперстянка крупноцветковая	–	+*	+
76	Наяда гибкая	+	+*	–
77	Наяда малая	+	+*	–
78	Наяда морская	+	+*	–
79	Неоттианта клобучковая	+	+*	+
80	Осока заливная	–	+*	+
81	Осока теневая	–	+*	+
82	Остролодочник волосистый	+	+*	–
83	Пальчатокоренник бузинный	–	+*	+
84	Пальчатокоренник кровавый	–	+*	–
85	Первоцвет весенний	–	+*	+
86	Первоцвет высокий	–	+*	+
87	Печеночница благородная	–	+*	+
88	Пиретрум щитковый	–	+*	+
89	Пихта белая	–		+
90	Плаун-баранец обыкновенный	–	+*	+
91	Плющ обыкновенный	+	+*	+
92	Пололепестник зеленый	–	+**	–

№	Вид растений	1964	1980	1981
93	Полушник озерный	+	+*	+
94	Прибрежница одноцветковая	–	+**	–
95	Прострел луговой	–	+**	–
96	Прострел раскрытый	–	+*	+
97	Пыльцеголовник длиннолистный	+	–	+
98	Пыльцеголовник красный	+	–	+
99	Пыльцеголовник крупноцветковый	–	+*	–
100	Равноплодник василистниковый	+	+*	+
101	Рододендрон желтый	+	+*	+
102	Сальвиния плавающая	+	+*	+
103	Сверция многолетняя	–	+*	+
104	Скабиоза голубиная	–	+*	+
105	Тайник сердцевидный	–	+*	+
106	Тайник яйцевидный	–	+**	–
107	Тофильдия чашечковая	–	+*	+
108	Тюльпан лесной	–	+*	+
109	Хаммарбия болотная	–	+**	–
110	Хвощ большой	–	+*	+
111	Хохлатка полая (луковичная)	–	+*	+
112	Хохлатка плотная	–	+*	–
113	Хохлатка промежуточная	–	+*	–
114	Чина гладкая	–	+*	+
115	Шпажник болотный	–	+*	+
116	Шпажник черепитчатый	+	+*	+
117	Ятрышник дремлик	+	+*	+
118	Ятрышник клопоносный	+	+*	–
119	Ятрышник кровавый	+	–	–
120	Ятрышник мужской	+	+*	+
121	Ятрышник обожженный	+	+*	–
122	Ятрышник шлемоносный	+	+*	+
123	Ячменеволоснец европейский		+*	+

Таблица 1. Список охраняемых видов Беларуси согласно различным источникам

Примечание:
«+» – вид присутствует в издании;
«–» – вид отсутствует в издании;
* – охраняемые растения;
** – виды, подлежащие охране

Начавшееся восстановление таких объектов очень сильно усложнилось в связи с деятельностью бобров, которые при постройке жизнеобеспечивающих плотин поднимают уровень воды в каналах и немелиорированных реках и ручьях, подтапливают берега и прилегающие пространства. Так, в пределах одного только Ганцевичского района Брестской области общая площадь подтопленных лесов скоро превысит размер среднестатистического республиканского лесничества.

Весьма актуальна проблема охраны луговых угодий, как пойменных, так и плакорных (водораздельных). Первые в отсутствие постоянного сенокошения и выпаса скота начинают закустариваться, а вторые в силу расположения в лесной зоне при отсутствии сенокошения и выпаса зарастают лесами. Дальнейшая их судьба не очень понятна. Пока мы видим значительное уменьшение площади многих луговых видов, в том числе и охраняемых. Все это не позволяет в значительной мере сократить предварительный список требующих охраны растений и грибов в сравнении с предыдущими изданиями *(табл. 2)*.

Редкие, недостаточно изученные, хозяйственно полезные виды – сосудистые растения, мохообразные, водоросли, лишайники и грибы – требуют дополнительного изучения и внимания вследствие заметного сокращения их численности. Необходимость этого хорошо иллюстрирует такое растение, как *печеночница обыкновенная*, или, как ее часто называют в народе, «синий подснежник». Почти до конца XX в. его заросли можно было встретить в самых ближайших окрестностях Минска и других городов и поселков. В последнее время печеночница становится все более редкой, основная причина – сбор на букеты в пору цветения, особенно на ранних стадиях или даже в период бутонизации. В результате очень часто растение повреждается, значительно уменьшается почвенный банк семян, молодые экземпляры не приходят на смену состарившимся, происходит деградация зарослей самого экотопа, и это только на первом этапе. В последующем освободившиеся участки заселяют другие виды, и в результате через некоторое время на месте цветущих голубых ковров мы наблюдаем совершенно

Год издания	Сосудистые растения	Мохообразные	Лишайники	Водоросли	Грибы
1981	85	–	–	–	–
1993	156	15	17	9	17
2005	173	27	24	21	29
2015	189	34	25	21	34
2025*	187	35	29	22	35

Таблица 2. Количественный состав различных групп растений в Красных книгах разных лет издания

*– данные за 2025 г. прогнозные

неприглядные пейзажи, заросшие сорными или даже инвазионными видами растений (*чистотел, пырей, пикульник, крапива* и даже *недотроги*, или *девичий виноград*).

В действующем издании Красной книги практически по всем группам растений и грибов (за исключением водорослей) отмечен значительный или незначительный рост охраняемых видов *(табл. 2)*. Анализ экотопов, где они присутствуют, свидетельствует о большем уклоне в сторону комплексного подхода, при котором практическими мероприятиями охватываются целые природные ареалы. Более тщательное изучение биологии редких видов позволило определить ряд фактически заносных растений, которые ученые постоянно отсеивают из категории краснокнижных.

Представляется очень важным отслеживание дальнейшей судьбы крайне редких таксонов, произрастающих всего в 1–5 местах, современное состояние которых, несмотря на многочисленные охранные документы, остается малоизученным. Именно это побудило исследователей перенести ряд видов первой природоохранной категории в разряд «по-видимому исчезнувших с территории Беларуси». Это *пузырник судетский* и *болотноцветник щитолистный*, не регистрируемые более 40 лет, *молочай мохнатый* и *сверция (трипутник) многолетняя*, которые не встречаются более 30 лет, а также *мытник Кауфманна*, который в нашей стране является по своей сути заносным видом, равно как и *осока приземистая*, *кольник черный* и *крестовник приручейный*. *Клевер Спрыгина* большинство исследователей относят к одной из форм (цветовых) *клевера люпинового*, который уже внесен в Список профилактической охраны. Таким образом, нами предложено убрать из основного перечня 9 видов сосудистых растений, а добавить в связи с изложенными обстоятельствами 7 новых: *ситник стигийский* (ранее находился в Списке по-видимому исчезнувших видов, отмечен в нескольких местах произрастания в последние годы), *вероник ложную* (нативный вид, выявленный в последнее время), *болотницу пятицветковую, лютик (шелковник) неукореняющийся, пустынницу скальную, колокольчик олений* или *жестковолосистый* и *василек фригийский* (предложены к охране в связи со значительной трансформацией их мест произрастания). Таким образом, общее число видов сосудистых растений, подлежащих полной охране, составит 187 вместо 189.

Предложено изменить статус, понизив категорию со II на III, для *каулинии малой* и *крапивы киевской*, а также с III на IV – для *водяного ореха плавающего, берулы (сиеллы) прямой, пухоноса альпийского* и *наяды большой*. В то же время необходимо принять более строгие меры охраны и повысить категорию со II на I для *гроздовника пупавкового, лука скороды (лука-резанца), крестовника пурпурного, горошка зарослевого* и *звездчатки толстолистной*; с III на II – для *живокости высокой, венерина башмачка настоящего, лопуха дубравного* и *дудника (маточника) болотного*; с IV на III – для *ветреницы лесной* и *купальницы европейской*.

Среди мохообразных тем или иным изменениям подверглись 6 таксонов. Из основного списка в черный предложено переместить 1 вид – *меркию ирландскую* – в связи с деградацией местообитания и исчезновением единственной в стране популяции. Кроме того, на основании проведенных исследований повышен статус 2 видов: *гимноколеи вздутой* и *гаплокладиума мелколистного*. В то же время предлагается понизить его для меезии трехгранной в связи с выявлением новых популяций. Дополнительно введены в перечень 2 вида: *филонотис бранденбургский* (статус Endangered (EN) в Красной книге Европы) и *цефалозия мелкодольчатая* (статус Critically Endangered (Cr) в Красной книге Европы), отмечены лишь несколько ее местонахождений в Ленинградской области, Беларуси и

Вероника ложная

Каштановик

Волвариелла шелковистая

в Украинских Карпатах. Таким образом, Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси основной список мохообразных предлагается увеличить на 1 вид, в этом случае он будет содержать 35 таксонов вместо 34.

Среди лишайников изменения коснулись 17 таксонов. Из основного списка предложено вывести один вид – *кладонию стройную* – и перенести ее в Черный список, поскольку более 60 лет она не регистрируется на территории Беларуси. В состав нового издания рекомендовано внести 5 новых видов: *лептогиум насыщенный* (ранее находился в списке исчезнувших, так как последняя находка датировалась 1960-ми гг., но в настоящее время обнаружен в нескольких местах произрастания); *цетрелию оливковую*, ранее рассматриваемую как синоним охраняемого вида *цетрелии цетрариевидной*. В современных зарубежных и отечественных научных работах по инвентаризации рода *cetrelia* лишайник *цетрелия оливковая* выделен в самостоятельный вид и требует защиты. *Телотрема чешуйчатая, рамалина балтийская* и *бактроспора дубовая* предложены к охране в связи со значительной трансформацией мест произрастания вследствие вырубки старовозрастных деревьев и ветровалов. Необходимо повысить категорию со II на I для *ситиниума тонкого, уснеи ороговевшей, уснеи цветущей, рамалины длинноволосатой, пельтигеры горизонтальной, пельтигеры пупырчатой* и *пельтигеры чешуеносной*; с III на II – для *пармелиопсиса темного, пармотремы паклевидной*; с IV на III – для *монтанелии сорediозной* и *менегацции пробуравленной*. Таким образом, основной список лишайников составит 29 таксонов вместо 25.

Что касается водорослей, то, учитывая тот факт, что их Список долгое время практически не претерпевал изменений, этой группе низших растений уделено особое внимание. Из основного перечня предложено исключить *ханнею аркообразную (фрагилярию аркообразную), хару ломкую, хару мелкошиповатую*, или *многоколючковую, хару шероховатую, хару бурую* и *нителлопсис притупленный*, причислить к разряду профохраны *ханнею аркообразную (фрагилярию аркообразную)*, так как она стала чаще попадаться в планктоне и перифитоне водоемов и водотоков (преимущественно северной и центральной части страны), выдерживая некоторое загрязнение мест обитания; *хару шероховатую, хару бурую*, которые нередки на севере страны, в Поозерье, и часто образуют довольно обширные заросли. Что же касается *нителлопсиса притупленного*, то этот вид уже обнаружен более чем в 15 водоемах, многие из которых являются вторичными. Двум видам из основного Списка – *центронелле Рейхельта (фрагилярии Рейхельта)* и *батрахоспермуму слизистому*, или *четковидному* – в связи с принятыми мерами, позволившими сохранить численность популяций, а зачастую и повысить их количество, предложено понизить ранг категории. В то же время в очередное издание рекомендовано включить 7 новых, исключительно редких таксонов: *табеллярию звездчатую* (недавно описанное реликтовое растение, обнаруженное лишь в нескольких дистрофных озерах Миорского района Витебской области); *хару сосочковую, хару щетинистую* и *нителлу волосовидную*, или *тонкую* (с ограниченной численностью и распространением, в наибольшей степени подверженных риску исчезновения при неблагоприятных условиях среды); *палудиколу торфяную*, или *неправильную* (обнаружена лишь в единичных озерах севера страны, чувствительна к эвтрофикации водоемов); *паралеманею цепочечную* и *торею реснитчатую* (олиготрофные виды красных водорослей, известные лишь в нескольких водотоках, чувствительны к загрязнению воды органическими соединениями). Таким образом, в новое издание Красной книги предложено внести 22 вида водорослей вместо 21.

Пельтигера горизонтальная

Рамалина балтийская

Лютик неукореняющийся

Изменения коснулись 14 видов грибов. Из основного Списка в ранг профохраны рекомендовано перевести 9, поскольку их современный статус в республике не выяснен и они требуют дополнительных исследований. Это *гигрофор клейкий, гигроцибе багряная, леписта грязная, паутинник двуцветный, паутинник золотисто-конусовидный, паутинник ревеневый, спарассис пластинчатый, сциностром душистая, флебия бело-медовая*. Вместо них целесообразно внести виды, являющиеся индикаторами ненарушенных, коренных (старовозрастных) лесных массивов – *паутинник золотисто-рыжий, сыроежку золотистую, сыроежку сардониксовую темно-фиолетовую, вольвариеллу шелковистую, вороночник рожковидный, ксилоболюс панцирный* и *каштановый гриб (каштановик)*. Требуют пересмотра категории *ганодерма блестящая, гериций коралловидный, кальвация гигантская, полипорус зонтичный* из-за сокращения мест произрастания вследствие изменений гидрологического и температурного режимов. Понижение статуса охраны предложено для *фомитопсиса розового* в связи с удовлетворительным состоянием мест обитания и выявлением новых. Таким образом, из основного Списка грибов предложено вывести 9 видов, добавить 7, в результате останется 32 таксона вместо 34.

В дальнейшем следует акцентировать внимание на работе по организации системы охранных документов, разработке планов действий по видам, относящимся к I и II категориям, налаживании долгосрочного мониторинга, мероприятиях по ренатурализации представителей флоры, находящихся в Беларуси в угрожающем состоянии. ИИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балашенко С.А. Государственное управление в области охраны окружающей среды / С.А. Балашенко. – Минск, 2000.
2. Итоговый научный отчет «Подготовка материалов для 5-го издания Красной книги Республики Беларусь: растения» (заключительный). – Минск, 2024.
3. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений; гл. редкол.: Л.И. Хоружик (предс.), Л.М. Сущеня, В.И. Парфенов [и др.]. – Минск, 2005.
4. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений; гл. редкол.: И.М. Качановский (предс.), М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – Минск, 2015.
5. А.Б. Моисеева. Охраняемые виды растений в Белоруссии: сб. «Ботаника. Исследования», вып. IX. – Минск, 1967.
6. Моисеева А.Б. Охраняемые растения белорусской флоры / А.Б. Моисеева. – Минск, 1969.
7. Чырвоная кніга Беларускай ССР: рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, віды жывёл и раслін; падрыхт. Л.М. Сушчэня, М.С. Долбік, В.І. Парфёнаў [і інш.]; гал. рэдкал.: В.А. Казлоў [і інш.]. –Мінск, 1981.
8. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, віды жывёл и раслін; гал. рэдкал.: А.М. Дарафееў (старш.) [і інш.]. – Мінск, 1993.

Подготовка к изданию пятого выпуска Красной книги: ЖИВОТНЫЕ

Максим Колосков,
старший научный сотрудник Сектора мониторинга и кадастра животного мира НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам

Составление и утверждение перечней охраняемых животных и растений – важный акт, способствующий дальнейшему развитию деятельности в области поддержания биологического разнообразия. Состав видов, включенных в Красную книгу, постоянно изменяется [1–3].

Болотная черепаха

Жук-олень

Группа	Количество видов				
	1-е издание	2-е издание	3-е издание	4-е издание	5-е издание
Млекопитающие	10	14	17	20	22
Птицы	45	75	72	70	72
Рептилии	2	2	2	2	2
Амфибии	1	1	2	2	2
Лучеперые и цефалоспидоморфы	7	5	11	10	10
Насекомые	9	78	70	87	93
Из них:					
Поденки			1	1	1
Стрекозы		5	8	8	7
Прямокрылые		1	3	3	0
Полужесткокрылые		1	1	1	1
Жесткокрылые	1	29	24	31	32
Чешуекрылые	8	31	27	34	46
Равнокрылые хоботные		1			
Двукрылые		1			
Перепончатокрылые		9	6	9	6
Прочие беспозвоночные	6	7	15	11	10
Всего	**80**	**182**	**189**	**202**	**211**

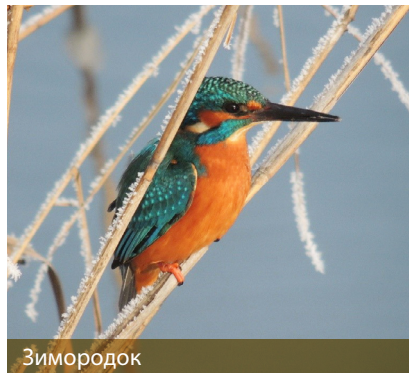
Таблица 1. Изменение количества видов диких животных в разных изданиях Красной книги Республики Беларусь

В 1-е издание (Красная книга Белорусской ССР, 1981) было включено 80 видов животных, во 2-е издание (1993), уже 182 вида. В 3-е ее издание было добавлено 27 видов насекомых, исключено 36 (общее число – 70); млекопитающих – 4 вида и 1 (общее число – 17); птиц – 16 и 19 (общее число – 72); двустворчатых моллюсков – 2 и 1 соответственно. Внесены также 5 ранее отсутствовавших видов ракообразных и по одному виду пиявок, паукообразных и амфибий [4, 5]. 4-е издание пополнили 36 новых видов животных, исключено 22, для 26 изменена категория национальной природоохранной значимости. Таким образом, действующий выпуск содержит 202 вида животных, из них: пиявок – 1, ракообразных – 6, паукообразных – 1, двупарноногих многоножек – 1, насекомых – 87, двустворчатых моллюсков – 2, миног – 1, костных рыб – 9, амфибий – 2, рептилий – 2, птиц – 70, млекопитающих – 20. Наибольшему изменению подверглись списки насекомых: исключено 14 видов, добавлено 31 [6]. Следует отметить, что большинство видов имеют международный природоохранный статус.

Предложения по составу охраняемых видов диких животных и их категорий национальной природоохранной значимости для нового, 5-го издания Красной книги Республики Беларусь сформированы НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам в 2023–2024 гг. на основании данных мониторинга животного мира, государственного кадастра животного мира и иных исследований, данных и предложений иных специалистов и организаций. Предварительный перечень содержит 211 видов (поясковые черви – 1, максиллоподы – 2, высшие раки – 4, двустворчатые моллюски – 2, паукообразные – 1, насекомые – 93, двустворчатые моллюски – 3, миноги – 1, костные рыбы – 9, амфибии – 2, рептилии – 2, птицы – 72, млекопитающие – 22) [7]. В соответствии с этим рекомендуется провести ряд изменений и исключить 13 видов животных, включить 21, изменить охранный статус для 33. Также сформирован список видов, требующих дополнительного изучения (DD) и внимания (LC). В целях профилактической охраны в него включен 191 вид, принадлежащий к 106 семействам, 30 отрядам. Среди них 130 видов относятся к категории DD, 61 – LC.

Группа	Количество видов				
	4-е издание	5-е издание	Включено	Исключено	Изменение категорий
Млекопитающие	21	22	1		7
Птицы	70	72	3	1	5
Амфибии и рептилии	4	4			
Лучеперые и цефалоспидоморфы	10	10			2
Насекомые	87	93	17	11	18
Поденки	1	1			
Стрекозы	8	7	2	3	3
Прямокрылые	3	0		3	
Полужесткокрылые	1	1			
Жесткокрылые	31	32	3	1	7
Чешуекрылые	34	46	12		6
Перепончатокрылые	9	6		2	2
Прочие беспозвоночные	11	10		1	1
Всего	**203**	**211**	**21**	**13**	**33**

Таблица 2. Предлагаемые изменения списка видов диких животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь и их категорий национальной природоохранной значимости


Зимородок

Кулик-сорока

По сравнению с предыдущим документом рекомендовано исключить 38 (18 – категории DD, 11 – LC) и включить 41 вид (18 – DD, 23 – LC).

Сберечь редких и находящихся под угрозой исчезновения представителей фауны и флоры невозможно только путем занесения их в Красную книгу. Необходимо организовать систему эффективной практической природоохранной работы в этой области. Среди наиболее значимых мероприятий следует отметить разработку планов действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных или дикорастущих растений, передачу под охрану мест обитания исчезающих видов и проведение периодических наблюдений за популяциями в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

В последнее десятилетие в практике охраны активно используются планы действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных (вертлявой камышевки, большого подорлика, дупеля, бурого медведя, европейской рыси, зубра, барсука, большой выпи, сизоворонки, лутока, широкопалого рака, лосося и кумжи), которые призваны поддержать и сохранить каждую конкретную популяцию или их совокупность.

В соответствии с Положением о порядке передачи мест обитания диких животных и мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, под охрану пользователям земельных участков и (или) водных объектов (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18.05.2009 г. №638 в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 11.04.2019 г. №237) [8] передаются территории, на которых зарегистрированы редкие виды, устанавливаются специальные режимы работы с ними. Пользователи земельных участков или водных объектов несут ответственность за их состояние. К примеру, в 2023 г. подготовлено 144 паспорта и охранных обязательств мест обитаний 35 видов животных на территории 22 административных районов (8367,32 га). Предварительный анализ данных показал, что под охрану передан 101 вид, что составляет 50% от общего количества включенных в Красную книгу. Распределение по группам неравномерно: наибольшая доля – у птиц и насекомых (38,6% и 36,4% соответственно), они распространены на 67047,27 га [9].

С 2006 г. согласно Государственной программе Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) развернута сеть пунктов по

наблюдению за дикими животными, включенными в Красную книгу, и средой их обитания, определен перечень видов и параметров, которые при этом оцениваются. С 2013 г. в НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам создан информационно-аналитический центр (ИАЦ) мониторинга животного мира, одна из основных задач которого – наблюдение за состоянием популяций водных и наземных беспозвоночных животных, рыб, амфибий и рептилий, птиц и млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, и средой их обитания, а также выявление угроз популяциям. Это позволяет получать объективную экологическую информацию для принятия управленческих решений в области экологической безопасности, охраны, устойчивого использования биологических ресурсов и сохранения биоразнообразия. Наши специалисты отслеживают жизнедеятельность 33 видов животных: водных беспозвоночных – 7, наземных беспозвоночных – 11, рыб – 2, земноводных – 2, пресмыкающихся – 2, птиц – 7, млекопитающих – 2. Кроме этого, за 6 видами ведется наблюдение в соответствии с рядом международных природоохранных конвенций [10].

Благодаря мониторингу выявлено, что состояние лесных и водных видов беспозвоночных остается стабильным, численности этих видов на пунктах мониторинга имеют незначительные межгодовые колебания. Состояние луговых и болотных популяций оценивается как критическое. За прошедшее десятилетие отмечено исчезновение ряда охраняемых видов с их мест обитаний. Несколько (четырехбороздчатый и бороздчатый слизнееды) практически пропали. Зафиксировано сокращение численности и исчезновение популяций многих видов чешуекрылых. Прежде всего это касается живущих на низинных болотах и пойменных лугах (голубянка черноватая, сатир железный, голубянка точечная). Основная причина этого явления – изменение мест обитаний видов вследствие зарастания открытых участков пойм рек и болот древесной и кустарниковой растительностью. Негативно сказываются и засушливые погодные условия 2015–2016 и 2020–2022 гг. Эти неблагоприятные факторы привели к сокращению численности некоторых видов пойменных и болотных птиц (дупель, большой веретенник), глобальная угроза вымирания нависла над вертлявой камышевкой. Аналогичные тенденции прогнозируются и для видов со схожими экологическими особенностями, за которыми наблюдение не установлено, поэтому специалисты-зоологи постоянно изучают состояние и динамику численности популяций отдельных видов и групп животных, организуют работу по их практической охране.

Внесение уязвимых видов в Красную книгу – лишь первый, но очень важный шаг на пути их сохранения и поддержания биологического разнообразия. За этим следует серьезная разносторонняя научная и практическая работа по охране таких животных и мест их обитания. ИИ

Фото автора

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26.11.1992 г. №1982-XII.
2. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 09.06.2014 г. №26. «Об установлении списков редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов диких животных и дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь». – Минск, 2014.
3. Сушчэня Л.М. Чырвоная кніга Беларускай ССР: рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, віды жывёл и раслін / Л.М. Сушчэня і інш. – Мінск, 1981.
4. Дарафееў А.М. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, віды жывёл и раслін / А.М. Дарафееў і інш. – Мінск, 1993.
5. Красная книга Республики Беларусь. Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных; гл. ред. Г.П. Пашков. – Минск, 2004.
6. Красная книга Республики Беларусь. Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных; под ред. И.М. Качановского и др. – Минск, 2015.
7. Отчет о НИР «Оказание услуг по подготовке материалов для 5-го издания «Красной книги Республики Беларусь: ЖИВОТНЫЕ» (заключительный). – Минск, 2024.
8. ТКП 17.02-14-2014 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Правила и порядок подготовки, изложения, оформления, содержания и утверждения планов действий по сохранению видов дикорастущих растений и диких животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также видов, подпадающих под действие международных договоров Республики Беларусь». – Минск, 2014.
9. Отчет о НИР «Ведение (включая научное обеспечение) государственных кадастров природных ресурсов (кадастр животного мира)» по мероприятию 151 подпрограммы 6 «Функционирование системы охраны окружающей среды» Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19.03.2021 г. №99). – Минск, 2023.
10. Отчет о НИР «Проведение мониторинга животного мира» в рамках мероприятия 136 «Проведение наблюдений за дикими животными и средой их обитания в рамках мониторинга животного мира» и мероприятия 146 «Обеспечение функционирования системы сбора, обработки, анализа и представления данных ИАЦ мониторинга в составе НСМОС с использованием автоматизированных информационных систем, в том числе ИАЦ мониторинга животного мира» по заданию подпрограммы «Национальная система мониторинга окружающей среды» Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг. – Минск, 2023.

Мониторинг охраняемых видов растений и грибов

Ирина Вознячук,
ведущий научный сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент

В современной природоохранной практике Беларуси одной из наиболее важных форм охраны растительного мира является сохранение отдельных видов, особенно тех, которым в результате антропогенных или природных воздействий угрожает опасность полного истребления. Видовое разнообразие, обусловленное длительным процессом эволюции, составляет фундамент целостности экосистем и биосферы. Потеря даже одного из видов, которая может показаться незначительной, влечет дестабилизацию этой общности и в конечном итоге может привести к разрушению экосистем и безвозвратной утрате уникальной генетической информации. По мере исчезновения видов из естественных сообществ их устойчивость и способность сопротивляться антропогенному воздействию снижаются. Каждый живой организм, даже если человеку неизвестны его положительные свойства, обладает потенциальной ценностью. Невозможно предсказать, какие именно биологические характеристики найдут применение и станут незаменимыми для выживания человечества в будущем.

Подходы к охране

Стратегия сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов предусматривает приоритетным популяционный принцип их охраны в условиях естественной среды обитания. Аксиомой является утверждение, что нельзя сохранить вид, не сохраняя его местообитания. Очевидно, что наибольший ущерб редким видам наносится не путем прямого уничтожения растений, а в итоге разрушения или деградации среды их произрастания.

Практика работы с редкими видами на территории Беларуси сочетает как прямые, так и косвенные, пассивные и активные формы: выявление новых и инвентаризация уже известных популяций; ведение Красной книги, государственного кадастра и баз данных мониторинга; наблюдение и изучение по специальной единой методике в рамках программы мониторинга; оформление охранных документов на места произрастания; разработку планов действий; регулирование изъятия растений (и/или их частей) из мест естественного произрастания; уста-

новление штрафных санкций за повреждение или несанкционированный сбор исчезающих видов; контроль за природопользованием в местах произрастания охраняемых видов; образовательно-просветительская деятельность и т.д.

Одним из эффективных подходов является передача под охрану землепользователям отдельных популяций, что помогает предотвратить их потерю в результате хозяйственной деятельности. Охранные документы призваны поддерживать оптимальные экологические режимы для каждого вида, учитывая их эколого-ценотическую приуроченность, что формализуется в специальном Техническом кодексе устоявшейся практики [1].

Одним из критически важных инструментов контроля изменений в популяциях исчезающих видов и определения степени эффективности применяемых мер является мониторинг охраняемых видов растений и грибов (МОВР), представляющий собой систему регулярных наблюдений и оценки, на основе которых делается анализ и формируются прогнозы. Результаты мониторинга важны для принятия научно обоснованных управленческих и проектных решений, направленных на сохранение и восстановление популяций.

Начиная с 2006 г. МОВР интегрирован в Государственную программу и проводится по специальной единой программе в рамках одного из направлений Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС), что обеспечивает преемственность проведения наблюдений, единство критериев и показателей состояния объектов, сравнимость данных, полученных на различных объектах в разные годы разными исполнителями [2, 3]. Порядок проведения работ по МОВР в рамках НСМОС установлен согласно Инструкции [4].

Объектами МОВР являются популяции растений и грибов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, и среда их обитания. В четвертое издание вошли 303 представителя флоры Беларуси [5]. Мониторинг проводится на 273 постоянных пунктах наблюдений (ППН), где оцениваются 128 видов охраняемых растений, что соответствует всего 47% от проектной мощности *(рис. 1)*. К сожалению, достигнуть необходимой мощности сети не представляется возможным из-за существенного сокращения финансирования программы в последнее десятилетие. Программа МОВР в части формирования и обслуживания сети ППН во многом реализована благодаря привлечению специалистов Института экспериментальной ботаники, региональных профильных учреждений и вузов Беларуси и их совместной работе с научными отделами национальных парков и Березинского биосферного заповедника [6, 7].

Результаты мониторинга

Современное представление о состоянии видов формируется на основе инвентаризации жизненных характеристик отдельных популяций. При их первичной оценке большинство характеризовалось «средней» (50%) и «высокой» (24%) категорией жизненности, «низкая» отмечалась у 18%, «критическая» – у 8%. При первичном обследовании лишь у 36% от общего количества не были выявлены факторы негативного воздействия на состояние популяции и/или среды.

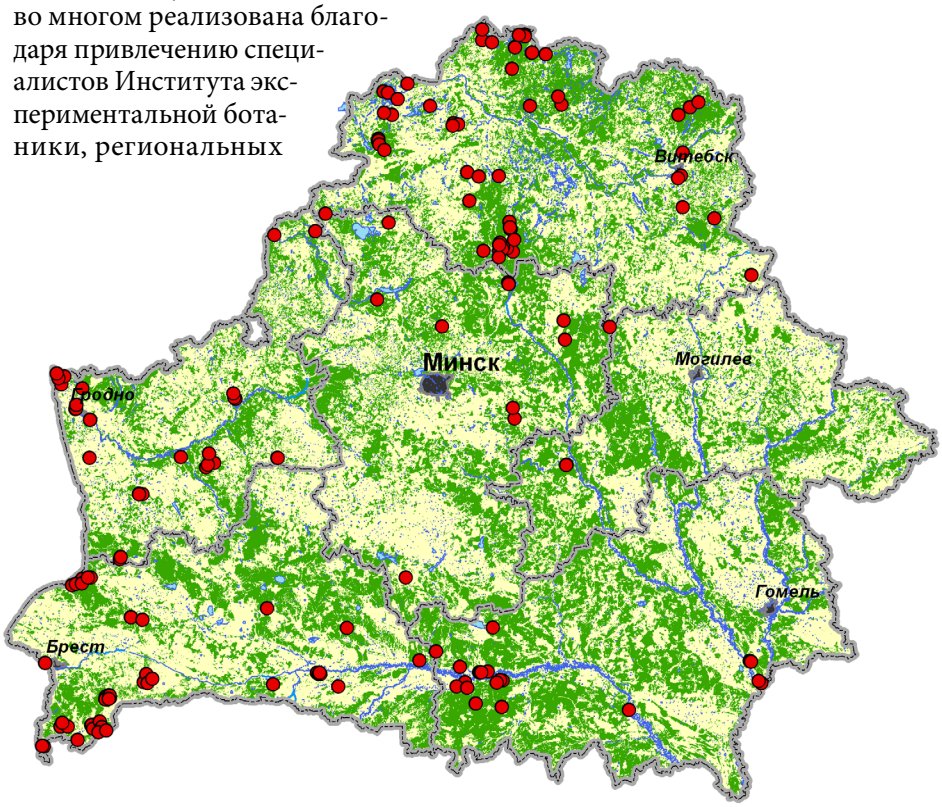


Рис. 1. Сеть пунктов мониторинга охраняемых видов растений и грибов в Беларуси

Повторные наблюдения показали, что большинство популяций за 3–5 лет либо сохраняются в границах и состоянии, выявленных первично (с незначительными колебаниями численности и площади, связанных, как правило, с особенностями метеоусловий текущего и предыдущего годов), либо отмечается регрессивная динамика. На 8% ППН растения охраняемых видов вовсе не обнаружены, причем 60% из них утрачены из-за хозяйственной деятельности или изменения характера землепользования.

Наиболее остро вопрос сохранения популяций стоит для видов I и II категорий национального природоохранного статуса, как правило, известных лишь из одного или нескольких местонахождений, отличающихся малочисленностью, незначительными площадями, утратой способности к самоподдержанию в результате их угасания. В связи с этим их можно рассматривать как группу видов, угроза исчезновения которых настолько высока, что это может произойти в результате случайного изменения условий их обитания. Особую озабоченность вызывает состояние популяций 13 видов сосудистых растений – астранции большой, борца обыкновенного, валерианы двудомной, горошка гороховидного, жирянки обыкновенной, зверобоя четырехкрылого, камнеломки болотной, козельца голого, кольника черного, тофильдии чашечковой, цинны широколистной, ятрышника обожженного, ятрышника дремлика *(рис. 2)*. С большой долей вероятности можно утверждать, что уже утрачены места произрастания 6 видов сосудистых растений – бодяга серого, болотноцветника щитолистного, молочая мохнатого, пузырника судетского, сверции (трипутника)

Рис. 2. Ятрышник обожженный

многолетней, скабиозы голубиной, что подтверждалось при неоднократной инвентаризации.

Анализ негативных антропогенных и природных факторов воздействия на местообитание редких видов, проведенный в рамках мониторинга, позволил выявить основные причины ухудшения состояния (в том числе гибели популяций) и/или сокращения их ареала за последнее десятилетие и установил, что это комплексная проблема как антропогенного, так и природного происхождения. Надо принять, что природа динамична по своей сути, и желание зафиксировать процессы без качественных и количественных изменений является необоснованным. По частоте встречаемости и степени воздействия негативные факторы можно расположить в следующем порядке:

- *природные сукцессии в фитоценозах, которые вызваны или усилены в последние десятилетия изменением режима землепользования (прекращением сенокошения и выпаса скота, ведущим к зарастанию экотопов древесно-ку-*

Рис. 3. Степень зарастания популяции лобелии Дортмана в озере Бредно (заказник «Красный бор») за 5-летний период в результате увеличения рекреационной деятельности и, как следствие, эвтрофикации водоема

старниковой растительностью, плотнодерновинными злаками и бурьянистым крупнотравьем);

- *рекреационная деятельность (рис. 3);*
- *рубки лесов (в особенности старовозрастных) (рис. 4);*
- *нарушение гидрологического режима вследствие осушительной мелиорации, подтопления/затопления территории (в том числе связанных с деятельностью бобров) и т.п.;*
- *нарушение местообитаний растений в результате зоогенного пресса;*
- *распространение инвазивных (чужеродных) видов;*
- *изменение режима землепользования (в том числе аренда водоемов с наличием краснокнижных видов).*

С учетом того, что большинство исчезающих видов характеризуются слабой конкурентной устойчивостью, для их сохранения требуется не только охрана мест произрастания, но и прямые действия по содержанию среды в соответствии с эколого-биологическими особенностями видов.

Одним из относительно новых элементов практической охраны представителей флоры, нуждающихся в срочных мероприятиях по оптимизации среды, является разработка Планов действий – комплексных документов, содержащих характеристику соответствующего вида, сведения о состоянии его популяций и лимитирующих факторах среды на территории Беларуси по результатам натурных обследований, а также перечень конкретных мероприятий, направленных на поддержание и, при необходимости, восстановление и увеличение численности. Рекомендации адресуются конкретным исполнителям (землепользователям, подразделениям Минприроды, научным учреждениям и др.) с указанием сроков исполнения. После утверждения Минприроды План действий направляется территориальным органам, в зоне ответственности которых находятся популяции вида, и землепользователям, на чьих землях они расположены, для организации его выполнения.

В период 2011–2013 гг. разработаны и утверждены 30 Планов действий, которые охватили 30 видов, наиболее остро нуждающихся в срочных мерах по оптимизации среды [8, 9]. В рамках одного из заданий подпрограммы «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды с учетом изменения климата» ГНТП «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности» на 2021–2025 гг. проводится актуализация данных Планов действий с повторным освидетельствованием состояния популяций для корректировки мероприятий и оценки эффективности предпринятых ранее мер. Повторные обследования свидетельствуют, что ранее рекомендуемые меры были реализованы лишь в отношении отдельных популяций, которые были взяты на контроль учеными. Наибольшие проблемы связаны с невыполнением мероприятий по кошению и/либо по восстановлению мест произрастания охраняемых видов.

Прогноз

Самой уязвимой сегодня можно считать категорию видов, приуроченных к суходольным и низинным лугам. Необходимо осознать, что если в предстоящее десятилетие не будут предприняты эффективные меры по сохранению растительности лугов, то их фитоценоразнообразие будет безвозвратно утеряно для Беларуси, зонально расположенной в лесной природной зоне. В ближайшее время мы можем потерять до 15% от общего списка краснокнижных видов этой категории. Популяции прибрежных и водных экосистем ожидают значительные трансформации, обусловленные в первую очередь изменением гидрологического режима и зарастанием экотопов. Негативные тенденции могут коснуться 14% от общего списка охраняемых видов этой категории. При нынешнем сценарии изменения климата в сторону снижения обводнения и уровня болотных вод ожидается усиление зарастания болот

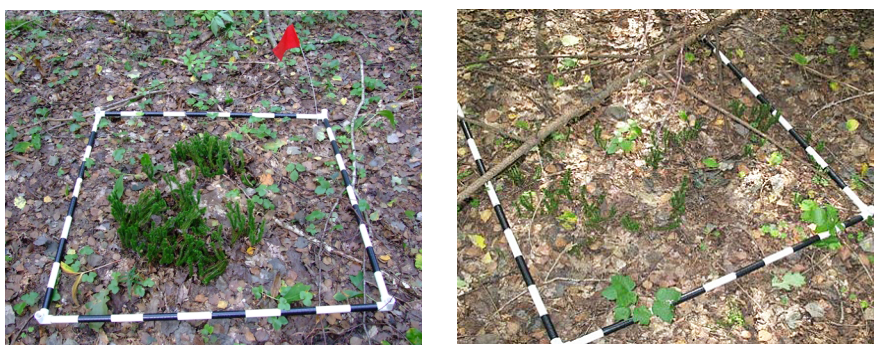


Рис. 4. Степень изменения мощности куртин баранца обыкновенного за 5-летний период в заказнике «Липичанская пуща» в результате рубок леса на границе охраняемого выдела и, как следствие, увеличения освещенности экотопа.

древесной растительностью и, как следствие, уход представителей болотно-луговой, прибрежно-болотно-луговой эколого-фитоценотических групп, которые составляют до 10% от общего списка. Следует ожидать сокращения доли климаксных и сложных по структуре, а также увлажненных лесов разных типов – ельников, черноольшаников, широколиственных, что отрицательно скажется на встречаемости видов высоковозрастных лесов, популяций ряда бореально-таежных и арктобореальных видов, и это ставит под угрозу сокращения 33% от общего списка охраняемых видов. Прогнозируемое увеличение значимости ксерофитного ряда лиственных лесов в первую очередь положительно повлияет на устойчивость экологически пластичных видов растений.

Современная климатическая обстановка, отличающаяся более высокой скоростью изменений, может внести корректировки в механизмы популяционного регулирования, что будет способствовать деградации краевых ценопопуляций и в зависимости от современной общей их представленности на территории Беларуси приведет к гибели отдельных. Трансформация мест произрастания редких видов усугубляется антропогенным воздействием, и скорость сукцессионных смен мест произрастания будет зависеть от интенсивности и характера такого влияния.

Анализ состояния популяций краснокнижных видов и предпринимаемых действий по их охране показал, что законодательно закрепленных мер в большинстве случаев достаточно, однако они не всегда реализуются на практике. К числу основных мер, выполнение которых необходимо усилить, относятся:

- *разработка Планов действий по сохранению видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, для всех видов I и II категории охраны, что позволит получить научно обоснованные рекомендации и реализовать конкретные мероприятия, направленные на поддержание и, при необходимости, восстановление и увеличение численности существующих популяций;*
- *культивирование исчезающих растений для их сохранения. Единственным способом сохранения отдельных видов растений I и II категорий охраны является реализация активных мероприятий по введению их в культуру для восстановления популяций через последующую реинтродукцию в исходные или другие места естественного произрастания;*
- *разработка технического нормативного правового акта, устанавливающего порядок реинтродукции и переселения растений из естественных мест обитания в новые для урегулирования данных видов деятельности;*
- *введение эколого-генетической паспортизации редких растений для устойчивого сохранения генетических ресурсов и предотвращения эрозии генетического разнообразия;*
- *разработка и внедрение принципов и методов авторского надзора для повышения уровня контроля в области поддержания биоразнообразия и выполнения природоохранных мероприятий;*
- *поддержка и расширение сети мониторинга охраняемых видов растений и экосистем для эффективной работы по их сохранению, обеспечению органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, субъектов хозяйствования и общественности информацией о состоянии популяций.*

Очевидно, что реализация программы МОВР в полном объеме возможна только при достаточном финансировании и совместной работе всех заинтересованных сторон.

Фото автора

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТКП 17.05-01-2021 (33140) «Правила проведения работ по установлению специального режима охраны и использования мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь». – Минск, 2021.
2. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь; под ред. А.В. Пугачевского. – Минск, 2011.
3. Пугачевский А.В. Программа и методика организации и проведения мониторинга охраняемых видов растений в Республике Беларусь: методическое пособие / А.В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2011.
4. Инструкция о порядке проведения мониторинга растительного мира. – Минск, 2017.
5. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / И.М. Качановский [и др.]. – Минск, 2015.
6. Бордок И.В. Мониторинг растительного мира в Республике Беларусь: результаты и перспективы / И.В. Бордок [и др.]. – Минск, 2019.
7. Мониторинг растительного мира в Беларуси: 25 лет наблюдений / А.В. Судник [и др.]; под ред. А.В. Пугачевского. – Минск, 2022.
8. Гроздовник ромашколистный *Botrychium matricariifolium (a. Braun ex Döll) Koch)*. Планы действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных или дикорастущих растений / И.П. Вознячук [и др.]. – Минск, 2012.
9. Лосняк Лезеля – *Liparis loeselii (L.) Rich*. Планы действий по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений / И.П. Вознячук [и др.]. – Минск, 2012.

Александр Кильчевский,
главный научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии НАН Беларуси, академик, профессор

Наталья Савина,
научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии НАН Беларуси

Светлана Кубрак,
ведущий научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Елена Макеева,
руководитель Национального координационного центра по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод Института генетики и цитологии НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент

Генетические исследования в деле биологического разнообразия

В Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 г. подчеркивается особое значение биологического и ландшафтного разнообразия. Животный и растительный мир – неотъемлемые составляющие сельского и лесного хозяйства, рыболовства, туризма, здравоохранения и пр. [1]. На территории нашей страны зарегистрировано около 27 100 видов живых организмов, из них – 4450 видов растений, 16 тыс. – животных, 2 тыс. – протистов (одноклеточных) и 4800 – грибов [2].

В 1993 г. Беларусь ратифицировала Конвенцию ООН о биологическом разнообразии, в 2014 г. присоединилась к Нагойскому протоколу регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения и проводит политику в области охраны окружающей среды в соответствии с их целями. Основную деятельность в данной области осуществляет Национальный координационный центр по вопросам

доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод (НКЦГР), созданный на базе Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси [3].

Его сотрудники в составе рабочей группы, созданной по приказу министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, в 2021–2022 гг. принимали участие в разработке концепции и проекта Закона «Об обращении с генетическими ресурсами», который 19 февраля 2024 г. был одобрен на заседании Совета Национального собрания Республики Беларусь. Он направлен на регулирование доступа к генетическим ресурсам и их сохранение как национального богатства страны, получение на справедливой и равной основе выгод от их использования зарубежными исследователями и иными заинтересованными лицами. Его принятие актуально и своевременно именно сейчас, когда в результате комплексного влияния различных факторов, особенно антропогенных, за последние 200 лет из состава флоры Беларуси исчезло около 70 ранее встречавшихся аборигенных видов растений. В стране 303 вида дикорастущих растений и 202 вида диких животных включены в Красную книгу как редкие и находящиеся под угрозой исчезновения [4].

Важность правового регулирования в данном сегменте отражена также в главе 8 Концепции национальной системы обеспечения биологической безопасности, утвержденной в марте 2022 г. Советом Министров Республики Беларусь, где обозначена необходимость принятия комплекса мер «для защиты населения, животных и охраны окружающей среды от воздействия опасных биологических факторов и предотвращения биологических угроз, в том числе совершенствование законодательства в области регулирования доступа к генетическим ресурсам и информации о нуклеотидных последовательностях, механизмов мониторинга их использования, а также надзора и мер ответственности за нарушение суверенных прав страны на выгоды, полученные от их применения» [5].

Антропогенное вмешательство в природные системы привело к кризису разнообразия видов живых организмов на глобальном уровне. Это стало причиной формирования мультидисциплинарной науки – природоохранной биологии (conservation biology), цель которой – поддержание видового состава современных биологических сообществ. Она сочетает в себе как фундаментальные дисциплины (ботанику, зоологию, популяционную биологию, генетику и ряд других), так и сугубо прикладные, изучающие управление природными ресурсами и их использование. В деле сохранения биоразнообразия необходимо объединить узкоспециализированные навыки для изучения экосистемы целиком, чтобы ученые разных направлений работали совместно для решения общих задач, поэтому междисциплинарный подход к этой проблеме эффективнее редукционистского.

В 6-м Национальном докладе, посвященном выполнению Конвенции о биологическом разнообразии в Республике Беларусь, была озвучена следующая задача: «Поддержание генетического разнообразия природной флоры и фауны, культивируемых растений, сельскохозяйственных и домашних животных, создание и пополнение банка генетических ресурсов человека, животных, растений, микроорганизмов Республики Беларусь…» [2]. Это подчеркивает важность сохранения и расширения биоресурсных (генетических) коллекций – необходимого инструмента изучения растительного и животного мира. Именно коллекции представляют собой долговременные хранилища биоматериалов любых организмов, которые дают возможность исследователю выбирать для работы интересующие его объекты.

Обязательное условие работы ботанических учреждений – создание и поддержание набора растений, представляющих различные уровни организации, – от организменного до молекулярного (коллекции живых растений, семян, культуры клеток, гербарии, криоколлекции и др.). Такие депозитарии становятся важным источником знаний и дают возможность применять их на практике, решая проблемы экологии и рационального природопользования. Современные научные подходы требуют от ученых не ограничиваться изучением одного типа биологического материала (клеток, семян, гербарных образцов), а проводить комплексные исследования всего растительного организма, в том числе и на генетическом уровне. В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси с 2013 г. функционирует Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов, в котором собраны, каталогизированы и находятся на хранении образцы ДНК и биологического материала различных организмов. Научная деятельность банка носит многоплановый характер, одно из ее направлений – изучение и инвентариза-

Ятрышник клопоносный

Тайник яйцевидный

Венерин башмачок настоящий

Любка зеленоцветковая

ция растительных генетических ресурсов на основе современных методов молекулярной биологии. Так, в составе секции «Банк ДНК растений» начиная с 2017 г. создана и ежегодно пополняется коллекция дикорастущей флоры, включающая образцы редких и находящихся под угрозой исчезновения видов, вошедших в 4-е издание Красной книги, с целью сбора, сохранения и изучения уникальной генетической информации генотипов растений с низкой адаптационной способностью. При этом сбор материала осуществляется без изъятия объектов из мест произрастания, то есть численность природных популяций охраняемых видов не нарушается. В связи с этим Республиканский банк ДНК может выступать в роли ресурсного центра, аккумулирующего материал для экологических и популяционных исследований, тем самым внося свой вклад в сохранение биоразнообразия флоры нашей страны.

К настоящему времени Коллекция ДНК редких видов растений насчитывает почти 800 образцов ДНК и биологического материала. Депонированы представители 101 вида I–IV категорий национальной природоохранной значимости из основного списка и списка профилактической охраны Красной книги.

Коллекция цветковых растений (*Angiospermae*) включает 81 вид из 34 семейств, среди которых наиболее широко представлены лютиковые (*Ranunculaceae*) и орхидные (*Orchidaceae*). Кроме таксономического деления образцы разделены по географическому принципу: выделены коллекции, включающие охраняемые растения из Национальных парков «Нарочанский», «Беловежская пуща», «Браславские озера», «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», а также редкие виды, произрастающие на охраняемых и неохраняемых территориях Гомельской, Гродненской, Витебской и Минской областей. Республиканский банк ДНК тесно сотрудничает с лабораторией флоры и систематики растений Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, биологическим факультетом Брестского государственного университета им А.С. Пушкина, научными отделами природоохранных учреждений Беларуси.

Первым и важным шагом в разработке стратегии сохранения растительного генофонда является инвентаризация ресурсов, проводимая с целью учета и сбора данных о количественных и качественных характеристиках популяций. При этом собирается информация о видовом составе природных объектов, их жизнедеятельности, степени морфологической и генетической изменчивости. В результате оценивается существующее биоразнообразие и выявляются объекты, нуждающиеся в особом внимании и изучении.

Основным способом видовой идентификации растений по-прежнему остается морфологический метод, однако как надежный дополнительный подход, а в отдельных случаях и единственно возможный, используется молекулярно-генетический анализ. Благодаря достижениям в области секвенирования и программных технологий последовательности ДНК стали источником новой информации для лучшего понимания эволюционных и генетических взаимоотношений живых организмов. Для подтверждения принадлежности на видовом уровне наиболее удобен метод ДНК-штрихкодирования (ДНК-баркодинг), позволяющий определять нуклеотидные последовательности вариабельных таксономически

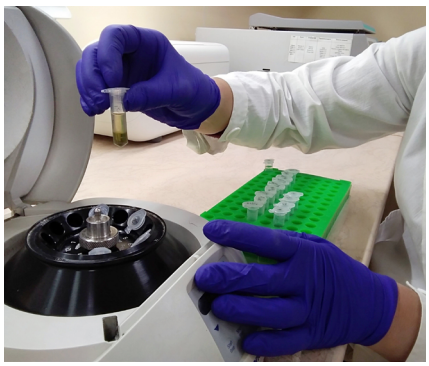
значимых участков, так называемых ДНК-штрихкодов. Данный способ основан на предположении, что короткая стандартизированная последовательность ДНК-штрихкодов может помочь различать виды, поскольку межвидовая генетическая изменчивость превышает таковую внутри вида. Нуклеотидная последовательность изучаемого образца сравнивается с библиотекой эталонных данных и при фиксации точного соответствия с имеющимися там штрихкодами идентифицируется. Несовпадение может указывать на возникновение нового гаплотипа или географического варианта, либо на существование недавно обнаруженного вида.

Система молекулярной идентификации превращается в глобальную сеть, необходимым элементом которой являются справочные библиотеки эталонных ДНК-штрихкодов для известных видов. С целью их создания проводятся крупномасштабные кампании по отбору проб и секвенированию коллекций в музеях природы, гербариях и других ресурсных центрах по всему миру, благодаря чему наследие более чем столетней естественной истории может быть использовано в современных научных исследованиях. Согласно рекомендациям Международного центра по баркодингу CCDB, коллекционные образцы должны содержать следующую информацию: название вида; данные ваучера; запись о сборе; идентификатор образца; последовательность ДНК-штрихкода; ПЦР-праймеры для получения ампликона.

Сотрудники Республиканского банка ДНК подтверждают видовую принадлежность образцов растений с помощью 4 основных маркеров: ядерного ITS2 и хлоропластного rbcL, psbA-trnH, matK. Генетические данные, полученные в ходе генотипирования редких видов, аккумулируются в локальной базе ДНК-штрихкодов, которая позволяет при необходимости проводить сравнительный анализ образцов из разных регионов произрастания.

Помимо прикладного значения (исключение случаев неверного определения вида, контроль чистоты образца, инвентаризация генетических ресурсов какого-либо региона) ДНК-штрихкодирование стало эффективным инструментом фундаментальных дисциплин – молекулярной филогении и популяционной генетики. Исследования, касающиеся первой, затрагивают эволюционные взаимоотношения между таксономическими уровнями надвидового порядка, тогда как изыскания в области второй нацелены на вариации внутри и между популяциями одного вида. ДНК-штрихкодирование применимо к обеим дисциплинам и позволяет охарактеризовать разные уровни организации, поскольку направлено на идентификацию видов и фокусируется на их разграничении [6].

В течение последнего десятилетия произошла интеграция метода в качестве рутинной процедуры в таксономию, что привело к ряду методологических достижений в этой науке. Таксономическое исследование требует сбора морфологических и экологических данных и может различаться для разных комплексов (то есть требует применения разных методов и навыков). ДНК-штрихкодирование открыло перспективы в определении видов, упростило этот процесс благодаря относительно стандартизированным протоколам секвенирования и маркировки данных. С другой стороны, ускорение инвентаризации живых организмов означает упрощение процедур, что не всегда сказывается позитивно на результатах, поэтому в научных кругах считается оптимальным интегративный подход, сочетающий классическую таксономию и генетический анализ [7]. В плохо изученных таксономических группах ДНК-штрихкодирование может предшествовать обычным таксономическим работам с целью отсортировки



образцов по генетически дивергентным группам [8]. Кроме того, метод является важным подспорьем в открытии новых видов, которые можно обнаружить в результате массового скрининга генетическими методами. Если выявлен неизвестный образец, не имеющий точного соответствия в библиотеке ДНК-штрихкодов, это еще не основание интерпретировать его как новый вид. Такой образец рассматривают в контексте традиционного таксономического анализа, который обычно выполняется намного медленнее, но дает более надежные результаты, особенно с учетом предварительно полученной генетической информации [6]. С помощью ДНК-штрихкодирования можно находить уникальные с генетической точки зрения микропопуляции, редкие биотипы и формы, проводить таксономическую ревизию разных систематических групп [8].

Современная таксономия – это активная область исследования, так как гипотезы разграничения видов постоянно пересматриваются и уточняются. В этом контексте целесообразны молекулярно-генетические исследования не только с целью достоверной идентификации видов, но и для решения некоторых спорных вопросов взаимоотношений между ними в пределах семейств. Сотрудниками Республиканского банка ДНК на примере анализа изменчивости ядерного маркера ITS уточнен таксономический статус 16 видов орхидных – представителей флоры Беларуси, из которых 13 включены в Красную книгу. Показано, что их филогенетические взаимоотношения полностью согласуются с существующей таксономией этого семейства, основанной на данных классической систематики [9].

Кроме того, 11 редких видов семейства лютиковых, относящихся к 2 подсемействам и 7 родам, оказались хорошо различимы на основании сравнения нуклеотидных последовательностей ITS-региона. Семейство лютиковых – одно из самых крупных по количеству и разнообразию видов, что создает трудности при выяснении родственных отношений среди подсемейств и их филогении. Вариабельность ITS-региона оказалась полностью согласованной с существующей таксономией и позволила эффективно установить статус отдельных таксономических групп внутри семейства [10]. С помощью ДНК-штрихкода ITS2 дана оценка генетического полиморфизма образцов водяного ореха – спорного таксона, который рассматривается либо как один полиморфный вид, либо в соответствии с морфологией плодов как 10 и более отдельных видов. Анализ трех морфологически различающихся групп водяного ореха не выявил генетических различий между этими типами по ДНК-штрихкоду ITS2, что можно рассматривать как факт принадлежности всех образцов растения из разных популяций Беларуси к одному виду или как свидетельство того, что они произошли от общего предка за короткий промежуток времени и являются филогенетически близкими родственниками [11].

Таким образом, ДНК-штрихкодирование зарекомендовало себя как зрелая область науки о биоразнообразии, заполняющая концептуальный разрыв между традиционными ботаническими дисциплинами и новыми исследованиями в молекулярной генетике. А широкая специализация и возможность привлекать специалистов из разных областей знаний – идеальное сочетание для достижения реальных результатов в биологии охраны природы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Организация Объединенных наций. Беларусь // https://www.undp.org/ru/belarus/press-releases.
2. Bahna. Общественная охрана дикой природы // https://www.undp.org/ru/belarus/press-releases.
3. О создании Национального координационного центра по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 01.10.2014 г. №933, Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь 04.10.2014, 5/39520. – Минск, 2014.
4. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. – Минск, 2015.
5. О концепции национальной системы обеспечения биологической безопасности: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 22.03.2022 г. №161, Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь 25.03.2022, 5/50052. – Минск, 2022.
6. M. Hajibabaei DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics // Trends in Genetics. 2007. Vol. 23. № 4. P.167–172. doi: 10.1016/j.tig.2007.02.001.
7. N. Hubert DNA Barcoding, species delineation and taxonomy: a historical perspective / Hubert N., Hanner R. // DNA Barcodes. 2015. Vol. 3. P. 44–58.
8. Савчук С.С. Стратегия сохранения генофонда семейства орхидных (*Orchidaceae Juss.*) в Беларуси / С.С. Савчук // Охрана и культивирование орхидей: материалы X Междунар. науч.-практич. конф. – Минск, 2015. С. 209–213.
9. Н.В. Савина. Молекулярно-генетический анализ видов семейства орхидные (*Orchidaceae*) флоры Беларуси // Молекулярная и прикладная генетика. 2023. Т. 35. С. 7–18.
10. Н.В. Савина. Анализ последовательностей ITS-района рибосомной ДНК для идентификации редких видов семейства *Ranunculaceae* // Молекулярная и прикладная генетика. 2022. Т. 33. С. 7–17.
11. Савина Н.В. Изменчивость водяного ореха (*Trapa natans L. s.l.*) флоры Беларуси по маркеру ITS2 / Савина Н.В. [и др.] // Материалы V Междунар. конф. «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы». – Минск, 2022. С. 72.

Опыт сохранения и управления популяцией зубра в Беларуси

УДК 599.735.51

Зубр (*Bison bonasus*) – самый крупный представитель млекопитающих современной наземной фауны Палеарктики и последний из диких быков в Европе, включенный в Красный список Международного союза охраны природы (категория – близок к уязвимому положению) и Красные книги Беларуси, России, Польши, Украины и Литвы.

Павел Гештовт,
заместитель генерального директора по научной и инновационной работе НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, кандидат сельскохозяйственных наук,
heshtaut@mail.ru

Василий Шакун,
завлабораторией популяционной экологии наземных позвоночных и управления биоресурсами НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, кандидат биологических наук,
terioforest@tut.by

Аннотация. *Отражено современное состояние популяции зубра в мире и Беларуси. Приведены сведения о историческом ареале его обитания и причинах сокращения численности. Описаны мероприятия по сохранению зубра и восстановлению популяции. Отражена динамика численности вида и пространственное размещение микропопуляций в Беларуси. Определено, что наиболее острой проблемой, связанной с сохранением и управлением популяцией, является ее неравномерное распределение по территории страны. Установлено, что на данный момент около 70% особей сосредоточено всего в 3 микропопуляциях, а их репродуктивная изолированность является одной из угроз дальнейшему существованию зубра в Беларуси. Описаны основные принципы и особенности управления популяцией, предложены решения наиболее острых проблем, связанных с ее сохранением и управлением.*

Ключевые слова: *зубр (Bison bonasus), охрана и адаптивное управление популяциями зубра, восстановление популяции зубра.*

Для цитирования: *Гештовт П., Шакун В. Опыт сохранения и управления популяцией зубра в Беларуси // Наука и инновации. 2024. №3. С. 32–35. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-32–35*

Зубры обитают в 33 странах, в том числе в Германии, России, Польше, Беларуси, Испании, Швеции, Украине, Франции. Численность вида в основных местах бывшего ареала имеет положительную динамику. В декабре 2022 г. в мире насчитывалось 10 536 зубров, из которых 78% (8225 особей) – на воле. Существует 49 вольных микропопуляций зубра, в том числе 16 – в России, 10 – в Беларуси, 8 – в Польше, 6 – в Украине, по 2 – в Литве и Румынии, по 1 – в Азербайджане, Болгарии, Германии, Латвии, Словакии.

Зубр как вид окончательно сформировался в начале голоцена, 11,7 тыс. лет назад. Однако на европейских территориях зубры уже существовали в течение по крайней мере последних 55 тыс. лет. Появились они в результате смешения степного зубра *Bison priscus* и тура *Bos taurus primigenius*, затем гибриды постепенно образовали обособленный вид. На основании результатов молекулярно-генетических исследований и изучения более 800 наскальных рисунков установлено, что присутствовал разный типаж изображаемых зубров. Первоначально предполагалось, что имеет место неправильная изобразительная передача увиденных животных. Но оказалось, что звери отображены правильно и морфологически в основном отображали степного

зубра, и формирующийся новый вид – современного зубра [1].

В плейстоцене представители рода *Bison* встречались на территории Азии, Европы и Северной Америки, однако по ряду причин, в основном связанных с резким изменением климата ввиду наступления ледниковых периодов, в Сибири и Центральной Азии эти животные вымерли. В голоцене и раннеисторическом периоде зубр был распространен в Западной, Центральной и Юго-Восточной Европе, включая Кавказ. Костные останки находили при раскопках в Гродно, Минске, Турове, Новогрудке, нижнем и верхнем замке Витебска и в других поселениях, что говорит о том, что вплоть до конца XVII в. зубр обитал на всей территории современной Беларуси.

В связи с увеличением численности населения, развитием земледелия и скотоводства, вырубкой лесов и активным преследованием негативное антропогенное влияние на зубра возросло. Процесс истребления зубров начался с VI в. на юге Англии, на континенте с X–XI вв. целенаправленно преследовали данный вид. В XIV в. ареал зубра очень сильно сократился, и снизилась его численность. В XVIII в. вид исчез в Германии, Румынии и Восточной Европе. К началу XIX в. представителей исчезающего вида еще можно было увидеть в Беловежской пуще и прилегающих к ней лесах, а в 1919 г. был убит последний живущий на свободе зубр. В 1926 г. в зоопарках Англии, Германии, Польши, Швеции сохранилось 52 особи вида.

В 1923 г. на Международном съезде охраны природы подняли вопрос о срочной реализации мероприятий по предотвращению исчезновения зубров. Было принято решение о необходимости их разведения в специальных огороженных территориях – зубропитомниках с последующим постепенным выпуском животных на волю при увеличении их численности.

Работы по разведению зубра на территории современной Беларуси начались после Великой Отечественной войны. В 1946–1967 гг. в питомник на белорусской части Беловежской пущи было завезено 50 особей. В 1970-х гг. создали еще две микропопуляции – в Березинском биосферном заповеднике и Припятском государственном ландшафтно-гидрологическом заповеднике (с 1996 г. – Национальный парк «Припятский»). Существенные мероприятия по расселению охраняемого вида проводились во второй половине 1990-х – начале 2000-х гг.: в рамках реализации Национальной программы «Зубр» было создано 6 новых микропопуляций, а затем в 2010-х гг. – еще 2 [1] .

Наша страна внесла весомый вклад в сохранение и изучение зубра. Численность вида с 66 особей в 1971 г. возросла до 2688 на конец 2022 г. Из них 2587 зубров было учтено в 10 вольноживущих микропопуляциях *(таблица, рисунок)*. В 2011 г. Беларусь стала лидером по количеству зубров, живущих на воле, а в 2018 г. заняла 1-е место в мире по их общей численности [1].

Значимую роль при этом сыграли разработанные и реализованные на практике стратегические документы, определяющие направления и порядок действий: Национальная программа по сохранению, расселению и использованию зубра в Беларуси (1999), План управления популяцией зубра в Республике Беларусь (2015), Правила охраны и рационального использования зубров (1999 г., усовершенствованы и пересмотрены в 2007, 2020 и 2024 гг.).

Основной и при этом уникальной в мировом масштабе особенностью управления популяцией в Беларуси стало придание зубру бинарного (двойного) статуса: будучи включенным в Красную книгу, вид подлежит особым мерам охраны, но при этом некоторые особи могут быть отнесены по ряду признаков к резервному генофонду с последующей возможностью их изъятия из среды обитания, в том числе на коммерческой основе. К таковым относят животных, представляющих наименьшую ценность для воспроизводства и уже не играющих важной роли в деле сохранения вида: с признаками крайней степени истощения; тяжело больных, травмированных, с увечьями, ведущими к гибели; родившихся с отклонениями в физическом развитии; находящихся

Микропопуляция	Численность, особей
Беловежская	730
Осиповичская	580
Озерская	468
Налибокская	135
Полесская	197
Озеранская	76
Березинско-Борисовская	19
Найдянская	37
Красноборская	300
Дятловская	45
Всего	**2587**

Таблица. Численность зубра в вольноживущих микропопуляциях в Беларуси (по состоянию на 31.12.2022 г.)

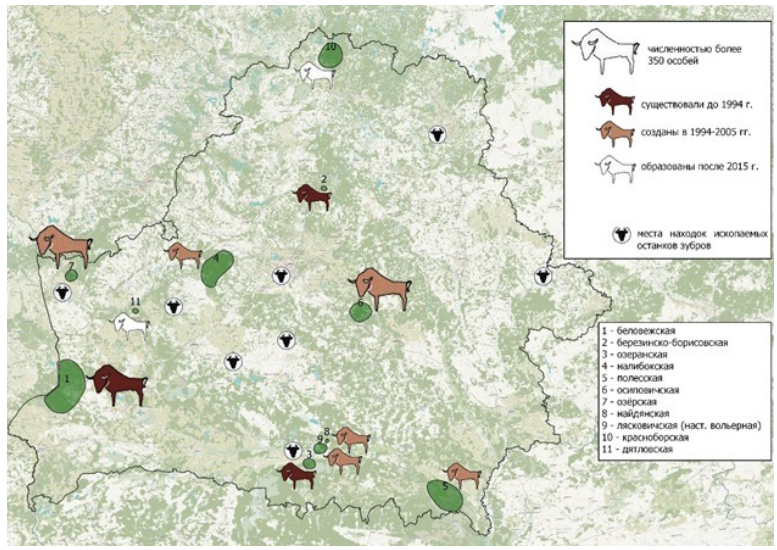


Рисунок. Пространственное размещение вольноживущих популяций зубра в Беларуси

на территории ферм или силосных буртов и проявляющих агрессивность по отношению к людям или домашним животным; самок зубров старше 15 лет и самцов старше 14 лет.

Чтобы обеспечить объективность при принятии решений, касающихся включения тех или иных представителей вида в резервный генофонд, организуется работа комиссии, в состав которой входят уполномоченные держателя популяции зубра, государственной ветеринарной службы, специалисты Национальной академии наук Беларуси, территориального органа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и территориального органа Государственной инспекции охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь. Ежегодно к резервному генофонду относится и изымается на коммерческой основе более 50 животных. Полученные при этом доходы направляются на поддержание жизнестойкости существующих популяций: улучшение среды их обитания, проведение подкормок в зимний период, санитарно-профилактические мероприятия. Подтверждением эффективности применяемых принципов управления популяцией зубра является рост численности и расширение распространения вида.

Одной из угроз дальнейшему существованию вида является репродуктивная изолированность всех микропопуляций зубра в Беларуси друг от друга. В таких условиях обостряются проблемы, связанные с близкородственным скрещиванием, что приводит к потере генетического разнообразия. Для долговременного сохранения зубра как биологического вида необходимо существование нескольких вольноживущих популяций с численностью эффективных (размножающихся) животных, приближенной к 500 особям, и спутниковых микропопуляций, включающих около 100 особей, в том числе не менее 50 эффективных.

Наиболее острой проблемой, связанной с сохранением и управлением популяцией, является ее неравномерное распределение по территории страны. На данный момент около 70% численности вида сосредоточено всего в 3 микропопуляциях – Беловежской, Озерской, Осиповичской, что влечет за собой ряд серьезных проблем. В первую очередь высокая плотность населения зубров оказывает негативное воздействие на среду их обитания. Так, интенсивное употребление естественных кормов приводит к уменьшению их запасов, заставляет животных употреблять несвойственную им малоценную пищу, что негативно сказывается на развитии молодых особей, влияет на продуктивность половозрелых и создает предпосылки для увеличения количества физиологически нездоровых. Подкормка в зимний период делает зубра более зависимым от человека, влечет достаточно серьезные финансовые траты на биотехнические мероприятия. Поиски альтернативы ценным естественным кормам заставляют животных концентрироваться на высокопродуктивных участках сельскохозяйственных и лесных культур, что приводит к существенным потравам. Высокая степень сосредоточенности зубров на ограниченной территории создает

условия для распространения опасных инфекционных заболеваний, что еще больше ослабляет популяции. Кроме того, концентрация зубра в нескольких больших популяциях делает вид очень уязвимым перед угрозой возникновения и распространения эпизоотий.

Ситуацию усугубляет то, что в Беларуси практически отсутствуют места, где можно было бы создавать популяции с высокой численностью (500 животных и более). Здесь необходимо четко понимать, что зубр предпочитает открытые пространства, а утверждение, что он является сугубо лесным жителем, является неверным. Это подтверждается и исторически: ранее зубр обитал в разреженных лесах и лесостепях, и лишь по мере освоения человеком наиболее ценных земель стал отступать вглубь больших лесных массивов. Подтверждается это и особенностями питания – зубр предпочитает употреблять травянистую растительность и только с завершением вегетационного периода вынужден переходить на одревеснившие побеги кустарников и деревьев. Поэтому создание популяций с внушительной численностью на территориях с высокой плотностью населения человека, где ведется интенсивное сельское хозяйство, со временем приводит к острой проблеме потрав культур зубрами и иным конфликтным ситуациям между дикими животными и человеком. Так, в 2021 г. вследствие возникновения значимого размера повреждений Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды был разработан и согласован с Советом Министров Республики Беларусь Комплекс мер по предотвращению ущерба от потрав сельскохозяйственных культур зубрами.

Ввиду своей малочисленности зубр до сих пор остается уязвимым видом как в мировом, так и в республиканском масштабе, поэтому исключение его из Красной книги является преждевременным и необоснованным. Кроме того, надо учитывать особый исторический и культурный статус животных как для нашей страны, так и для соседних государств.

За последние 80 лет в Беларуси многое сделано для сохранения вида, однако недопустимо останавливаться на достигнутом и использовать лишь проверенные временем методы охраны и управления, так как новые проблемы и вызовы требуют совершенствования подходов в данной области. Основными направлениями охраны зубра в Беларуси в ближайшие годы должны стать: существенное увеличение количества микропопуляций вида за счет расселения; эффективная охрана и повышение устойчивости уже существующих популяций к различным неблагоприятным факторам; снижение численности (преимущественно путем отлова с целью переселения) в микропопуляциях с превышением оптимального количества животных, где присутствуют многочисленные факты потрав сельскохозяйственных культур.

Ввиду того, что Беларусь не обладает достаточным количеством территорий, пригодных для новых крупных микропопуляций, вновь создаваемые должны быть относительно небольшими, с оптимальной численностью на уровне 80–100 особей. Желательно, чтобы данные группы формировались преимущественно как спутниковые к уже существующим крупным популяциям.

Чтобы минимизировать негативное влияние на среду обитания, уменьшить риск распространения опасных инфекционных заболеваний и предотвратить потравы сельскохозяйственных культур при достижении оптимальной численности в популяциях зубра резервного генофонда необходимо осуществлять регулирование их численности в количестве, не превышающем размер ежегодного прироста.

Данные меры позволят повысить устойчивость белорусской популяции зубра к различным неблагоприятным факторам, обеспечить дрейф генов между микропопуляциями, упростить мониторинг и проведение ветеринарных, санитарно-профилактических мероприятий, обеспечить эффективное управление видом.

Фото: Павел Гештовт

Summary. The current state of the bison population in the world and Belarus is reflected. Its historical range and reasons for the decline in numbers are given. Measures to preserve the bison and restore its numbers are described. The population dynamics of the species and the spatial distribution of micropopulations in Belarus are reflected. It has been determined that the most pressing problem associated with the conservation and management of the population is its uneven distribution throughout the country. It has been established that about 70% of the species' population is concentrated in just 3 micropopulations, and one of the threats to the further existence of the bison.

Keywords: bison (*Bison bonasus*), protection and adaptive management of bison populations, the bison population recovery.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-32-35

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Soubrier, J., Gower, G., Chen, K. [et al.]. Early cave art and ancient DNA record the origin of European bison. 2016. Nat Commun 7, 13158 // https: //doi.org/10.1038/ncomms13158.
2. Буневич А.Н., Козло П.Г. Зубр в Беларуси / А.Н. Буневич, П.Г. Козло; под науч. ред. В.П. Семенченко. – Минск, 2009.
3. European bison pedigree book. – Białowieża, 2023.

Статья поступила в редакцию 26.02.2024 г.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ И РАСПРОСТРАНЕНИИ

ZERYNTHIA POLYXENA (DENIS ET SCHIFFERMÜLLER, 1775) В БЕЛАРУСИ

УДК: 595.789:574.34 (476)

Аннотация. *Приведены новые данные о распространении и динамике численности поликсены – Zerynthia polyxena на территории Беларуси. В настоящее время известно пять разобщенных участков белорусского фрагмента ареала в долинах рек Днепр, Сож и Припять, водный режим которых характеризуется сильным весенним половодьем. Потепление климата, сопровождаемое частыми зимними оттепелями, привело к существенному уменьшению весенних половодий и их смещению на более ранние сроки, что дало возможность поликсене расселиться по юго-востоку Беларуси. Наибольшая численность поликсены наблюдалась в 2016–2019 гг., что мы связываем с периодом слабых весенних разливов на реках. Вероятно, в этот период вид активно осваивал новые места обитания и достиг широты г. Речица. В 2022 и 2023 гг. наблюдались чрезвычайно мощные и длительные весенние подтопления пойменных экосистем, из-за чего численность поликсены упала в десятки раз – вид сохранился исключительно на наиболее возвышенных участках рельефа или на значительном удалении от рек.*

Ключевые слова: *насекомые, чешуекрылые, парусники, поликсена, Lepidoptera, Papilionidae, Zerynthia polyxena, потепление климата, весенние паводки, Беларусь.*

Для цитирования: *Кулак А. Новые данные о биологии и распространении Zerynthia polyxena (Denis et Schiffermüller, 1775) в Беларуси // Наука и инновации. 2024. №3. С. 36–40. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-36–40*

Анатолий Кулак,
ведущий научный сотрудник лаборатории наземных беспозвоночных животных Научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам, кандидат биологических наук;
bel_lepid@mail.ru

Поликсена – *Zerynthia polyxena* (Denis et Schiffermüller, 1775) – один из четырех представителей семейства парусников (*Papilionidae*), встречающихся на территории Беларуси. Сведения об обитании пятого вида, обыкновенного аполлона, не подтверждены коллекционным материалом. Поликсена включена в Приложение II Бернской конвенции, Приложение IV Директивы Евросоюза о местообитаниях, в Красные книги многих стран или списки видов профилактической охраны; в Красной книге Республики Беларусь имеет наивысшую категорию природоохранного значения [1].

Поликсена распространена от юго-востока Франции по южной и центральной части Европы, крайнему северо-западу Турции, Украине, юго-востоку Беларуси, европейской части России на севере приблизительно по широте Коломны, Нижнего Новгорода, Чебоксар, на юге до Северного Кавказа,

Волгограда, предгорий Южного Урала и по северо-западу Казахстана [1–8]. В западной части ареала места обитания сосредоточены практически исключительно в зонах широколиственных лесов и вечнозеленых жестколистных ассоциаций средиземноморского типа, в восточной части – в основном в степи и лесостепи, более локально в широколиственных лесах, а на крайнем его севере отдельные популяции достигают зоны смешанных лесов.

В Беларуси первое место обитания поликсены было обнаружено в 1996 г. в долине реки Днепр на крайнем юго-востоке Речицкого р-на Гомельской области, которое на протяжении нескольких последующих лет считалось единственным.

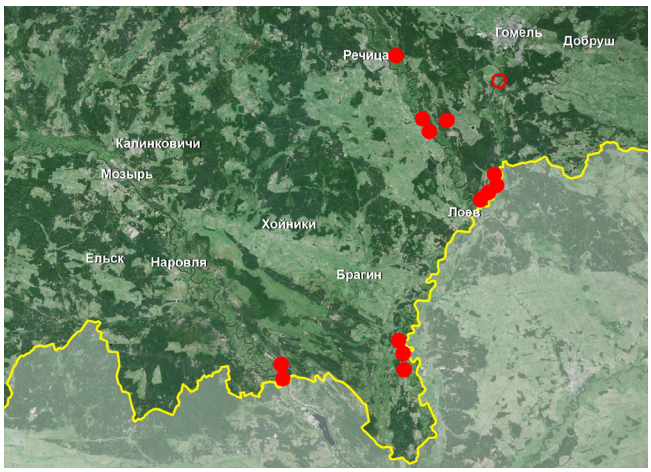


Рис. 1. Распространение поликсены на территории Беларуси (красные точки – места обитания, подтвержденные фактическим материалом; красная окружность – информация об обитании требует проверки)

Рис. 2. Вид места обитания поликсены в окрестностях д. Рудня Жигальская, Речицкий р-н, 15.05.2015 г.

Материал и методика

Сведения о распространении, численности и особенностях биологии поликсены собраны нами в ходе экспедиционных выездов 2014, 2015, 2018, 2020–2023 гг., обобщения информации литературных источников [1, 4–6], базы данных INaturalist [7], а также устных сообщений. Зачастую в них идет речь об одних и тех же немногочисленных местах обитания и находках вида.

Поиск поликсены проводили как в ранее известных, так и в предполагаемых регионах, главным маркером которых был кирказон ломоносовидный *(Aristolochia clematitis L.)* – единственное кормовое растение гусениц бабочки в условиях Беларуси. В некоторых случаях о присутствии вида в биотопе судили по характерным повреждениям кирказона гусеницами.

Данные о многолетней и текущей динамике весеннего паводка, об общей оценке рисков наводнений в районе исследований почерпнуты из [8–10].

Результаты и обсуждение

Немногочисленные группировки поликсены выявлены в долинах рек Днепр, Сож и Припять на территориях Речицкого, Лоевского, Брагинского и Хойникского р-нов. На данный момент известно 5 обособленных друг от друга агрегаций мест обитания *(рис. 1)*, в некоторой степени выклинивающихся из северной границы ареала. Наличие вида в Гомельском р-не вполне вероятно, однако требует проверки.

Поскольку места обитания поликсены напрямую связаны с произрастанием кирказона, дальнейшие ее находки на территории Беларуси возможны только по юго-востоку, вероятно, не западнее Петрикова. Это растение развивается преимущественно по долинам рек как открыто, так и среди кустарников или под пологом светлых лиственных лесов, как на влажных участках пойменных лугов, так и в более засушливых условиях на склонах балок, гривах холмов, по обочинам дорог и др. Однако, как показало исследование, в большинстве мест, где встречается кирказон, поликсена отсутствует. Неудачи, сопровождающие попытки ее разведения в лабораторных условиях [11], свидетельствуют о высокой требовательности вида к набору специфических условий в биотопах.

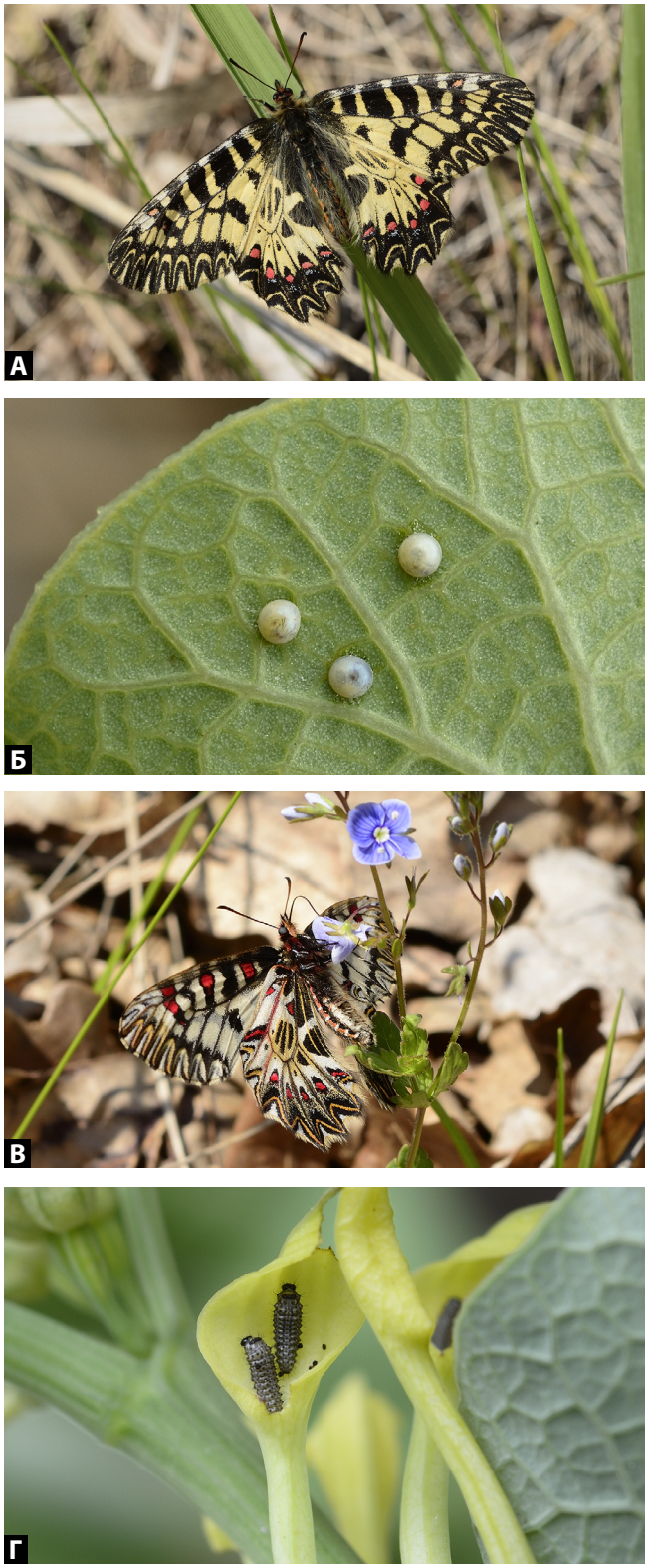


Рис. 3. Поликсена в окрестностях д. Рудня Жигальская, Речицкий р-н, 15.05.2015 г.
(а – имаго; б – кладка яиц; в – питание имаго на ветренице дубравной; г – гусеницы первого возраста)

На территории Беларуси поликсена встречается исключительно в хорошо освещенных и прогреваемых солнцем биотопах, главным образом на полянах и опушках светлых лиственных лесов на надпойменных террасах *(рис. 2)*, по откосам дорог и травянистым склонам балок южной экспозиции. При этом для откладки яиц самки игнорируют участки с единичными экземплярами кирказона, хоть и хорошо инсолируемые, а также густые заросли этого растения в затененных и слишком закустаренных местах.

В условиях Беларуси вылет поликсен начинается в середине первой декады мая (при особенно теплом апреле – в первых числах месяца) и длится обычно в течение 3 недель. Бабочки активны исключительно в солнечную погоду *(рис. 3а, в)*. Необходимым условием для них является достаточно разнообразная кормовая база из цветущих растений в период лета *(рис. 3в)*. Изучение дальности перемещений имаго проводили 15–17 мая 2015 г. в окрестностях д. Рудня Жигальская (Речицкий р-н). Установлено, что в пик лета не менее 80% особей концентрировалось на узком участке протяженностью около 350 м, поросшем молодым разреженным дубняком и расположенном на гряде длиной около 500 м. В его пределах поликсен сильно привлекали хорошо прогреваемые обочины проселочной дороги, выходящей на открытую пойму Днепра. Там, где они граничат с участками лесной растительности, были обнаружены наиболее ранние кладки яиц. Из данного биотопа в течение 3 дней вылет имаго на открытую пойму не отмечался. Также поликсена избегала более загущенного участка ивняка, под пологом которого находились наибольшие, но слабо инсолируемые заросли кирказона. В республиканском биологическом заказнике «Днепро-Сожский» в конце лета несколько особей было отмечено на открытой местности, вдали от стаций развития гусениц.

Самки откладывают яйца на нижнюю сторону листьев и стебли кирказона группами по 3–10 штук *(рис. 3б)*, реже – в большем количестве или по 1–2 яйца, развитие которых длится около 1 недели. Гусеницы первого и второго возрастов развиваются на вершине побегов на нижней стороне молодых листьев, а также по 1–2 особи – в глубине цветков *(рис. 3г)*. В старших возрастах переходят на питание более старыми листьями. Их развитие длится около 3 недель. Окукливание происходит на кирказоне или растениях, растущих рядом. Зимуют на стадии куколки.

Во многих странах численность поликсены существенно сократилась, как, например, в Болгарии и Румынии [2]. Несмотря на то, что в Беларуси в отдельные годы в некоторых локалитетах вид не редок, а на стадии гусеницы порой встречается в большом количестве, в силу недавнего обнаружения вида и отсутствия регулярных наблюдений тенденции изменения его численности неизвестны. Однако прослеживается определенная зависимость численности от характера весеннего половодья.

Водный режим крупных рек юго-востока страны характеризуется сильным весенним паводком, который порой приобретает характер катастрофических наводнений. Потепление климата, сопровождаемое зимними оттепелями, привело к существенному уменьшению уровня весенних паводков и их смещению на более ранние сроки [9, 10]. В итоге снижается частота длительных затоплений мест обитания поликсены, расположенных на относительно низких участках рельефа, а сдвиг максимума высокой воды на конец марта приводит к тому, что до времени вылета бабочек территория освобождается от излишков воды в большей мере, чем в прошлом. Можно предположить, что это дает поликсене возможность более широко расселяться по юго-востоку Беларуси. Так, наибольшая численность вида отмечена в 2016–2019 гг., которые пришлись на продолжительный период слабых весенних разливов, начавшийся с 2014 г. За исключением 2018 г., когда наблюдался средний уровень половодья, во все остальные годы в зоне обитания поликсены вода практически не выходила на поймы. Скорее всего, именно тогда вид получил возможность развиваться не только в наиболее высоких точках, но и на многих других открытых местах по поймам и достиг широты Речицы [6]. В 2020 г. численность как имаго, так и гусениц в заказнике «Днепро-Сожский» была заметно меньшей, чем в 4 предыдущих сезона, что можно связать с аномально низкими температурами второй половины апреля – мая. Вероятно, в 2020 г. популяция поликсены сократилась и в других местах.

В 2022–2023 гг. по юго-востоку Беларуси наблюдались чрезвычайно мощные и длительные весенние подтопления пойменных экосистем. Это привело к тому, что численность поликсены упала в десятки раз – вид сохранился исключительно на наиболее возвышенных участках рельефа или на значительном (около 5 км) удалении от рек, как, например, в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (ПГРЭЗ). В 2023 г. в ходе обследования его территории вдоль Припяти на участке выше известных мест обитания вид не был выявлен, хотя небольшие по площади биотопы выглядели для его развития пригодными. В заказнике «Днепро-Сожский» были отмечены только единичные экземпляры имаго, часть мест обитания в заказнике, где в предыдущие годы гусеницы встречались в большом количестве, оказались затоплены, и в дальнейшем вид не обнаружен.

Поликсену в местообитаниях, имеющих географическую широту юго-востока Беларуси, порой считают реликтом третичного периода [12]. Мы предполагаем, что на наших территориях данный вид не является вселенцем времен средневекового климатического оптимума (VIII–XIII вв.) и тем более – реликтом атлантического оптимума голоцена (4–3 тыс. лет до н. э.). Исходя из того, что места обитания поликсены по юго-востоку Беларуси образуют северную границу ее ареала, что вид здесь обнаружен менее 30 лет тому назад в период стремительного потепления климата, что в это время значительно увеличилась проницаемость среды для имаго благодаря сильному снижению уровня весеннего половодья и его отдалению во времени от вылета, можно предположить: этот представитель фауны в наших условиях является элементом необиоты.

Тем не менее, несмотря на увеличение географии и количества мест обитания поликсены, по причине своей стенобионтности и из-за особенностей гидрологического режима рек в белорусском фрагменте ареала вид продолжает оставаться чрезвычайно уязвимым: периодически в некоторых местах кажется вымершим, значительная часть территорий на некоторое время становится для него непригодной, а оставшиеся островные фрагменты на годы могут быть изолированы друг от друга. Дополнительные факторы угрозы – нередкое выжигание сухой растительности в поймах и на придорожных откосах, а также посадка лесокультур на слабо облесенных участках.

Вследствие того, что в течение последнего десятилетия число известных локалитетов поликсены в Беларуси существенно увеличилось, в том числе вид найден в бассейне реки Припять, критерии крайне ограниченной распространенности и чрезвычайно высокого риска исчезновения вида отпали. В связи с этим целесообразно понижение природоохранного статуса данного вида в Красной книге Республики Беларусь до II категории.

Заключение

Поликсена – один из стенобионтных видов чешуекрылых, имеющий на территории Беларуси ограниченное распространение по юго-востоку. Поскольку водный режим рек этого региона характеризуется сильным весенним половодьем, которое в отдельные годы приобретает характер обширных катастрофических наводнений, очевидно, что вид получил возможность заселять пойменные биотопы только со времени значительного снижения максимальных уровней весеннего половодья, то есть приблизительно с 80-х гг. прошлого столетия. В силу ограниченного распространения кормового растения гусениц, периодического уничтожения самого вида весенним паводком, низких миграционных способностей имаго поликсена имеет слабые возможности наращивать численность и расселяться. В связи с этим необходимо разработать и реализовать национальный план действий по управлению видом, включающий выявление новых мест обитания и ревизию уже известных, передачу их под охрану землепользователям, расселение в подходящие безопасные биотопы.

Summary. New information on the distribution and dynamics of the number Southern Festoon – Zerynthia polyxena (Denis et Schiffermüller, 1775) in Belarus is provided. Currently, there are five isolated areas of the Belarusian fragment of the range in the country, localized in the valleys of the Dnieper, Sozh, and Pripyat Rivers. The water regime of the rivers is characterized by a strong spring flood, which in some years have the character of catastrophic floods and leads to flooding of the butterfly habitats. The warming of the climate, accompanied by frequent winter thaws, has led to a significant decrease in spring floods and their displacement to earlier dates. As a result, Southern Festoon has spread more widely in the South-East Belarus. The largest number of the species speciment was found in 2016-2020, which we associate with the period of weak spring floods on the rivers. Probably, during this period, the species actively explored new habitats in floodplain ecosystems and reached the latitude of Rechytsa City. In 2022 and 2023, there were observed extremely high floods in the South-East of Belarus. As a result of high floods, the number of Polyxena has fallen tenfold and the species has been preserved mainly on the most elevated terrain areas or at a considerable distance from rivers. In years with extreme spring floods, Polyxena does not fly out to the open floodplain and has no opportunity to settle.

Keywords: insecta, *Lepidoptera*, *Papilionidae*, southern festoon, *Zerynthia polyxena*, climate warming, spring flooding, Republic of Belarus.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-36-40

Статья поступила в редакцию 29.02.2024 г.

Выражаем благодарность заместителю директора ПГРЭЗ по научной работе М.В. Кудину, а также директору заказника «Днепро-Сожский» В.Г. Дзержинскому за помощь в сопровождении исследований, проведенных в рамках выполнения научного задания «Определение современного состояния сообществ почвенных беспозвоночных и насекомых – обитателей травянисто-кустарничкового яруса в лесных и пойменных экосистемах ПГРЭЗ в условиях разных уровней радиоактивного загрязнения» Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 гг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных; гл. редкол. И.М. Качановский [и др.]. – Минск, 2015.
2. Kudrna O. Distribution atlas of European butterflies and skippers / O. Kudrna, J. Pennerstorfer, K. Lux. – Schwanfeld, 2015.
3. Жданко А.Б. Дневные бабочки (*Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea*) Казахстана // Tethys Entomological Research. 2005. Т. 11. С. 85–152.
4. А.Н. Кусенков, А.А. Саварин, И.А. Шелякин. Новые находки редких насекомых *Zerynthia polyxena* (Denis et Schiffermüller, 1775) и *Xylocopa valga* (Gerstaecker, 1872) // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 2008. №2. С. 111–112.
5. Островский А.М. Редкие насекомые Гомельской области / А.М. Островский // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе: сборник статей IV Междунар. науч.-практич. конф. – Минск, 2021. С. 245–259.
6. Островский А.М. Новые находки редких и охраняемых насекомых в Гомельской области / А.М. Островский // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. – Минск. 2022. С. 332–336.
7. INaturalist: Zerynthia polyxena // https://uk.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&taxon_id=333217.
8. All Rivers. Уровень воды онлайн // https://allrivers.info/gauge/dnepr-loev/waterlevel.
9. Волчек А.А. Проблемы водных ресурсов Беларуси / А.А. Волчек // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания. ICEP – 2022: сборник трудов V Междунар. науч.-практич. конфер.: в 2 ч. – Брест, 2022. Ч. 1. С. 37–50.
10. Волчек А.А. Способы оценки величины экологического стока на примере р. Ясельда / А.А. Волчек, А.С. Лукьянюк, М.В. Осипова // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов: материалы первого междунар. эколого. форума: в 2 т. – Рязань, 2017. Т. 1. С. 31–44.
11. Piccini I. Zerynthia polyxena locally Monophagous on Aristolochia pallida in the Susa Valley / I. Piccini, V.D. Pietro, S. Bonelli // https://doi.org/10.1093/ee/nvab082.
12. Красная книга Оренбургской области: Поликсена *Zerynthia polyxena* (Denis & Schiffermüller, 1775) // https://redbook56.orenlib.ru/zhivotnye/nasekomye/poliksena.html.

Биологические инвазии: распространение и регулирование

Татьяна Липинская, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии Научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам, кандидат биологических наук; tatsiana.lipinskaya@gmail.com

Татьяна Железнова, консультант отдела биологического разнообразия управления биологического и ландшафтного разнообразия Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Виталий Семенченко, заведующий лабораторией гидробиологии Научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам, член-корреспондент

Аннотация. *Анализируется общемировая проблема биологических инвазий в контексте ее проявлений в Беларуси. Рассматриваются законодательство в указанной сфере, глобальные доклады по данной тематике, а также международные и республиканские проекты с участием ученых НАН Беларуси. Затронут вопрос создания национальной стратегии по борьбе с инвазивными видами.*

Ключевые слова: *чужеродные виды, инвазивные виды, водные и наземные экосистемы.*

Для цитирования: *Липинская Т., Железнова Т., Семенченко В. Биологические инвазии: распространение и регулирование // Наука и инновации. 2024. №3. С. 41–44. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-41-44*

Биологические инвазии признаны одной из основных причин снижения биоразнообразия в наземных и водных экосистемах всего мира [1], приводящие, ко всему прочему, и к социально-экономическим проблемам [2]. Это явление, характерное для всех географических регионов, может быть угрозой для глобального здравоохранения: распространяющиеся патогены или новые инфекционные заболевания прямо или косвенно воздействуют на здоровье человека [3, 4]. Процесс массового вторжения в экосистемы чужеродных видов живых организмов в Восточной Европе ученые фиксируют уже несколько десятилетий вместе с ростом на планете хозяйственной деятельности и развитием международной торговли, а глобальное изменение климата только ускоряет этот процесс. Беларусь в силу своего географического положения, трансграничного характера основных речных бассейнов и транспортной сети подвержена возрастающему риску проникновения и распространения нехарактерных для ее природы видов животных.

На сегодняшний день в стране зарегистрировано 63 инвазивных вида [5]: 4 вида гельминтов рыб, 6 – водных беспозвоночных, 46 – наземных беспозвоночных животных, а также 3 вида рыб, 1 вид рептилий и 3 – млекопитающих. Следует отметить, что во второе издание Черной книги Беларуси были дополнительно включены виды – вредители лесного, сельского и рыбного хозяйства, включая карантинные, а также обитающие в условиях защищенного грунта.

Представители инвазивной фауны распространены на территории Беларуси достаточно неравномерно. Если одни из них обнаруживаются повсеместно (моллюски дрейссена речная и ротан-головешка, норка американская, крыса серая, жук колорадский картофельный, зерновка гороховая, тля капустная и др.), то другие – лишь локально (сомик американский, понтогаммарус выносливый, трихоферус восточный, цикада-буйвол) или вообще обитают в отдельных населенных пунктах (красноухая черепаха, слизень испанский, слизень кавказский черноголовый). Так, инвазивные виды амфипод распространены по южной части страны в бассейнах Днепра и Припяти, тогда как американский полосатый рак – в водах и притоках Немана и Западного

Буга, и только несколько его особей обнаружено в Днепровско-Бугском канале. Инвазивные гельминты рыб наиболее часто фиксируются в «угревых» водоемах, прудовых хозяйствах и во всех зонах карповодства, а сами рыбы, относящиеся к «пришельцам», – в бассейнах Днепра и Припяти. Самая же большая группа инвазивных видов – наземные беспозвоночные – объединяет как те, которые распространены повсеместно, так и обитающие исключительно в местах произрастания растения-хозяина (например, американская белая бабочка).

Первые полномасштабные исследования инвазий в нашей стране начались в 2006 г., после утверждения Советом Министров Плана мероприятий по предотвращению и минимизации вреда от инвазии агрессивных чужеродных видов диких животных и дикорастущих растений на 2006–2010 гг. За прошедшие 17 лет определены стационары для мониторинговых работ, составлен список зарегистрированных чужеродных видов, среди которых выделены инвазивные, проведены лабораторные и полевые эксперименты по влиянию «новичков» на аборигенные виды или структуру сообществ. Ученые республики принимали активное участие в международных проектах (DAISIE, ALARM, enviroGRIDS) по данной проблематике. Вышла в свет Черная книга инвазивных животных Беларуси (2016 г.) и ее второе, дополненное издание (2020 г.); подготовлен Национальный отчет Республики Беларусь о достижении цели 9 Конвенции по биоразнообразию, которая посвящена инвазивным видам. Кроме того, выполнены многочисленные проекты в рамках Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, государственных научных и отраслевых программ, которые вплоть до сегодняшнего дня позволяют получать новые данные по чужеродным и инвазивным видам Беларуси (ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» и ОНТП «Интродукция и инвазии» на 2021–2025 гг.).

Уже известны некоторые экологические последствия от распространения инвазивных видов на территории нашей страны. К примеру, произошла перестройка (трансформация) экологических систем после вселения дрейссены в озерах Нарочь [6] и Обстерно, а также в озере Большие Швакшты – после интродукции белого амура [7]. Наблюдается снижение численности, а в некоторых случаях и полное исчезновение аборигенных видов раков, в том числе «краснокнижного» широкопалого, по причине инвазии американского полосатого рака, который является переносчиком рачьей чумы [8].

Выявлено уменьшение количества аборигенных видов равно- и разноногих ракообразных из-за деятельности хищных видов амфипод [9, 10]. После вселения в водные экосистемы карася серебряного произошла не только трансформация трофических цепей, включая их нижние уровни, но и гибридизация с аборигенным видом – карасем золотым. Следует отметить, что численность последнего катастрофически снизилась, а в некоторых водоемах аборигенный вид практически полностью был вытеснен [11].

К негативным последствиям экономического характера относят снижение продуктивности популяций и экосистем, прямой ущерб предприятиям (обрастание труб и оборудования ГЭС дрейссеной речной), рыбному (вспышки заражения европейского угря нематодой *Anguillicola crassus*) и сельскому хозяйству (хлебная жужелица, перенос паразитарных и инфекционных заболеваний животных). Кроме того, имеются негативные социальные последствия из-за угроз здоровью человека (божья коровка гармония – причина аллергических реакций, енотовидная собака – переносчик бешенства и др.).

Инвазивные виды негативно влияют на аборигенную фауну, вытесняя исконных обитателей или подавляя их развитие. Так, акклиматизация американской норки и енотовидной собаки на территории Беларуси привела к вытеснению норки европейской, выхухоли, снижению численности утиных, а также нескольких видов млекопитающих и птиц, включенных в Красную книгу [12].

Ущерб от негативного воздействия биологических инвазий в некоторых государствах уже был оценен в денежном выражении (в Беларуси таких работ пока не проводили). К примеру, по данным испанского биолога М. Вилья с соавторами [13], общий экономический ущерб только от десяти инвазивных видов в водных экосистемах Европы еще в 2010 г. оценивался в 20 млн евро в год. Следует

Сегодня встает важнейший вопрос о том, как можно предотвратить вселение наиболее опасных видов. А чтобы ответить на него, необходимо проанализировать ряд других.

- *Какие виды будут проникать на новые территории?*
- *С какой скоростью будет происходить процесс инвазии?*
- *Как будут воздействовать на экологию и экономику?*
- *Какие экосистемы наиболее уязвимы к инвазиям?*

отметить, что с каждым годом появляются новые инвазивные виды и соответственно растет экономический ущерб.

В странах Европейского союза разработана Система раннего предупреждения и быстрого реагирования (EWRR) – структура, предназначенная для ответа на биологические инвазии с помощью скоординированных мер эпиднадзора и мониторинга. Наряду с этим она включает диагностику инвазивных видов, оценку рисков, распространение информации, отчетность перед компетентными органами, организацию соответствующих мер реагирования и обеспечение их выполнения.

Система раннего предупреждения для некоторых биологических разновидностей недавно создана и в Беларуси. Их заблаговременное обнаружение можно осуществить при помощи различных современных методов мониторинга, но основополагающим в этом процессе выступает точная таксономическая идентификация. Сегодня молекулярные методы активно используются для идентификации организмов. Например, широкое применение с этой целью ДНК-баркодинга было признано на 13-м совещании Конференции Сторон Конвенции о биологическом разнообразии, которая в одном из своих решений предложила «поддержать развитие международной сети «Штрихкод жизни», основанной на использовании технологий ДНК-баркодинга и связанных с ними эталонных библиотек ДНК-баркодов для приоритетных таксономических групп организмов...» как средство наращивания глобального потенциала для реализации целей Конвенции и ее Глобальной таксономической инициативы (2016). В настоящее время обнаружение новых видов с помощью ДНК-баркодинга происходит постоянно, и Беларусь в этом не исключение [14–16].

Признание общественностью и организациями различного ранга значимости проблемы, связанной с проникновением чужеродных видов животных на новые территории и их влиянием на экосистемы, привело к тому, что этому вопросу уделяется все большее внимание на международном уровне. Международные соглашения и программы, направленные на разрешение ситуации с инвазиями, опираются на статью 8h Конвенции о биологическом разнообразии, согласно которой «каждая сторона Конвенции должна, насколько возможно и целесообразно, предотвращать интродукцию, осуществлять контроль и уничтожать те чужеродные виды, которые угрожают экосистемам, местообитаниям или видам».

Следует отметить, что тематика сохранения биологического разнообразия занимает важное место в государственной политике Республики Беларусь, где осознают важность объединения международных усилий в решении глобально значимых экологических проблем, в том числе и связанных с инвазиями.

Так, в 2022 г. была утверждена Концепция национальной системы обеспечения биологической безопасности (постановление Совета Министров от 22.03.2022 г. №161), в которой чужеродные животные и растения определены основными объектами в рамках реализации стратегического направления «Контроль инвазивных видов».

Кроме того, в 2019–2023 гг. представители Беларуси участвовали в подготовке тематической оценки по вопросам инвазивных видов и борьбы с ними в рамках работы Межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам (МПБЭУ) (IPBES, 2023), которая стала доступна для широкой общественности в сентябре 2023 г. Основанная на более чем 13 тыс. документах, изданных на 15 языках, а также на знаниях коренных народов и местных жителей разных регионов мира обо всех таксонах местных экосистем, тематическая оценка предоставляет недвусмысленные доказательства серьезной и постоянно растущей угрозы чужеродных биологических вторжений – наряду с амбициозными, но реалистичными подходами к борьбе с ними. Масштабы этой угрозы были признаны 143 государствами – членами Межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам, единогласно утвердившими документ в сентябре 2023 г.

Основные выводы тематической оценки IPBES по вопросам инвазивных видов [17]:

- *37 тыс. натурализовавшихся таких видов по всему миру были вселены в результате деятельности человека;*
- *200 новых чужеродных видов регистрируется ежегодно;*
- *3,5 тыс. инвазивных видов представляют серьезную глобальную угрозу природе, экономике, продовольственной безопасности и здоровью людей;*
- *60% случаев глобального вымирания растений и животных было вызвано либо исключительно инвазивными видами, либо в том числе ими наряду с другими факторами;*
- *более 423 млрд долл. составили годовые мировые затраты на борьбу с биологическими инвазиями в 2019 г.;*
- *85% воздействий инвазивной флоры и фауны на природу и качество жизни являются негативными.*

Следует отметить, что в новой Куньминско-Монреальской глобальной рамочной программе в области биоразнообразия имеется задача 6: «Прекращение, сведение к минимуму, сокращение и/или смягчение воздействия инвазивных видов на биоразнообразие и экосистемные услуги посредством выявления и регулирования путей интродукции инвазивных чужеродных видов, предупреждения интродукции и распространения приоритетных инвазивных чужеродных видов наряду с сокращением темпов интродукции и распространения других известных или потенциально инвазивных чужеродных видов как минимум на 50% к 2030 г., а также искоренением инвазивных чужеродных видов и контролем за ними, особенно на приоритетных объектах, таких как острова» [18].

Так как инвазивные виды являются экологической и экономической проблемой глобального характера и представляют собой серьезную угрозу экологической безопасности Беларуси, а также учитывая международные обязательства нашей страны, очевидна необходимость разработки национальной стратегии в данной сфере. Она требуется для контроля и борьбы с уже вселившимися инвазивными видами и принятия неотложных мер по предотвращению новых инвазий. При этом следует руководствоваться рекомендациями разработанными как в рамках КБР, так и других международных проектов. Учитывая трансграничный характер проблемы, представляется важным более активное участие Беларуси в работе международных программ, а также в деятельности тематических международных рабочих групп.

Работа выполняется в рамках задания 2.10 (б/т 68) подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда».

Summary. The article deals with the global problem of biological invasions and specifically invasive alien species in the fauna of Belarus. The legislation and global reports on invasive alien species, international and national projects that have been conducted and are currently being carried out by the National Academy of Sciences of Belarus in this field are being considered. The issues of the importance of development of a national strategy for invasive alien species are discussed.

Keywords: alien species, invasive alien species, aquatic and terrestrial ecosystems.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-41-44

Статья поступила в редакцию 27.09.2023 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. IPBES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S., Settele J., Brondízio E.S. [et al.]/PBES secretariat, Bonn, Germany, 2019. // https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579.
2. Bellard C., Cassey P., Blackburn T.M. Alien taxa as a driver of recent extinctions // https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623.
3. Ricciardi A., Hoopes M.F., Marchetti M. Progress toward understanding the ecological impacts of non-native species // https://digitalcommons.stmarys-ca.edu/school-science-faculty-works/74.
4. Stoett P., Roy H.E., Pauchard A. Invasive alien species and planetary and global health policy // https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30194-9.
5. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / под общ. ред. В.П. Семенченко, С.В. Буги. – Минск, 2020.
6. Макаревич О.А. Основные результаты многолетних исследований макрозообентоса озер Нарочь, Мястро, Баторино (Беларусь) // https://doi.org/10.17516/1997-1389-0038.
7. Остапеня А.П., Жукова Т.В. Изменение экологической ситуации в озере Большие Швакшты и его причины // Докл. НАН Беларуси. 2009. Т.53, №3. С. 98–101.
8. Aklehnovich A., Razlutskij V. Distribution and spread of spiny-cheek crayfish Orconectes limosus (Rafinesque, 1817) in Belarus // http://dx.doi.org/10.3391/bir.2013.2.3.08.
9. Липинская Т.П., Макаренко А.И. Сравнительный анализ хищного поведения инвазивного *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) и аборигенного *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 видов амфипод. // Российский журнал биологических инвазий. 2019. №3. С. 53–65.
10. Липинская Т.П., Макаренко А.И. Экспериментальная оценка влияния хищнического пресса чужеродных видов гаммарид на сообщества макрозообентоса // https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-441-447.
11. Ризевский В.К., Зубей А.В., Ермолаева И.А. О вытеснении аборигенного карася золотого интродуцированным карасем серебряным // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск, 2013. Вып. 29. С. 275–287.
12. Сидорович В.Е. Норки, выдра, ласка и другие куньи. – Минск, 1995.
13. Vilà M., Basnou C., Pyšek P., Josefsson M., Genovesi P., Gollasch S., Nentwig W., Olenin S., Roques A., Roy D., Hulme P.E. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment // https://doi.org/10.1890/080083.
14. Lipinskaya T., Radulovici A., Makaranka A. First DNA-barcoding based record of Echinogammarus trichiatus (Martynov, 1932) (*Crustacea, Gammaridae*) in Belarus // https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.1.08.
15. Головенчик В.И., Гайдученко Е.С., Ризевский В.К., Романь А.М., Липинская Т.П. Определение видовой принадлежности представителей рода *Proterorhinus*, обитающих в водных объектах Беларуси, молекулярно-генетическими методами // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2020. Вып. 36. С. 180–190.
16. Jeunen G.-J., Lipinskaya T., Gajduchenko H., Golovenchik V., Moroz M., Rizevsky V., Semenchenko V., Gemmell N.J. Environmental DNA (eDNA) metabarcoding surveys show evidence of non-indigenous freshwater species invasion to new parts of Eastern Europe // https://doi.org/10.3897/mbmg.6.68575.
17. IPBES. Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Roy H.E., Pauchard A., Stoett P. [et al.]/ IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2023 // https://doi.org/10.5281/zenodo.7430692.
18. CBD/COP/DEC/15/4 – Решение, принятое конференцией сторон конвенции о биологическом разнообразии. 15/4. Куньминско-Монреальская глобальная рамочная программа в области биоразнообразия // https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-ru.docx.

Валерий Гончаров,
директор Центра системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси

Наталья Янкевич,
заведующая отделом Центра системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси

Технологические аспекты электромобильности *ч.1*

Широкое распространение электротранспорта сегодня рассматривается как один из возможных подходов, позволяющих снизить объемы выбросов парниковых газов в атмосферу. Однако решение этой задачи требует не только выработки согласованной политики разных стран в этой области, но и значительных субсидий для реализации соответствующих мероприятий. Совершенствование технологий дает возможность полностью электрифицировать общественный транспорт, а также ускорить динамику микромобильности. Многие эксперты полагают, что к 2030 г. автобусы и двухколесные средства передвижения составят основную долю электротранспортного рынка. В связи с тем, что в настоящее время электромобильность выступает катализатором технологического прогресса, основные тенденции ее развития представляют значительный интерес для широкой научной общественности.

Аккумуляторные батареи

При этом широкому внедрению электромобильности во многом препятствуют сравнительно низкие характеристики современных тяговых батарей: в частности, они могут обеспечивать максимальный запас хода не более 600 км (в идеальных условиях). Кроме того, время их зарядки не позволяет конкурировать с привычными АЗС, срок их службы ограничен, а емкость заметно снижается с течением времени.

Аккумуляторные батареи являются ключевой технологией в энергетике будущего. Они необходимы в том числе для сглаживания пиков энергии, вырабатываемой ветряными станциями и солнечными батареями [1, 2]. Вместе с тем данная технология, помимо достоинств, не лишена недостатков. Кроме долгой зарядки, значительных габаритов и массы, аккумуляторные батареи подвержены возгораниям при перегреве (пожар практически невозможно потушить, пока идет химическая реакция), а при отрицательных температурах их емкость значительно снижается. Наиболее широкое распространение приобрели литий-ионные батареи, причем в настоящее время им не существует реальной альтернативы – как по мнению автопроизводителей,

так и компаний, выпускающих аккумуляторы. Все это, однако, не исключает широкого спектра проводимых исследований в области создания зарядных элементов совсем другого типа.

Следует отметить, что литий-ионные батареи становятся все дешевле (с 2010 г. стоимость 1 кВт·ч емкости снизилась более чем в 7 раз), и, по оценкам Bloomberg NEF (BNEF), падение цен продолжится. Однако в последние годы наблюдается замедление темпов снижения их стоимости. Более того, опубликованные в 2022 г. данные свидетельствуют о том, что средняя стоимость литий-ионных аккумуляторов выросла до 160 USD за кВт·ч (1-й квартал 2022 г.) по сравнению с 105 USD за кВт·ч в 2021 г. По мнению экспертов, причиной роста цены могли стать нарушения в цепочках поставок (в том числе их разрыв в связи с введением санкций против российских компаний). Впрочем, сложившийся дефицит может быть преодолен крупными инвестициями в добычу, переработку и производство батарей и их элементов, а также путем диверсификации источников сырья.

Вместе с тем удешевление традиционного элемента питания для электромобилей – тенденция, которая делает принципиально новые аккумуляторы не очень выгодными вследствие их высокой стоимости. И напротив, если уровень цен на литий-ионные батареи не падает, у создателей принципиально иных технологий для зарядки растут шансы вывести на рынок новые типы аккумуляторов.

На современном уровне развития науки и промышленности подобного прорыва пока не произошло, поэтому литий-ионная технология нашла широкое распространение, что связано со значительным увеличением расхода и добычи лития. Лидером такого производства по объему использования карбоната лития в аккумуляторах являются корпорации Panasonic (23% рынка), LG Chem, CATL, BYD и Samsung SDI (75% рынка суммарно). У литий-ионной технологии создания аккумуляторов сохраняется немалый потенциал, что подтверждается не только расширением университетских исследований в этой области, но и возникновением многочисленных стартапов, которые активно работают в области повышения эффективности таких батарей. Например, компания Ionic Materials Inc. (Массачусетс, США) разработала твердый полимер, который может заменить традиционный жидкий электролит в аккумуляторах (не только пожароопасный, но и токсичный). Кроме того, в качестве других преимуществ разрабатываемых батарей (так называемых твердотельных) можно упомянуть более высокую плотность энергии, возможность использования более мощных зарядных станций и увеличенный срок службы. Изготовление твердотельных элементов может обходиться на 40% дешевле нынешних за счет экономии на материалах и стоимости производства, оборудования и внедрения новых катодов с высокой плотностью энергии. Для такого снижения себестоимости необходимо наладить цепочку поставок ключевых материалов, которые сегодня вообще не задействованы в литий-ионных батареях. Технология твердотельных аккумуляторов, которая может увеличить запас хода электромобилей при сохранении тех же габаритов и массы батареи, осваивается Toyota (инвестировала в разработку почти 14 млрд долл.).

Лаборатория Sila Nanotechnologies (Калифорния, США) разработала порошок на основе кремния, способный повысить производительность литий-ионных батарей на 20%. Значительная часть технической информации не разглашается, однако известно, что в анодах использован кремний, который на атомном уровне способен удерживать больше лития, чем углерод в графитовых анодах, и, следовательно, может накапливать больше энергии. Технология привлекла 125 млн долл. инвестиций. Кроме того, Sila Nanotechnologies заключила договор с BMW для совместной разработки [3].

В настоящее время большинство электромобилей имеют автономный пробег, равный 400–500 км, причем даже у самых современных моделей Tesla Model S этот показатель не превышает 600 км (в реальности запас хода может быть существенно меньше). Однако специалисты, работающие в этой области, полагают, что как только этот показатель превысит величину 700–800 км, спрос на такие автомобили значительно возрастет. В связи с этим основной упор в проводимых исследованиях делается на повышение автономности автомобилей и сокращение времени их зарядки. Следует отметить, что в этом направлении ведутся многочисленные исследования. Так, компания Fisker разработала инновационные «суперконденсаторы» на основе графена, при укомплектовании которыми электромобиль сможет проезжать автономно до 800 км (в серийное производство такие аккумуляторы могут поступить только через несколько лет).

Компания Innolith из Швейцарии также планирует начать выпуск аккумуляторов нового поколения, использование которых позволит увеличить запас хода электромобилей до более чем 1000 км. Опытные образцы батарей, полученные специали-

стами Innolith, имеют плотность хранения 1 кВт·ч/кг, что в 4 раза больше, чем у батарей современных электромобилей. Разработанные батареи отличаются от существующих литий-ионных использованием новых материалов (некой солеподобной субстанции), благодаря которым специалистам удалось резко повысить их возможности по хранению энергии. Кроме того, новые аккумуляторы оказались менее пожароопасными и более долговечными (после 50 тыс. циклов перезарядки они сохранили на 50% больше остаточной емкости). В Innolith считают, что для внедрения технологии в серийное производство потребуется еще 3–5 лет. Эти работы могут стать основой для существенного прорыва в мире электромобилей.

Даже с учетом вышеприведенных исследований многие эксперты полагают, что в ближайшие годы никакой альтернативы литий-ионным технологиям, в которые вложены огромные инвестиции, не появится. Это подтверждает и отчет BNEF: производственные мощности для литий-ионных аккумуляторов увеличились почти втрое за прошедшие 5 лет, и, согласно прогнозам, еще через 5 лет они удвоятся.

В то же время улучшение основной технологии не отрицает появления и развития альтернативных. Например, разработаны так называемые проточные (flow) аккумуляторы, где энергия выделяется за счет реакций в двух резервуарах с жидким электролитом – у анода и катода. Самыми современными их представителями считаются батареи, которые хранят заряд в ионах ванадия, содержащихся в растворе на водной основе (так называемый тип VRB – Vanadium Redox Battery). Такие ионы стабильны и могут долго циркулировать через мембрану без нежелательных побочных явлений. Однако при этом остается проблема стоимости: ванадий – дорогой элемент, а удельная энергоемкость (количество запасаемой энергии на 1 л электролита) VRB остается на низком уровне. Эти батареи больше подходят для энергохранилищ при электростанциях, где их габариты не столь критичны, чем для использования в электромобилях. Стоимость их 1 кВт·ч почти в 4 раза выше, чем у литий-ионных батарей. Поэтому разработчикам проточных аккумуляторов трудно убедить инвесторов, а электромобили остаются главным катализатором радикального роста производства именно литий-ионных батарей: вложения в их совершенствование выглядят более перспективными с финансовой точки зрения.

В этом отношении очень важную роль играют меры по стимулированию рынка. Например, изменения в правилах субсидирования электромобилей на внутреннем рынке могут побудить местных производителей этой продукции скорректировать практику закупок аккумуляторов, передав заказы совместным предприятиям с участием зарубежных компаний. В частности, министерство финансов Китая объявило о сокращении субсидий для некоторых категорий электромобилей (например, для моделей с большим пробегом на одной зарядке и аккумуляторов с высокой удельной энергией). Поэтому если ранее субсидии применялись только к электромобилям местного производства (это являлось причиной того, что китайские производители закупали почти исключительно китайские аккумуляторы), теперь в данном отношении рынок может претерпеть существенные изменения.

Samsung SDI и LG Chem заключили соглашение с китайскими партнерами, снизив стоимость нового производства на 15–20% по сравнению с аналогичным в Южной Корее или других странах (в расчете на 1 кВт·ч емкости средняя себестоимость аккумуляторов Panasonic составляет 111 долл., LG Chem – 148 долл., Samsung SDI – 150 долл., Amperex Technology (CATL) – более 150 долл.) [4]. Кроме того, исследователи из компании IBM создали батарею, более экологичную по сравнению с литий-ионными источниками, в которой не только заменены кобальт и никель в катоде, но и используется инновационный электролит. Новая комбинация материалов позволяет значительно уменьшить формирование литиевых дендритов – микроскопических шипов, разрастание которых приводит к контакту слоев аккумулятора между собой. При этом разработчики не раскрывают, какие именно материалы были применены вместо кобальта и никеля, но сообщают, что добывать их можно из морской воды вместо традиционного способа шахтной добычи. Отказ от кобальта, никеля и других тяжелых материалов позволяет сделать новый источник питания более дешевым. Кроме того, он сможет заряжаться до 80% за пять минут, располагая емкостью 800 Вт·ч/л, что в несколько раз выше существующих литий-ионных аналогов. Эффективность новой батареи достигает 90%, а ее мощность – до 10 тыс. Вт/л.

Согласно данным агентства BNEF, в 2020 г. впервые себестоимость блоков аккумуляторов для электрических транспортных средств (самых дешевых батарей, которые ставятся на автобусы в Китае) упала ниже 100 долл. за 1 кВт·ч емкости. При этом средневзвешенная по объему цена на аккумуляторы для китайских электробусов составила 105 долл. за 1 кВт·ч.

Для легковых электромобилей средняя стоимость батареи достигла в 2021 г. 126 долл. за 1 кВт·ч, из которых 100 приходится на элементы питания и 26 – на их сборку. Таким образом, цена батарейного блока в общей цене автомобиля снизилась до 21%.

Если рассмотреть все аккумуляторы для транспорта, включая электромобили, подзаряжаемые гибриды, мототехнику и т.д., то их средняя стоимость в 2020 г. была на уровне 137 долл. за 1 кВт·ч (для сравнения: в 2010 г. – 1100 долл. за 1 кВт·ч), то есть упала на 89%. По прогнозу BNEF, средняя цена батарей в мире при восстановлении логистических цепочек после 2023 г. может опуститься ниже отметки в 100 долл. Согласно статистике, в последние годы наметилась некоторая тенденция к замедлению данного процесса: в 2019–2020 гг. отмечалось снижение цен только на 13%. С другой стороны, такое же замедление отмечалось и в 2013–2014 гг. – при последующем резком падении рынка на 35%.

Именно дорогие батареи долгое время были главной причиной более высокой стоимости электромобилей по сравнению с машинами с двигателями внутреннего сгорания. Так, согласно оценкам 2020 г., себестоимость батареи на 100 киловатт-часов, заряда которой среднестатистическому электромобилю хватает примерно на 500 км пути, составляла 13 700 долл. К началу 2023 г., если верить прогнозу BNEF (в котором рассматриваются легковые электромобили, автобусы, коммерческие электромобили и стационарные хранилища), средние цены на аккумуляторы ожидались около 101 долл. за 1 кВт·ч. Хотя в полной мере судить о том, насколько этот прогноз оправдался, можно будет спустя несколько месяцев, после обнародования аналитиками итоговой годовой статистики, предполагается, что именно на этой ценовой отметке у автопроизводителей должна появиться возможность изготавливать и продавать на некоторых рынках массовые электромобили по той же цене, что и сопоставимые машины с ДВС. Имеется в виду – при отсутствии субсидий, но фактические стратегии ценообразования будут варьироваться в зависимости от автопроизводителя и географии.

Снижение цен на электромобили в 2020 г. произошло благодаря увеличению размеров заказов, росту продаж электромобилей и внедрению новых конструкций корпусов для батарей. Новая химия катодов и падение производственных затрат приведут к уменьшению стоимости в ближайшей перспективе. Цены на катодные материалы упали с максимумов весной 2018 г. и в течение 2020 г. перешли на более стабильный уровень. Но даже если цены на сырье вернутся к отметкам 2018 г., это лишь на 2 года задержит достижение рубежа в 100 долл. за 1 кВт·ч, но, скорее всего, не разрушит отрасль. Промышленность становится все более устойчивой к изменению затрат на сырье, а ведущие производители аккумуляторов инвестируют в выпуск катодов и в добычу непосредственно сырья. Их валовая прибыль в настоящее время не превышает 20%, а заводы работают с коэффициентом использования оборудования свыше 85%. Поддержание таких высоких коэффициентов является ключом к снижению цен на ячейки, из которых собираются элементы питания.

Предприятия заинтересованы в массовом производстве аккумуляторных батарей с более высокой плотностью энергии при использовании сплавов литий-никель-марганец-кобальт-оксид (NMC) и литий-никель-марганец-кобальт-алюминий-оксид (NMCA), которые применяются для изготовления катодов. Такие аккумуляторы стали массово выпускаться уже в 2021 г. Однако фосфат лития-железа LFP остается бюджетной альтернативой: он применяется в самых дешевых ячейках ценой 80 долл. за 1 кВт·ч.

Аналитики BNEF считают, что к 2030 г. стоимость аккумуляторов упадет до 58 долл. за 1 кВт·ч за счет новых технологических достижений, причем одной из перспективных технологий являются твердотельные батареи (с твердым электролитом). При этом специалисты Goldman Sachs выпустили доклад, согласно которому из-за массового перехода на выпуск электромобилей цены на батареи, наоборот, начнут снова расти – в среднем на 18% в год; что касается основных материалов для их производства (кобальт, никель и литий), то цены на них повышаются еще с начала 2021 г. По подсчетам аналитиков, если цены, например, на никель вернутся к своим рекордным значениям – на уровне около 50 тыс. долл. за тонну, то каждый электромобиль уже на стадии выпуска подорожает на 1200–1500 долл., что может серьезно замедлить рост потребительского спроса на электротранспорт [5].

Существуют и другие аспекты, которые связаны прежде всего с производством и переработкой аккумуляторов.

Несмотря на значительные исследования в этой области, сегодня не существует ни согласованных стандартов по проектированию литий-ионных батарей, ни единых схем их переработки, несмотря на высокую опасность этих процессов. Как правило,

хлорид лития получают в результате выпаривания из соляных озер с его последующей переработкой для производства энергоносителей. Вместе с тем этот технологический процесс требует большого количества воды (около 1,8 млн л на 1 т лития), что в долгосрочной перспективе влечет за собой экологическую катастрофу, связанную с возникновением ее значительного дефицита. Кроме того, при изготовлении аккумуляторных батарей широко используются кобальт, никель и графит, добыча которых не только вызывает загрязнение воды и почвы, но и влияет негативно на центральную нервную систему людей, работающих на заводах по производству литий-ионных аккумуляторов (их труд вдвое вреднее, чем при изготовлении других типов батарей). При этом наибольшую опасность для здоровья людей представляет процесс извлечения сульфата кобальта и солей лития.

Кроме того, значительные проблемы возникают при эксплуатации и переработке самих литий-ионных батарей: в частности, при их разрушении или повреждении выделяются ионы фтора, которые являются даже более токсичными для человеческого организма, чем свинец. Более того, при этом в атмосферу выбрасывается еще одно ядовитое вещество – CO. Этот газ оказывает значительное пагубное влияние на мышечные ткани и сосуды человека, снижает иммунитет, а также изменяет содержание белков плазмы. Помимо этого, такие биологические яды, как бензол, толуол, стирол и фториды водорода могут стать причиной возникновения аспирационных пневмоний, так как эти вещества вызывают клеточную мутагенность и, обладая острой токсичностью, приводят к разъеданию кожного покрова, а также дыхательных путей. Вследствие дегазации литий-ионных батарей и термической утечки выделяется опасная газовая смесь со взрывоопасными и канцерогенными компонентами, которые оказывают вредное воздействие не только на живой организм, но и на окружающую среду в целом, могут вызвать различные патологии в зародыше. Не следует также забывать, что извлечение лития и кобальта при переработке аккумуляторных батарей (известные технологические процессы достаточно сложны, вредны и энергоемки) наряду с другими проблемами может привести к загрязнению воды и истощению других экологических ресурсов.

По данным британской газеты The Guardian, сейчас в ЕС перерабатывается только около 5% всех литий-ионных батарей. Компания Umicore, лидер в сфере технологий циркулярных материалов с обширным опытом в области материаловедения, химии и металлургии, вложила 25 млн евро в промышленный завод в Антверпене для организации переработки литий-ионных батарей. Кроме того, компания заключила сделки с Tesla и Toyota с целью извлечения кобальта и никеля. Значительные трудности возникают при восстановлении лития с помощью процессов плавки, так как он смешан с побочным продуктом. Umicore говорит, что они могут выделить литий из побочного продукта, но каждый дополнительный процесс увеличивает стоимость. В свою очередь, высокая стоимость переработки аккумуляторных батарей создает значительные сложности для строительства перерабатывающих заводов. Впрочем, ряд финансовых проблем, связанных с переработкой аккумуляторов, могут быть решены с помощью государственного субсидирования. Однако даже в этом случае отсутствие на данный момент единого стандарта по проектированию литий-ионных батарей и схемы их переработки вносит дополнительные негативные моменты, так как мешает созданию автоматизированного процесса утилизации.

С учетом того, что сама идея замены стандартных двигателей внутреннего сгорания на электрические имеет огромный потенциал для будущего, для ее полного раскрытия необходимо введение общих стандартов на стадии производства, использования и утилизации литий-ионных батарей [6]. К тому же необходимо стремиться к снижению затрат на аккумуляторы, и эта тенденция должна быть достаточно продолжительной, чтобы сократить разрыв в конкурентоспособности между электромобилями и традиционными машинами с ДВС. И

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Батареи подешевели на 89% за последнее десятилетие. Массовые электромобили уже близко // https://habr.com/ru/company/dcmiran/news/t/534392/.
2. Иванов С. Стоимость батарей для электромобилей упала ниже $100 за кВт·ч // https://yandex.by/turbo/insideevs.ru/s/news/460802/stoimost-batarej-dlya-elektromobilej-vpervye-upala-nizhe-100-za-kvtch/.
3. Гагарин В. Батареи для электромобилей – революции не ждем // https://auto.mail.ru/article/72831-batarei-dlya-elektromobilej-revolyutsii-ne-zhdem/.
4. Китайские производители электромобилей могут перейти на японские и корейские аккумуляторы // https://www.ixbt.com/news/2019/04/10/kitajskie-proizvoditeli-jelektromobilej-mogut-perejti-na-japonskie-i-korejskie-akkumuljatory-.amp.html.
5. Evelyn Cheng. Electric automarkers must brace for rising battery materials costs, Goldman says // https://www.cnbc.com/2021/03/24/goldman-electric-cars-face-rising-battery-lithium-nickel-cobalt-costs.html.
6. Макаренко Н. Электромобиль: токсично и энергоемко. Сказка про экомобили // https://naukatehnika.com/elektromobil-toksichno-i-energoemko.html.

Чжан Кан,
аспирант кафедры маркетинга Белорусского государственного экономического университета

Вадим Голик,
заведующий кафедрой маркетинга Белорусского государственного экономического университета
кандидат экономических наук, доцент;
scvg2017@gmail.com

Аннотация. *Китайская автомобильная промышленность стремительно развивается на основе внедрения инновационных технологий в сферах электрификации, интеллектуализации, интернетизации и шеринга. Влияние цены на выбор потребителями автомобилей ослабевает. Степень интеллектуальности автомобилей постепенно становится фактором, влияющим на удовлетворенность клиентов. Доля выручки, приносимой послепродажным обслуживанием, увеличивается ежегодно. Китай может стать крупнейшим в мире рынком автономных транспортных средств.*

Ключевые слова: *маркетинг, маркетинговая стратегия, международный маркетинг, рынок, автомобильная промышленность, Китай, продажи, конкурентоспособность, интернет-маркетинг, позиционирование, бренды, беспилотная технология, совместное предприятие.*

Для цитирования: *Кан Ч., Голик В. Тенденции развития автомобильного рынка Китая // Наука и инновации. 2024. №3. С. 50–54. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-50-54*

УДК 339.138

Тенденции развития автомобильного рынка Китая

Автомобиль, изначально представляющий собой механическое средство передвижения, с развитием науки и техники постепенно стал электромеханическим, а на сегодняшний день уже является продуктом с сетевыми возможностями. Влияние информационных и коммуникационных технологий на машиностроение все более очевидно: мобильная связь первого поколения 1G позволяла реализовать аварийно-спасательные операции на транспорте; 2G-технология обеспечила передачу информации о транспорте и дистанционное управление; 3G предоставила возможность внедрения видеотелефонной связи, просмотра фильмов и различного развлекательного контента; 4G- и 5G-технологии сделали транспорт интеллектуальным и дали старт беспилотным технологиям. Следовательно, электромеханические автомобили трансформируются в интеллектуальные, подключенные к Сети продукты. Абсолютным лидером в данной сфере является компания Tesla, добившаяся прорывных успехов в изготовлении аккумуляторов нового поколения, OTA (от англ. Over-the-air – обновление программы онлайн), электронной и электрической архитектуре и автономном вождении. Всего за 10 лет, с 2010 по 2020 г., цена акций предприятия выросла в 40 раз, а рыночная капитализация стала значительно больше, чем у Toyota *(табл. 1)*. Преуспели в этом сегменте и китайские автопроизводители. К примеру, конгломерат BYD обогнал известные автомобильные компании по этому показателю. Интеграция научно-технических достижений и ускорение цифровой трансформации являются залогом развития традиционных автокомпаний и превращает автомобили в более интеллектуальные продукты.

На начальном этапе становления спрос на автомобили в Китае значительно превышал предложение, но по мере роста последнего они поменялись местами. Потребители стали предъявлять более высокие требования к характеристикам

машин и предпочитают выбирать их максимальную комплектацию.

Китайский рынок легковых автомобилей претерпевает трансформацию и в то же время бросает определенные вызовы их производителям. Согласно исследованиям рынка, потребность в продукции автопрома становится все выше. При замене старой машины многие клиенты готовы потратить более крупную сумму на покупку новой с более передовыми технологиями *(рис. 1)*. Как показывает статистика, продажи недорогих автомобилей базовой комплектации значительно упали, реализация моделей с традиционными технологиями снизилась еще быстрее, а также сократились объемы продаж наименее востребованных брендов.

В то же время существует еще одно противоречие: старые технологии постепенно становятся неактуальны, а новые не совсем готовы к массовому внедрению. В качестве примера приведем автомобили на альтернативных источниках энергии, производительность и удобство которых пока не может в полной мере удовлетворить требования клиентов. Это в основном относится к таким проблемам отрасли, как сложная зарядка, низкая автономность и высокая стоимость. К тому же выбор таких моделей невелик, а сервисные приложения ограничены. Наряду с тем, что интеллектуальное вождение может облегчить процесс управления, еще не сформирована соответствующая законодательная база, не в должной мере проработана техническая надежность и не созданы единые стандарты по техническим параметрам даже на региональном уровне, не говоря уже про международный. Существует бесчисленное множество автомобильных компаний, тестирующих автономное вождение, и они отмечают негативные случаи беспилотного управления, что заставляет потребителей сомневаться в выборе подобных автомобилей.

Что касается каршеринга, который в последние годы является очень популярным сервисом, то его бизнес-модель еще не адаптирована к потребностям рядовых покупателей. В Китае это в лучшем случае еще один вариант традиционной аренды, и он все еще далек от реального шеринга. Концепция получила широкое развитие в странах Европы и США, но из-за различий в национальных условиях и культурных аспектах ей еще предстоит пройти долгий путь в КНР.

Китайская автомобильная промышленность претерпевает реформы по четырем направлениям модернизации, а именно: электрификации, интеллектуализации, интернетизации и шерингу. Первое определит вектор развития рынка легковых автомобилей; второму предстоит пройти путь становления, третье изменит потребительский спрос в краткосрочной перспективе и, наконец, четвертое будет зависеть от продвижения других технологий.

Интернетизация из теоретической концепции переросла в реальные разработки. Развитие мобильных технологий и внедрение сетей 5G устранили технические и инфраструктурные барьеры для

Рейтинг	Название	Рыночная капитализация, млрд долл.	Страна
1	Tesla	673,13	США
2	Toyota	236,49	Япония
3	BYD	92,42	Китай
4	Porsche	83,11	Германия
5	Mercedes-Benz	69,01	Германия
6	BMW	63,85	Германия
7	Stellantis	58,33	Нидерланды
8	Volkswagen	57,18	Германия
9	Ferrari	54,80	Италия
10	Honda	51,83	Япония
11	Ford	45,94	США
12	General Motors	40,20	США
13	Maruti Suzuki India	38,32	Индия
14	Li Auto	32,68	Китай
15	Hyundai	32,51	Южная Корея
16	Tata Motors	28,48	Индия
17	Great Wall Motors	28,15	Китай
18	Kia	23,86	Южная Корея
19	Mahindra & Mahindra	23,39	Индия
20	SAIC Motor	23,20	Китай
21	Suzuki Motor	18,57	Япония
22	Seres Group	16,67	Китай
23	Chongqing Changan	16,51	Китай
24	Rivian	16,18	США
25	Nissan	15,55	Япония
26	NIO	13,49	Китай
27	Subaru	13,42	Япония
28	XPeng	12,05	Китай
29	Renault	11,69	Франция
30	Volvo Car	11,51	Швеция
31	GAC (Guangzhou Automobile Group)	11,36	Китай

Таблица 1. Крупнейшие автопроизводители по рыночной капитализации [1]

Рис. 1. Бюджет на покупку второй машины [2]

применения Интернета в транспортных средствах. Революция, которая произошла в сфере смартфонов, оказывает влияние и на автомобильную индустрию. Например, дальнейшее продвижение электромобилей в Китае вызовет постепенное улучшение инфраструктуры зарядных станций, в частности позволит водителям напрямую узнавать об их расположении, условиях использования, получать информацию о зарядке и другие данные через Сеть. Более широко будет использоваться основа умного вождения – технология V2X, обеспечивающая связь между автомобилем и объектами внешней среды. Развитие каршеринга также нуждается в интернетизации, с помощью которой парку автомобилей можно обеспечить относительный баланс между спросом и предложением в часы пик, избежать ненужной траты ресурсов и оптимизировать работу платформы.

Электрификация имеет большое практическое значение, потому что в соответствии с концепцией содействия энергосбережению и защиты окружающей среды станет основной тенденцией в ближайшие 10–20 лет. Данные исследований показывают, что Китай лидирует в разработке автомобилей на альтернативных источниках энергии и занимает 1-е место в мире по их производству и продажам в течение 8 лет подряд. К концу 2022 г. количество таких машин в КНР составило около 13,1 млн ед. и спрос на них продолжает расти [3]. К автомобилям на альтернативных источниках энергии относятся чисто электрические – для эксплуатации на коротких дистанциях, и гибридные – для дальних и высокоскоростных поездок на больших транспортных средствах.

С точки зрения потребителя, по сравнению с чисто электрическими моделями гибридные не имеют проблем сложной зарядки и недостаточного запаса хода, но если для их развития государством не будут предоставляться льготы, то их популярность на целевом рынке будет падать.

Интеллектуализация транспорта постепенно набирает обороты, а электрификация и интернетизация являются необходимыми предпосылками для ее реализации *(табл. 2)*. Согласно рейтингу технологий автономного вождения, она находится в основном на стадиях L1 ~ L3 [4], когда интеллектуальные приложения в основном отражаются в таких функциях, как помощь при вождении. Следующие этапы – L4 и L5 – будут быстро развиваться в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Значительное влияние на автомобильный «интеллект» в дополнение к регулирующим факторам оказывает потребительский спрос. Пока он невелик, поскольку предложение беспилотных транспортных средств на рынке незначительно при высокой стоимости покупки и низком уровне безопасности. Когда эти преграды будут устранены, рыночный спрос на автомобили с интеллектуальной системой управления будет быстро расти.

Концепция шеринга в целом развивается в зависимости от других технологий, а каршеринг напрямую связан с достижениями в области основных направлений модернизации автомобилестрое-

Стадия	**L0**	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**
Название стадии	**Без беспилотной функции**	**Вспомогательное вождение**	**Частичное автоматическое вождение**	**Автоматическое вождение при определенных условиях**	**Высокоуровневое автоматическое вождение**	**Полное беспилотное вождение**
Мониторинг	Человек	Человек	Человек	Машина	Машина	Машина
Решение	Человек	Человек	Человек	Человек	Машина	Машина
Исполнение	Человек	Человек+машина	Машина	Машина	Машина	Машина

Таблица 2. Стадии развития автопилота [4]

ния, упомянутых выше. Электрификация способствует снижению стоимости краткосрочной аренды, поскольку у электромобилей нет традиционных двигателей и конструкций трансмиссии, и они имеют большие преимущества в производстве и обслуживании. К тому же и нынешняя среда использования каршеринга предназначена в основном для поездок на короткие расстояния в городских районах, и для этого наиболее подходят электромобили. Интернетизация может повысить эффективность этого инструмента, и он может более оптимизированно распределять ресурсы. Интеллектуализация способна улучшить качество услуг, предоставляемых каршерингом. Например, на этапе автономного вождения L5 может быть достигнуто 100%-ное автономное вождение, пассажир через смартфон может заказать услугу, машина автоматически едет и везет клиента в любое нужное место. Но для активизации данного направления нужно решить болевые проблемы отрасли: где проще найти место для парковки, где взять и как вернуть автомобиль, то есть необходимо совершенствовать инфраструктуру.

Выполнение государственного плана «Сделано в Китае 2025», принятого в 2015 г., и среднесрочного и долгосрочного плана развития автомобильной промышленности, утвержденного в 2017 г., сосредоточено на технологических достижениях. Снижение веса и расхода топлива, разработка новых энергетических транспортных средств (NEV) рассматриваются как основные направления развития и продвижения продукции автопрома.

Бурный рост новых компаний способствует инновациям и трансформации автомобильной промышленности КНР. Увеличиваются доходы от послепродажных сервисов *(рис. 2)*. Растущие требования клиентов к подключению автомобилей к онлайн-связи способствовали модернизации китайских моделей и, соответственно, опережению основных мировых автомобильных корпораций в этом направлении. Ожидается, что продажи таких машин в стране покажут двузначные темпы роста [6].

Значительная часть китайских автопроизводителей нуждается в разработке датчиков, программного обеспечения и алгоритмов, систем связи, подключения и системной интеграции, контроллеров, чипов, парковочных, мобильных и мультимедийных услуг, систем зарядки, что делает Китай страной с наибольшим количеством стартапов в области интеллектуальных подключенных транспортных средств (ICV) и инноваций с самой высокой скоростью их внедрения.

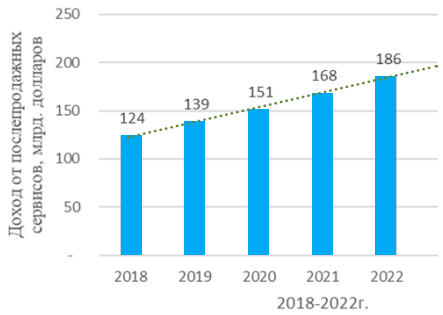


Рис. 2. Доходы от послепродажных сервисов в КНР, млрд долл. [5]

Стремясь обойти конкурентов в этой сфере, компании из КНР установили деловые связи с партнерами по всему миру. К примеру, китайско-немецкое сотрудничество охватывает исследования в этой области, создание совместных предприятий и HD-картографирование. Так, китайская корпорация с самой передовой технологией ICV Baidu взаимодействует с такими корпорациями, как Daimler, Bosch, Continental и BMW через свою платформу Apollo [7].

Первое совместное предприятие с западным производителем автомобилей было основано в 1984 г. Daimler AG и BAIC Motor Co. В 2018 г. СП объявило о планах инвестировать 1,9 млрд долл. в модификацию завода BAIC в Пекине, что предполагало увеличение выпуска своей премиальной линейки, в частности фирменных электрокаров Mercedes Benz EQ. BAIC может полагаться на передовые технологии автомобильной промышленности Mercedes Benz и системы по управлению качеством и производством для повышения конкурентоспособности продукции во всех направлениях.

Volkswagen и Anhui Jianghuai Automobile (JAC Motors) совместно разрабатывают электромобили. Первый электрический внедорожник был выпущен в 2018 г., а в конце этого года в Хэфэе начал работу новый научно-исследовательский центр, в сферу интересов которого входят технологии электрификации, автономного вождения и подключенные устройства. BMW и Great Wall Motor подписали соглашение о производстве электромобилей MINI, деятельность Audi AG и Huawei Technologies Co. Ltd направлена на развитие автономного вождения. В конце 2018 г. продемонстрирован новый Audi Q7 с интегрированным мобильным центром обработки данных Huawei. BYD Auto Co., Ltd и Daimler AG – Shenzen BYD Daimler New Technology Co. Ltd, торговая марка Denza, специализируется на электромобилях в премиальном сегменте, группа Bosch и NIO ориентированы на сенсорные технологии, автоматизированное вождение, управление

электродвигателями и интеллектуальные транспортные системы. NIO поставляет семиместный высокопроизводительный электрический внедорожник ES8, содержащий ключевые компоненты от Bosch, такие как системы помощи водителю, блоки управления, датчики и электромеханический усилитель тормозов iBooster. Компоненты будут доработаны для будущих моделей NIO.

Мобильность как услуга очень востребована в Китае, поскольку среди молодых граждан каршеринг и совместное использование поездок становятся все более популярными. Так, приложение Didi имеет более 550 млн пользователей, и PWC прогнозирует, что к 2030 г. более 45% пробега всех автомобилей в Китае будет выполнено на транспортных средствах, принадлежащих сервисам шеринга.

BMW подхватила эту тенденцию, сотрудничая с EVCARD, шанхайской компанией по совместной эксплуатации электромобилей для каршеринга и проката, и стала первой иностранной компанией в Китае, получившей лицензию на такую деятельность, напрямую конкурируя с люксовым брендом Didi. Почти 50% всех автомашин для премиум-сервиса являются подключаемым гибридом.

Стоит отметить, что концепция MaaS (мобильность как услуга, каршеринг как услуга) снижает спрос на приобретение личного автомобиля, приводит к более короткому сроку службы арендуемого транспорта и его частой замене, что способствует увеличению объема продаж автомобилей.

Китай имеет потенциал стать крупнейшим в мире рынком автономных транспортных средств. Согласно базовому прогнозу McKinsey, на них может приходиться до 66% пассажиро-километров в 2040 г., реализация таких автомобилей составит чуть более 40% от всех новых в 2040 г. и 12% общего рынка [2]. Это сулит огромные перспективы как местным китайским автопроизводителям, так и международным технологическим гигантам и малому бизнесу.

Автомобильная промышленность в КНР продолжает развиваться и предлагает иностранным инвесторам широкие возможности. Но для выхода на китайский рынок необходим тщательно продуманный подход, поскольку, в отличие от Европы и США, он имеет региональные особенности. Сегментирование рынка, процесс продажи, каналы распределения продукции, послепродажное обслуживание, ценообразование, защита бренда, рекламная деятельность – это лишь некоторые из аспектов, которые необходимо учитывать для стратегии бизнеса в Китае. К тому же первостепенное значение для успеха имеет правильный выбор местного партнера.

Стремительный взлет новых технологий в КНР стимулировал соответствующий рост автомобильной промышленности и тесную интеграцию автомобильной продукции и интернет-технологий. Текущая ситуация является важным микрокосмом развития всего мирового автомобилестроения, и поскольку положение автопрома Китая на международном рынке становится все более ощутимым, и ожидается, что он станет лидером отрасли.

Статья поступила в редакцию 04.04.2023 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Largest automakers by market capitalization // https:/companiesmarketcap.com/automakers/largest-automakers-by-market-cap//.
2. McKinsey China Automotive Consumer Insight 洞见研报-最新行业研究报告下载，券商研报，咨询报告，公司研报 // https://www.djyanbao.com/preview/3396658.
3. Number of new energy vehicles in China 我国新能源汽车保有量达 1310 万辆 呈高速增长态势_滚动新闻_中国政府网 (www.gov.cn). https://www.gov.cn/xinwen/2023-01/11/content_5736281.htm.
4. Five levels of autonomous driving development 自动驾驶发展的五个层级和立法的四个阶段 // https://baijiahao.baidu.com/s?id=1612583799608032122&wfr=spider&for=pc.
5. Analysis of Development Policies and Future Prospects of China's Automotive Service Industry「行业趋势」2023 年中国汽车服务行业发展政策及未来前景分析 // https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?id=1775798733089129861&wfr=spider&for=pc&third=baijiahao&baijiahao_id=1775798733089129861&c_source=kunlun&c_score=0.999100&p_tk=6296nfihfWy2xikP4w3FLn0%2Bhve1kZIo9jz5BClyHwA1J%2BaDVJpsOurGGHUU9PQRKTnLeXO9PV.
6. Helmold M. China in the Automotive Industry / M. Helmold // Management for Professionals. 2021. №2. P. 157–169.
7. Zhang X. The development strategies of used cars e–commerce / X. Zhang // International Journal of Business and Social Science. 2021. №11. P. 161–168.

Summary. The successful experience of China in borrowing foreign innovations and international scientific and technical cooperation is analyzed. There is a stereotype that China has made an innovation breakthrough by directly borrowing foreign technology and innovation. However, the process of their development was more complex and mutually beneficial, and ultimately gave rise to the conditions for the creation of their own technologies and innovations, this is confirmed by China's world leader today in patent registration and the publication of scientific articles. The article identifies the factors of such success associated with properly organized scientific and technical cooperation.

Keywords: marketing, marketing strategy, international marketing, market, automotive industry, China, sales, competitiveness, internet marketing, positioning, brands, unmanned technology, joint venture.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-50-54

Становление цифровой экосистемы

Новый тренд мирового общественного развития – последовательная цифровая трансформация экономической деятельности и государственного управления. Он уже набирает обороты на протяжении последних лет и в нашей стране. Своеобразным импульсом ускорения данного процесса стало принятие программы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг., где предусмотрен комплекс мероприятий, направленных на создание современной информационно-коммуникационной инфраструктуры, внедрение цифровых инноваций в различных отраслях экономики, обеспечение их информационной безопасности. Ключевой организацией по реализации цифровой повестки страны стал Центр цифрового развития, полномочия которого закреплены Указом Президента №136 от 07.04.2022 г. «Об органе государственного управления в сфере цифрового развития и вопросах информатизации». Мы встретились с директором Центра Игорем МИХАЙЛОВСКИМ, чтобы узнать, как строится отечественная экосистема цифровой экономики, какие задачи призвана решать организация и каковы масштабы этой работы сегодня.

– Игорь Анатольевич, прежде чем перейти непосредственно к деятельности вашей организации, не могли бы вы уточнить, в чем ценность цифровизации и цифровых технологий, почему им уделяется так много внимания?

– Она обусловлена самой природой рассматриваемых явлений. В основе цифровизации лежит работа с первичной информационной единицей.

Согласитесь, что применение цифровых, или, как иногда говорят, оцифрованных данных, приводит к большей гибкости и точности настройки управленческих систем различного уровня, оперативного анализа информационных потоков, сохранности, повторной циркуляции и переработки единиц информации. Отмечу, что оцифровка оперирует существующими бизнес-моделями, в то время как цифровизация позволяет работать с большими объемами данных, порой из самых разных источников и различных по структуре, создавать новые продукты, преобразовывать бизнес-процессы. Это открывает широкие перспективы практически для всех видов деятельности человека, более того, влияет на весь его образ жизни.

Убежден, что в краткосрочной перспективе традиционные секторы экономики получат новое наполнение, обусловленное комплексным влиянием новейших и вновь возникающих технических решений, технологий и материалов. Мы уже наблюдаем, как в промышленности происходит взрывное формирование платформ Индустрии 4.0, несущее кардинальные улучшения в производственные процессы, управление цепочками поставок, проектно-конструкторские работы, а также в регулирование жизненного цикла продукта. Так что следующий промышленный уклад будет всецело базироваться на цифровизации и цифровых стандартах. Естественно, что конечной целью остается получение широкого спектра продукции в требуемых объемах и в нужное время, сохраняя при этом эффективность массового производства и гибкость опытного.

– Какие нормативные правовые документы составляют сегодня основу для проведения государственной политики в сфере цифрового развития?

– Базовыми являются принятые в последние годы комплексные решения Главы государства, Правительства и регулятора – Министерства связи и информатизации. Так, Указ Президента Республики Беларусь от 07.04.2022 г. №136 «Об органе государственного управления в сфере цифрового развития и вопросах информатизации» устанавливает полномочия Министерства связи и информатизации в сфере цифрового развития, среди которых разработка нормативных правовых актов и стратегий, государственной политики и др. Он же выделяет наше предприятие – Центр цифрового развития – в качестве головной организации по реализации мероприятий в данной сфере и оператора государственных цифровых платформ и информационных систем. Кроме того, Указ определяет основные задачи Центра, такие как выполнение работ или оказание услуг государственным органам и предприятиям по организационно-техническому обеспечению реализации мероприятий в данной области, информационно-аналитическое сопровождение деятельности Министерства связи и информатизации, совершенствование форм государственной статистической отчетности, разработка стандартов, требований к созданию, взаимодействию, совместимости государственных цифровых платформ и информационных систем.

В постановлении Правительства Республики Беларусь от 04.11.2022 г. №757 прописаны задачи, функции и права Центра, утвержден перечень государственных цифровых платформ и информационных систем, оператором которых он является, определены объекты экспертизы мероприятий и пилотных проектов. Указ Президента от 29.11.2023 г. №381 «О цифровом развитии» содержит перечень офисов цифровизации и основные направления деятельности до 2030 г.

И, конечно, Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг., утвержденная постановлением Правительства Республики Беларусь 02.02.2021 г. №66. Она нацелена на внедрение ИКТ в отраслях национальной экономики и ставит ряд ключевых задач, таких как создание условий для обеспечения и сопровождения комплексной цифровой инфраструктуры межведомственного информационного взаимодействия, формирование современной системы оказания государственных услуг на принципах проактивности и мультиканальности, обеспечение доступности образования, основанного на применении современных информационных технологий, в том числе для подготовки граждан к условиям цифровой экономики, развитие цифровых инструментов в различных отраслях.

– Стандарт успешного цифрового развития – наличие единой технической и технологической политики. Кто занимается ее разработкой?

– За подготовку предложений по созданию экосистемы цифровой экономики отвечает наш Центр во взаимодействии с экспертами, офисами цифровизации, а также одним из механизмов такой работы является деятельность нашего технического комитета. Регулирующий орган – Министерство связи и информатизации, которое непосредственно определяет единую техническую и технологическую политику, в том числе, как ее составляющую, единую архитектуру государственных цифровых платформ. Безусловно, поставленная задача нетривиальна, и для ее решения понадобится не один год.

– Не могли бы вы уточнить в этом контексте, чем конкретно занимается Центр?

– На текущий момент – это проведение широкого спектра научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выстраивание взаимодействия с офисами цифровизации, закрепленными за каждой отраслью и регионом. Но здесь мы заняты больше выработкой технических решений. А вот такое направление нашей работы, как взаимодействие с государственными органами, другими заинтересованными структурами, затрагивает сложнейшие вопросы формирования комплексного подхода

для реализации государственной политики в сфере цифрового развития. Большим подспорьем в этом деле является изучение передового опыта и стандартов, формирования экосистемы цифровой экономики посредством создания единой архитектуры государственных цифровых платформ, участие в международном сотрудничестве.

– Есть ли какие-то успехи?

– Как вы понимаете, мы только в начале большого пути, и говорить о масштабных достижениях пока рано, но есть ряд мероприятий, проведенных нами для выстраивания отношений с отраслевыми и региональными центрами компетенций и центрами принятия решений, понимания их потребностей и готовности к цифровой трансформации. Мы активно взаимодействуем с местными органами власти, другими офисами цифровизации в части организационно-технической и методической поддержки при инициировании государственных ИТ-проектов. Участвуем в разработке технических паспортов мероприятий, рассмотрении технических проектов и пр. Нами проводится работа по заключению соглашений о взаимодействии. Итогом этой работы нам видится создание сообщества единомышленников – объединение разработчиков государственных цифровых платформ и систем.

– Цифровая трансформация направлена на решение системных проблем в отраслях, в частности снижения затрат за счет внедрения современных технических средств, реорганизации труда и реинжиниринга бизнес-процессов. Насколько успешно отечественные предприятия включены в этот процесс?

– Цифровая трансформация – новый тренд, и во многом его внедрение зависит от команды единомышленников и экспертов, готовности менеджмента предприятий к использованию цифровых технологий. Должен отметить, что большинство стран-пионеров в области автоматизации, компьютеризации, информатизации уже прошли долгий путь становления, но и там внимание к этой теме по-прежнему повышено – даже крупнейшие компании не всегда готовы к полному внедрению цифровых решений. Так и отечественные предприятия проявляют заинтересованность, демонстрируют готовность к цифровой трансформации, но этого мало. Мы полагаем, что в этом отношении существенную роль должны сыграть как сами офисы цифровизации, так и наличие финансовых ресурсов, направленных на решение поставленных государством задач. Например, предусмотрено выделение средств местных инновационных фондов на финансирование мероприятий в сфере цифровой трансформации реального сектора экономики, программ социально-экономического развития административно-территориальных единиц, региональных мероприятий. Согласитесь, это архиважно, но вместе с тем и архисложно. Хотя, должен отметить, что в ряде отраслей уже наметились предприятия-флагманы.

– Кроме финансов, о которых вы упомянули, есть еще и не менее сложный вопрос – наличие и доступность цифровых продуктов и решений для субъектов хозяйствования. Есть что им предложить?

– Это действительно одна из самых злободневных проблем. И она в последние годы в стране в рамках Государственной программы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг. решается. Реализован проект по созданию «витрины цифровых проектов». Ее базовыми компонентами стали сведения из государственного регистра информационных ресурсов и регистра информационных систем. Эти системы были разработаны и сопровождались специалистами нашей организации. Стоит сказать, что сегодня в них размещены данные о более чем 34 тыс. информационных ресурсах и 410 системах.

Витрина цифровых проектов включает в себя также веб-сервисы взаимодействия с внешними ресурсами, сведения о предлагаемых участниками отечественного ИТ-сектора цифровых продуктах и услугах, об опыте и лучших практиках их внедрения. На мой взгляд, создан самый оптимальный инструмент быстрого поиска допустимых апробированных зарегистрированных решений, обладающих к тому же и аналитическими возможностями.

Новое направление, которое в настоящее время только начинает свою «обкатку», – пилотные проекты. Идея заключается в возможности провести на своем участке ответственности проверку решения, предложенного ИТ-компанией, и, по ее результатам, масштабировать положительный опыт. Кстати сказать, этот механизм также предусмотрен нормативными правовыми актами, принятыми в нашей стране.

– С какими трудностями сталкиваются различные отрасли промышленности при проведении информатизации, цифровизации и цифровой трансформации?

– Исходя из опыта могу сказать, что организации и органы власти заинтересованы прежде всего

в методологической поддержке в части планирования и реализации мероприятий в сфере цифрового развития, а также в организационно-технической – при разработке заявок, технических паспортов мероприятий, конкурсных, аукционных документов для подготовки предложений участия в процедуре запроса ценовых предложений. В свою очередь офисы цифровизации больше нуждаются во взаимодействии по вопросам соблюдения единой политики в сфере цифрового развития, проработки совместных инициатив, реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, инновационных проектов и мероприятий.

– Игорь Анатольевич, расскажите, пожалуйста, о компетенциях вашей команды.

– Компетенция Центра цифрового развития распространяется на полный жизненный цикл цифровых систем: от сбора и анализа требований, разработки архитектуры ИТ-систем, кодирования, миграции данных до внедрения и сопровождения. Нами уже реализованы десятки проектов общегосударственного уровня, обеспечивающих взаимодействие населения, государства и бизнеса. К наиболее значимым стоит отнести: государственную единую (интегрированную) систему учета и обработки обращений граждан и юридических лиц, портал рейтинговой оценки качества оказания услуг организациями Республики Беларусь, государственный регистр информационных ресурсов и информационных систем, реестр движимого имущества, обремененного залогом, единый реестр лицензий, национальный реестр сортов сельскохозяйственных растений, автоматизированную информационную систему единого государственного регистра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и др. Среди недавних работ – информационно-справочная система мониторинга цен на материалы для строительства, являющаяся частью Госстройпортала, который тоже, кстати сказать, разрабатывала наша команда.

Как видите, опыт специалистов Центра очень широк, он затрагивает практически все отрасли, при этом отмечу, что потенциальными потребителями услуг и программных продуктов компании являются прежде всего государственные структуры, заинтересованные в получении уникальных разработок. Позиционирование предприятия, принципов его коммуникации строится исходя из целевой аудитории и базируется на методах консультационного взаимодействия. Центр цифрового развития является резидентом Парка высоких технологий, членом ассоциации «Инфопарк», Белорусской торгово-промышленной палаты, базовой организацией национального технического комитета по стандартизации «Цифровая трансформация».

После получения статуса головной организации по реализации мероприятий в сфере цифрового развития расширилась сфера деятельности нашего предприятия и, безусловно, возросла ответственность.

Центр обеспечивает информационно-аналитическую поддержку Минсвязи при подготовке решений, рассмотрении и разработке межгосударственных и национальных ИТ-стандартов, отвечает за формирование сведений, анализ инициатив, а также оценку эффективности реализации мероприятий и проектов в этой сфере. Помимо этого предприятие, как и другие офисы цифровизации, осуществляет разработку технических паспортов и технических заданий на создание цифровых платформ (информационных систем и ресурсов), конкурсных и аукционных документов для участия в процедуре государственной закупки, сопровождение государственных цифровых платформ и информационных систем. Проведение этой работы позволяет накапливать опыт и компетенции, в том числе на уровне отдельных отраслей экономики и регионов страны. Поэтому уже сейчас мы рассматриваем новые инициативы, прорабатываем их еще до официального направления в Минсвязи.

В текущем году запланирована подготовка стандартов серии управления данными и оценки процессов при разработке, сопровождении и эксплуатации информационных систем, проведение научно-исследовательских работ в области отраслевой и региональной топологии взаимодействия информационных систем, мониторинг реализации пилотных проектов, а также ключевых элементов инфраструктуры, разработки и сопровождения государственных цифровых платформ и информационных систем. Будет дан старт образовательной деятельности Центра: планируется провести для работников госорганов и организаций серию семинаров по вопросам управления процессами цифрового развития, реализации мероприятий и пилотных проектов в сфере цифры, внедрения технологий умных городов и другие, а в будущем – запустить две программы повышения квалификации.

– В Указе №381 установлен перечень офисов цифровизации. Таким статусом наделены государственные учреждения и предприятия, научно-технические парки. Всего в список включено

40 отраслевых и региональных юридических лиц. Это немало, и все они не только представляют разные сферы, но и имеют разные компетенции. Как вам удается находить точки соприкосновения для налаживания с ними полноценного сотрудничества?

– Целью становления института офисов цифровизации является создание кластера компетентных служб, направленных на цифровое развитие.

Поэтому соглашения с каждым из них позволяют выявить и установить опорные точки взаимодействия. Его вид может быть разным – от рабочих встреч до предоставления консультационной и методологической помощи, совместного участия в мероприятиях. Но основное – обмен опытом и информацией о реализуемых ИТ-проектах, а также деятельность по проработке ИТ-инициатив.

– Вы уже упоминали о ценности вашего участия в международных проектах и установлении сотрудничества с другими странами в контексте решения возложенных на Центр задач. О чем идет речь?

– Центр цифрового развития всегда был нацелен на международное партнерство. Нами подписано множество соглашений со структурами стран ЕАЭС, выполняющими в своих странах функции центров компетенции в сфере цифровизации, как в предыдущие годы, так и в текущем году. Среди последних – соглашение о взаимодействии с предприятием «Ростелеком»; Федеральным учреждением «Государственные технологии»; автономной некоммерческой организацией «Лаборатория Цифровой Трансформации». Точки соприкосновения лежат в плоскости формирования единого информационного пространства, обмена опытом в области построения цифровых платформ, реализации совместных образовательных проектов по подготовке востребованных ИТ-специалистов.

Добавлю, что международное взаимодействие строится в том числе и на иных проектных инициативах. Одной из них являются работы в области цифровизации трансграничного обмена электронными товаросопроводительными документами. Данное направление имеет высокую экономическую составляющую для стран, непосредственно влияющую на качество международной торговли, ее скорость и прослеживаемость. В этом деле мы опираемся прежде всего на свои компетенции, широкое взаимодействие с партнерами стран евроазиатского региона, ряд договоренностей и контрактов. В последние годы силами предприятия организованы и проведены тематические секции по вопросам цифровизации международных транспортных коридоров и логистических сервисов в рамках Международного форума «ТИБО», участие в которых принимали спикеры из стран ЕС, ЕАЭС, КНР.

Еще одна возложенная на нас задача – разработка стандартов, которая осуществляется во взаимодействии с техническим комитетом по стандартизации ТК BY 38 «Цифровая трансформация», имеющем секретариат в нашем предприятии. Главная цель, которую мы преследуем в этом контексте, – обеспечение процессов цифровой трансформации современными техническими стандартами. Это вопросы интероперабельности, управления технологиями и проектами, данными и принципами оценки качества и иные направления, необходимые для цифровой трансформации в стране.

Предприятием были подготовлены и утверждены постановлениями Госстандарта 2 стандарта: СТБ ISO 8000-2-2020 «Качество данных. Словарь» от 03.09.2020 г. №48 и СТБ 2583-2020 «Цифровая трансформация. Термины и определения» от 08.12.2020 г. №95.

В этой части мы также опираемся на опыт и возможности объединенного технического комитета ISO/IEC JTC 1 Международной организации по стандартизации и Международной электротехнической комиссии. В ближайшее время национальный технический комитет «Цифровая трансформация» планирует войти в подкомитеты ISO/IEC JTC 1 в качестве постоянных членов. Это важно для получения новейшей информации в области цифрового развития и информационных технологий в целом.

– Любое развивающееся предприятие всегда устремлено в будущее. Каким оно видится вам и что в ваших ближайших планах?

– Развивать позиции Центра как головной организации и оператора, быть на шаг впереди в разработке государственных и, по возможности, межгосударственных информационных систем и цифровых платформ. Недаром слоган нашего предприятия – создавая цифровой мир, мы улучшаем реальный.

Жанна КОМАРОВА

ЖЕНЩИНЫ В КАДРОВОМ ПОТЕНЦИАЛЕ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Алеся Соловей,
научный сотрудник Центра мониторинга миграции научных и научно-педагогических кадров Института социологии НАН Беларуси

Научная деятельность – одна из важнейших общественно значимых сфер, в которых трудятся женщины. Социально-демографическая структура кадрового компонента белорусской науки характеризуется гендерной сбалансированностью. Это соответствует целям Национального плана действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. – стратегии, призванной сохранить и приумножить возможности творческого развития женщин. Принципы государственной политики в данной области гарантируют равные возможности для ученых. Основным законом страны, нормативно-правовыми актами, регулирующими получение первой и второй ступени послевузовского образования без гендерно обусловленных препятствий для профессионального роста, обеспечиваются идентичные условия и перспективы в построении научной карьеры для любого человека независимо от его пола.

Активное участие женщин в высококвалифицированном труде и научном творчестве расширяет социальную базу воспроизводства научных кадров, тем самым усиливая интеллектуальный потенциал всего общества и возможности решения актуальных для него задач.

На современном этапе развития белорусской науки в ее кадровом составе широко представлены женщины, доля которых среди исследователей довольно значительна – 39,2%. Постоянно растет число женщин с учеными степенями: среди кандидатов наук их сегодня 42,0%, среди докторов наук – каждая пятая (22,0%). Динамика удельного веса женщин среди научных сотрудников показывает, что в целом по стране он уменьшается, в то время как среди исследователей с учеными степенями, наоборот, растет *(табл. 1)*.

Анализ данных, представленных в *табл. 1*, позволяет

заключить, что общий уровень феминизации белорусской науки снизился: на протяжении 1995–2022 гг. доля женщин упала на 14,3% (с 53,5% в 1995 г. до 39,2% в 2022 г.) [1, 2], однако в отношении научной элиты она продолжалась. Так, процентное соотношение женщин – кандидатов наук за указанный период возросло на 10,0% (с 32,0% в 1995 г. до 42,0% в 2022 г.), а докторов наук – ровно вдвое (с 11,0% в 1995 г. до 22,0% в 2022 г.) [1, 5].

Во всех сферах научной деятельности женщины вносят свой вклад в развитие фундаментального и прикладного знания. В этом легко убедиться, рассмотрев тенденцию изменения их численности по областям науки за последние 25 лет – с 1997 по 2022 г. *(табл. 2)*.

Данные, представленные в *табл. 2*, свидетельствуют о том, что к 2022 г. во всех рассматриваемых сегментах, за исключением технических наук, доля женщин-исследователей превысила 50%. В настоящее время наиболее феминизированную область знания представляют собой медицинские науки, в которых на 2022 г. 69,2% ученых – женщины. И только технические науки стали еще более «мужскими»: удельный вес женщин в этой сфере снизился на 13,8% по сравнению с 1997 г. и в 2022 г. составил всего 27,8%. Наиболее активно пополнялась женскими кадрами область сельскохозяйственных наук, в которой число ведущих научную деятельность женщин выросло на 7,6% и в 2022 г. достигло 62,0%.

В ситуации феминизации высшего образования и научно-педагогических работников можно было бы предположить превалирование женщин и в научной сфере на всех ее квалификационных уровнях. Однако они все же несколько численно уступают мужчинам среди научных кадров высшей квалификации. Несмотря на рост процента исследовательниц с кандидатской и докторской степенями (с 34,6% и 14,2% в 2003 г.до 42,0% и 22,0% в 2022 г. соответственно), мужчины продолжают доминировать среди данной категории профессионалов [3, 5].

Тем не менее, если говорить непосредственно о динамике процента женщин среди ученых высшей квалификации, то он практически во всех областях науки за рассматриваемый период увеличился *(табл. 3)*.

Анализ статистических данных *табл. 3* позволяет заключить, что наибольший рост доли женщин – кандидатов наук наблюдался в социально-экономических и общественных (на 14,4%), сельскохозяйственных (12,9%) и медицинских (9,1%) науках.

Возросла и количественная составляющая исследовательниц с докторской степенью в технических науках (более чем в 5 раз – с 2,0% до 10,1%), хотя в целом данная область знания остается наименее феминизированной. Чего нельзя сказать о медицинской и гуманитарной сфере научной деятельности, где доля женщин – докторов наук увеличилась значительно: на 31,2% и 20,3% соответственно. Следует отметить, что, несмотря на преобладание мужчин – докторов наук во всех областях исследований, процент женщин с таким уровнем научной подготовки за четверть века существенно возрос.

В НАН Беларуси – ведущей государственной научной организации нашей страны – на долю женщин-ученых приходится 49,7%, что на 10,5% превышает средний показатель по республике. В академических институтах среди кандидатов наук они составляют практически половину (49,7%), среди докторов наук – 20,6%. В то же время

Год	Доля женщин в общей численности исследователей	Из них с ученой степенью	
		кандидата наук	доктора наук
1995	53,5	32,0	11,0
1997	47,1	32,5	11,7
2003	44,0	34,6	14,2
2014	41,2	39,3	17,7
2022	39,2	42,0	22,0

Таблица 1. Динамика доли женщин-исследователей в Республике Беларусь за период 1995–2022 гг. (%) [1–5]

Область науки	Год			
	1997	2003	2014	2022
Естественные	49,0	47,6	49,1	51,7
Технические	41,6	35,8	32,1	27,8
Медицинские	62,2	66,8	62,9	69,2
Сельскохозяйственные	54,4	56,9	59,8	62,0
Социально-экономические и общественные	59,2	56,5	57,1	60,9
Гуманитарные	55,5	56,9	63,5	57,5

Таблица 2. Динамика доли женщин-исследователей в Республике Беларусь по областям науки за период 1997–2022 гг. (%) [2–5]

начиная с 1997 г. и по 2022 г. процент сотрудниц с кандидатской и докторской учеными степенями в Академии наук постоянно увеличивался *(табл. 4)*.

Исходя из данных, представленных в *табл. 4*, можно констатировать, что в целом доля занятых в академической науке женщин за четверть века выросла незначительно – всего на 4,7% (с 45,0% в 1997 г. до 49,7% – в 2022-м). Вместе с тем в отношении кандидатов и докторов наук женского пола статистика показывает уверенный рост – на 11,5% и 8,4%; так, в 2022 г. их было 45,9% и 20,6% соответственно.

Также следует отметить, что новое поколение женщин вливается в ряды белорусских ученых все более активно. Обладая творческим и интеллектуальным потенциалом, они представляют собой кадровый ресурс для будущего прогресса как отечественной науки, так и общества в целом. Опыт показывает, что уже в школьные и студенческие годы ученицы или студентки могут сделать первые шаги в науку, заинтересоваться исследованиями и экспериментами. Выявление и поддержка талантливой молодежи, направление и развитие ее интеллектуальных возможностей – лучший способ пополнения научных кадров страны новым поколением ученых. Среди молодых исследователей в возрасте до 35 лет доля девушек – 36,2% в целом по стране, а в НАН Беларуси она составляет более половины (54,0%); среди кандидатов наук – 41,9% и 47,5% соответственно [5, 8].

При исследовании демографической структуры, связанной с подготовкой научных кадров, важно акцентировать внимание на непосредственной численности лиц, обучающихся на первой ступени послевузовского образования – в аспирантуре. Актуальность изучения динамики представленности женщин в таких структурах в системе НАН Беларуси обусловливается значительным удельным весом данной категории аспирантов на современном этапе развития академической науки.

Высока доля женщин среди тех, кто продолжает свое обучение на второй ступени вузовского образования (в магистратуре) Академии наук, – 59,8%, а также на первой и второй ступени послевузовского образования. В общем количестве академических аспирантов процент женщин превышает долю мужчин (60,3%); среди докторантов их также немало – 43,0%. Анализ изменения численности женщин среди лиц, осваивающих первую ступень послевузовского образования в научных учреждениях НАН Беларуси, свидетельствует о постоянном ее увеличении *(табл. 5)*.

Согласно данным *табл. 5*, если в начале 2000-х гг. среди лиц, обучающихся в академической аспирантуре, на долю женщин приходилось менее 40,0%, то к 2009 г. она превысила половину от количества всех аспирантов (53,6%), а в период с 2015 по 2023 г. стабильно сохранялась на уровне более 50%.

Именно за ними – первенство среди аспирантов во всех Отделениях наук НАН Беларуси, за исключением физико-математических и технических. В Отделении медицинских наук женщин 83,3%, биологических – 72,6%, гуманитарных наук и искусств – 65,3%, аграрных – 64,8%, химии и наук о Земле – 54,5%, меньше всего – в Отделении физики, математики и информатики (29,7%) и физико-технических наук (41,3%).

Среди тех, кто обучается в академической докторантуре, женщины доминируют только в области биологических наук – 83,3%

Область науки	Год							
	1997	2003	2014	2022	1997	2003	2014	2022
	Кандидаты наук				Доктора наук			
Естественные	36,4	39,1	43,0	45,2	13,3	14,7	18,4	18,3
Технические	13,2	14,2	17,9	18,7	2,0	5,3	7,3	10,1
Медицинские	55,1	59,7	59,5	64,2	18,1	23,5	25,6	49,3
Сельскохозяйственные	36,3	39,7	47,3	49,2	14,5	14,3	22,0	19,6
Социально-экономические и общественные	37,0	33,1	42,5	51,4	14,9	18,9	14,3	20,6
Гуманитарные	49,0	51,9	51,9	57,2	12,3	19,7	30,6	32,6

Таблица 3. Доля женщин-исследователей с ученой степенью кандидата и доктора наук в Республике Беларусь по областям науки за период 1997–2022 гг. (%) [2–5]

Год	Доля женщин в общей численности исследователей	Из них с ученой степенью	
		кандидата наук	доктора наук
1997	45,0	34,4	12,2
2003	45,7	36,0	13,7
2014	47,2	41,8	18,2
2022	49,7	45,9	20,6

Таблица 4. Динамика доли женщин-исследователей в НАН Беларуси в общей численности докторов и кандидатов наук за период 1997–2022 гг. (%) [2, 6–8]

Таблица 5. Количество женщин-аспирантов в общей численности академических аспирантов на современном этапе развития белорусской науки за период 2000–2023 гг. (%)*

Год	Доля женщин в общей численности аспирантов НАН Беларуси
2000	37,1
2005	45,3
2009	53,6
2015	55,6
2017	55,0
2019	55,8
2020	59,0
2021	61,1
2023	60,3

* Рассчитано и составлено автором на основе статистических данных и списочного состава лиц, осваивающих содержание образовательной программы аспирантуры в НАН Беларуси

от общего числа слушателей, а также в медицинских – 60,0%; наравне с мужчинами они заняты в гуманитарной сфере (50,0%). В остальных научных областях на данном уровне подготовки «женская» доля уступает «мужской»: в аграрных науках – 44,4%, физико-технических – 26,7%, в Отделении химии и наук о Земле – 23,1%, физики, математики и информатики – 20,0%.

Таким образом, подводя итог приведенному анализу, отметим значимость роли в науке и обществе женщин-ученых, которые представляют собой весомый интеллектуальный кадровый потенциал современной белорусской науки, выступают как равноправные участницы в процессе генерирования идей и производства нового научного знания. Они активно представлены среди научных кадров в целом по республике, но особенно – в ведущем научном учреждении страны – НАН Беларуси, где их доля среди исследователей более чем на треть опережает средний показатель республики. При этом стоит подчеркнуть, что наименьшая представленность женщин-ученых отмечается только в технических науках. Постоянно прогрессирующий удельный вес женщин среди кандидатов и докторов наук способствует повышению эффективности исследовательской деятельности научных институтов государства, развитию творческого потенциала наших соотечественниц начиная с юного возраста и в конечном итоге – повышению их вклада в решение актуальных проблем научно-технологического прогресса и дальнейшему укреплению системы воспроизводства научных кадров в государстве.

Роль женщин-ученых в системе научного наставничества как форме поддержки и обеспечения профессиональной адаптации и развития научной карьеры молодого ученого, которая активно развивается в НАН Беларуси, исключительно важна. Они могут выступать в качестве менторов (наставников), а также вдохновляющих и мотивирующих «ролевых моделей» для девушек, которые при достаточном уровне интеллектуальных способностей и склонностей к научному творчеству планируют заниматься исследовательской деятельностью, однако, в силу некоторых объективных и субъективных причин не уверены в своем выборе или сомневаются в правильности научного поиска. Высокий профессиональный статус женщин-ученых в научном сообществе способствует развенчанию мифов о «женских» и «мужских» науках, минимизации гендерных стереотипов о социально-профессиональной роли женщин и их творческих способностях.

Статья подготовлена в рамках реализации НИР «Роль наставничества в системе подготовки научных кадров высшей квалификации в условиях цифровизации белорусского общества», поддержанной грантом БРФФИ «Наука М-2023» (договор № Г23М-022 от 02 мая 2023 г.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Наука Республики Беларусь, 1995: стат. сб. / Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, М-во статистики и анализа Респ. Беларусь ; под общ. ред. В.И. Недилько, Г.И. Гасюк. – Минск, 1996.
2. Наука Республики Беларусь, 1997: стат. сб. / Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, Бел. ин-т систем. анализа и информ. обеспечения науч.-техн. сферы; под общ. ред. О.И. Галиновского, В.И. Недилько. – Минск, 1998.
3. Наука, инновации и технологии в Республике Беларусь 2004 : стат. сб. / Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, М-во статистики и анализа Респ. Беларусь; сост.: В.Н. Тамашевич и [др.]. – Минск, 2005.
4. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2015.
5. О научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь в 2022 году: стат. бюлл. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
6. Справаздача аб дзейнасці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі ў 2003 годзе / Нац. акад. навук Беларусі. – Мінск, 2004.
7. Отчет о деятельности Национальной академии наук Беларуси в 2014 году / Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2015.
8. Отчет о деятельности Национальной академии наук Беларуси в 2022 году / Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2023.

Как из 100 000 000 000 вариантов выбрать нужный,

если перебрать успеваешь только 100 из них?

Inventa mathematicorum («открытия математиков») – совместный проект журнала «Наука и инновации» и Института математики НАН Беларуси, направленный на популяризацию «царицы» точных наук. В его рамках мы представляем цикл научно-популярных статей о современной математике и ее приложениях.

Владимир Сарванов,
ведущий научный сотрудник отдела теории чисел и дискретной математики Института математики НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук

Евгений Макаров,
зав. отделом дифференциальных уравнений Института математики НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор

В детстве многие любят решать головоломки, например, такие:

Задача 1. *В городе К. берега реки и два острова на ней соединены семью мостами (рис. 1). Можно ли, начав с какого-либо места, пройти через все мосты ровно по одному разу и вернуться к началу пути?*

Задача 2. *В одной сказочной стране в трех домиках жили три соседа. У них были три общих колодца: один с водой, второй с медом, третий с пивом (в прежние времена рассказывать детям о пиве не возбранялось), поэтому они жили богато и весело. Злому волшебнику, как-то пролетавшему над их селом, это не понравилось, и он их поссорил. Соседи сначала перестали разговаривать друг с другом, а потом и вовсе решили никогда больше не встречаться. И для этого они протоптали тропинки от дома каждого соседа к каждому колодцу так, чтобы эти тропинки не пересекались. Могло ли такое быть?*

С возрастом это проходит. Но не у всех. И вот мы можем видеть, как обремененные учеными степенями и званиями седовласые ученые увлеченно занимаются вопросом о том, как победить в игре «Ним». *Есть несколько кучек, в каждой из которых по нескольку камней. Играют двое. Оба игрока по очереди берут камни из кучек. За один ход игрок может взять из какой-нибудь одной кучки любое ненулевое число камней и выбросить их. Выигрывает игрок, взявший последний предмет. Соответственно, проигрыш наступает, когда ходов больше не осталось, то есть все кучки пусты.*

Это можно было бы списать на всем известные чудачества математиков, если бы не одна небольшая, но важная деталь: игра «Ним» сама по себе проста, а вот задача поиска выигрышной стратегии для ее внешне незначительных модификаций (например, для игры «Обобщенная география») обладает такой сложностью и универсальностью, что нахождение (вопреки всеобщим ожиданиям) быстрого способа ее решения приведет, кроме всего прочего, к крушению многих современных криптографических систем, поскольку даст возможность быстрого прочтения сообщений, зашифрованных с их помощью.

Доказательство же невозможности такого быстрого алгоритма даст уверенность в том, что существующая криптография еще долго будет строго хранить военные и государственные тайны, ну и частные секреты тоже.

Однако ни то, ни другое до сих пор сделать никому не удалось.

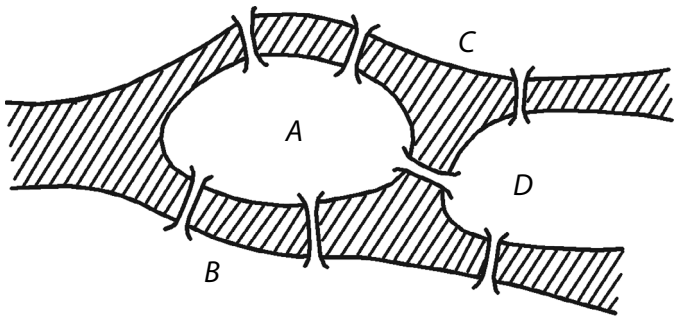


Рис. 1. Мосты города К.

Что же касается задач 1 и 2, то это частные случаи обширного класса задач, в которых требуется найти в заданном графе (математической абстракции реальной системы любой природы, объекты которой обладают парными связями) фрагмент, обладающий требуемыми свойствами. К их решению сводится значительная часть нетривиальных задач, решаемых при создании новых информационных технологий. Стоит ли добавлять, что в случае отыскания удачных ходов в играх, обобщающих игру «Ним», эти задачи будут решаться на много порядков более эффективно?

Эти и многие другие задачи такого рода относятся к дискретной математике – разделу, занимающемуся изучением свойств объектов дискретного характера, то есть не связанных с понятиями предела и непрерывности. Таковы, например, конечные множества точек и соединяющих их линий, функции, заданные на конечных множествах, совокупности многоугольников на плоскости и многогранники в пространстве.

Согласно другой точке зрения, дискретная математика часто отождествляется с конечной математикой – направлением, изучающим разного рода структуры и объекты, состоящие из конечного числа составных частей с конечным числом связей между ними.

В действительности эти точки зрения не противоречат друг другу, поскольку объекты, изучаемые дискретной математикой, одновременно дискретны (что не мешает отрезкам или многоугольникам быть такими объектами) и конечны (что не исключает рассмотрения их бесконечных семейств). Такое сочетание свойств определяет и другие ее особенности. Например, в большинстве задач дискретной математики возможно отыскание решения путем полного перебора вариантов. Но препятствием для этого является их большое

число. В этой связи исключительно важную роль играет разработка эффективных (приемлемых с точки зрения вычислительной сложности) алгоритмов. Именно поэтому дискретная математика часто, особенно в учебных целях, рассматривается как совокупность дисциплин, связанных с приложениями к компьютерным наукам.

Возникающие в приложениях дискретные модели почти всегда характеризуются большим числом составляющих элементов, сложной иерархией частей и огромным числом связей между ними, что приводит к необходимости рассматривать комбинаторные структуры чрезвычайно большой размерности. Это делает невозможным построение приемлемых алгоритмов решения связанных с ними задач только на основе «здравого смысла» и приводит к необходимости вести разработку таких алгоритмов на серьезных математических основах. Именно в этом и состоит сущность задач, решаемых дискретной математикой.

Различение непрерывного и дискретного – изначально в человеческом восприятии мира. Осознано оно было далеко не сразу, но уже в античной Греции мы обнаруживаем его как фундаментальное противопоставление числа и меры. Ему соответствовало и разделение всей древнегреческой математики на 2 ветви: непрерывную, представленную тогда геометрией, и дискретную, олицетворявшуюся теорией чисел. Заметим, что ныне в дискретную математику теория чисел никогда не включается: сейчас это совершенно отдельная математическая дисциплина, держащаяся обособленно как от непрерывной, так и от дискретной математики, но активно использующая все пригодные для нее методы и подходы, независимо от их происхождения.

Начиная с XVII в., после появления дифференциального исчисления, в математике безраздельно господствовала ее непрерывная ветвь. На протяжении XVIII и особенно XIX в. возникали и развивались какие-то элементы для будущего огромного здания современной дискретной математики: создавалась теория конечных групп и полей в алгебре, разрабатывалась символическая логика, решались отдельные задачи, позже стимулировавшие возникновение теории графов – но это развитие в какой-то мере имело подчиненный характер. Даже понимание роли дискретного как в определенном смысле скелета для непрерывного, возникшее в работах Анри Пуанкаре по алгебраической топологии, не изменило ситуации принципиально.

Лишь потребности (и возможности) новой техники XX в. с ее широким развитием коммутируемых электрических сетей, разветвленных линий связи, а затем и вычислительных машин заставили сначала инженерную, а затем и научную мысль обратить внимание на дискретные задачи. И старт новой науки стал беспрецедентно бурным. Как, впрочем, и все, что происходило в начальный период научно-технической революции середины XX в. Дискретная математика сегодня – это тысячи специалистов, десятки научных журналов, огромное число публикаций. В нее входят комбинаторика, теория графов, математическая логика, теория алгоритмов, теория кодирования, теория автоматов и многие другие разделы.

В Беларуси исследования дискретных задач были начаты довольно поздно, в 1960-е гг. Их инициатором стал академик Д.А. Супруненко. В это время в экономике республики происходили большие перемены: активно внедрялась автоматизация производственных процессов, создавалась электронная промышленность, в которой происходила смена элементной базы: переход от транзисторов к интегральным схемам, а затем и к большим интегральным схемам, что обусловило реальный запрос на результаты и методы дискретной математики.

Первая выполненная в Институте математики и опубликованная работа по «дискретно-кибернетической» тематике датируется 1962 г., а исследования были начаты годом или двумя раньше. Она касалась построения циклических расписаний в системах обслуживания. Интерес к ней был вызван реальными приложениями к поиску наилучших режимов работы некоторых автоматических линий, в частности, гальванических.

Эти первые достижения привлекли внимание к дискретным оптимизационным задачам, однако настоящей «точкой роста» для формировавшегося направления стали исследования, связанные с поставленной в середине 60-х Д.А. Супруненко задачей минимизации (или максимизации) линейной формы на подмножествах симметрической группы.

В первых работах этого плана были найдены условия, позволяющие быстро (алгоритмически) найти экстремум линейной формы на заданном подмножестве симметрической группы.

В дальнейшем в Институте математики, как и в республике в целом, исследования в области дис-

Симметрическую группу порядка n можно представлять себе как совокупность всевозможных перестановок чисел от 1 до n, а линейную форму на ней – как выражение вида $S=a_1b_{i_1}+a_2b_{i_2}+...+a_nb_{i_n}$, где числа $a_1,a_2,...a_n$ и $b_1,b_2,...b_n$ фиксированы, а индексы i_1, $i_2,...i_n$ образуют некоторую перестановку чисел от 1 до n. Если нет ограничений на выбор этой перестановки, сделать значение S наибольшим из возможных нетрудно. Для этого нужно умножать большие a на большие b, а меньшие – на меньшие. Если же ограничения на выбор перестановки индексов есть, все сильно усложняется.

Смысл вопроса о максимизации S легко понять из следующей задачи. Допустим, у вас есть несколько авосек, мешков, банок и бутылок разных размеров, а на складе есть яблоки, семечки, мука, растительное масло и много чего еще. Ваша задача – расфасовать в наличную тару товары наибольшей общей стоимости. Когда всего этого немного, найти максимум просто. Но попробуйте отыскать оптимальное решение, если разнокалиберных мешков и банок сотни, а товаров – десятки тысяч…

кретной математики развивались в трех основных направлениях:

- *теория графов,*
- *комбинаторная оптимизация,*
- *комбинаторная вычислительная геометрия,*

причем для большинства задач первостепенную роль играли алгоритмические аспекты. Все эти направления тесно взаимосвязаны, и имеется немало задач, которые с равным основанием могут быть отнесены к каждому из них. Например, многие задачи комбинаторной вычислительной геометрии и теории графов допускают естественную комбинаторно-оптимизационную постановку, а язык и результаты теории графов широко использую тся в двух других указанных областях. В статье мы попытаемся дать представление о том, что стоит за всеми этими несколько загадочными словами, а также о некоторых дискретных задачах, которые исследовались в Институте математики, и о результатах этих исследований. Их обширные перечни содержатся в [1, 2], а сами результаты рассеяны по многочисленным журнальным статьям нескольких последних десятилетий.

Граф, но не Монте-Кристо

Самый известный публике герой всех дискретно-математических сюжетов – это граф, математический объект, в какой-то степени известный даже людям, чрезвычайно далеким от любой математики. Граф можно представлять себе как картинку из нескольких точек (их часто рисуют довольно «объемными» – для большей заметности) и отрезков линий, соединяющих некоторые пары этих точек. Точки – вершины графа, отрезки – его ребра, причем у каждого ребра вершины лишь на его концах, поскольку предполагается, что оно всегда соединяет лишь две точки. С теорией графов можно познакомиться, например, по учебнику [3] или, в более занимательном формате, по сборнику задач [4].

Обычно считается, что граф не содержит петель, то есть ребер, примыкающих лишь к одной вершине, и кратных ребер, то есть нескольких линий, соединяющих одну и ту же пару точек. Впрочем, при необходимости эти ограничения могут и не вводиться. В этом случае граф без петель называют простым графом, с петлями – псевдографом, кратными ребрами – мультиграфом.

С помощью графов формулируется множество прикладных задач, связанных с объектами дискретной природы. Наиболее естественно и без больших усилий теоретико-графовые модели строятся там, где сам моделируемый объект, по существу, уже является графом. Таковы, например, разного рода сети или схемы. Например, транспортные сети, телекоммуникационные сети (Интернет, мобильная связь), электрические схемы и блок-схемы компьютерных программ. При проектировании и анализе такого рода объектов возникают задачи отыскания специального вида фрагментов (подграфов) в графах, выявления в последних «узких мест» и сильно связанных частей, построения оптимальных по различным критериям размещений (на прямой, на плоскости, в пространстве) и разбиений, перечисления графов с заданными свойствами.

На графы могут «навешиваться» разного рода дополнительные элементы. Например, на ребрах

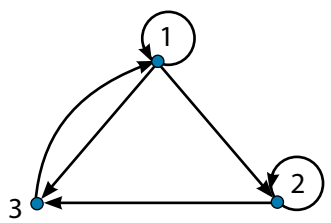


Рис. 2. Ориентированный псевдограф

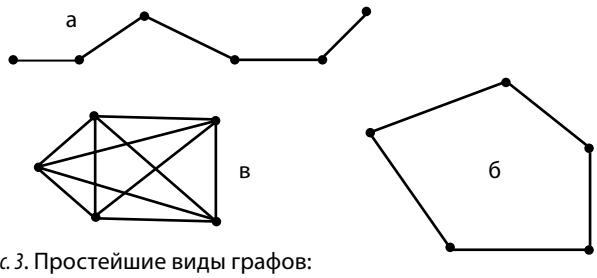


Рис. 3. Простейшие виды графов:
а) простая цепь P_6; б) простой цикл C_5;
в) полный граф на пяти вершинах K_5.

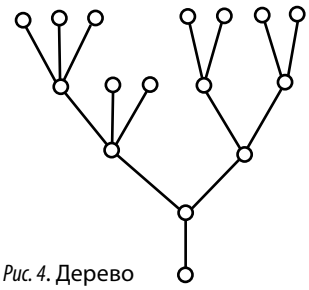


Рис. 4. Дерево

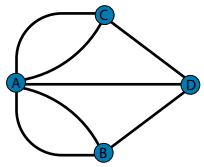


Рис. 5. Мультиграф задачи о кенигсбергских мостах

можно нарисовать стрелочки, показывающие разрешенное направление движения, или же приписать каждому ребру некоторое число (его обычно называют весом). В первом случае мы получим ориентированный граф, или, коротко, орграф. Во втором случае – взвешенный граф. Такие конструкции имеют еще более широкую область применения, чем простые графы.

Например, в виде ориентированного графа с петлями может быть изображено любое бинарное отношение на конечном множестве. Это некоторое подмножество его декартова квадрата V^2, то есть множества упорядоченных пар, составленных из элементов множества V. Но всякую такую пару (a, b) можно понимать как ребро, выходящее из вершины a и входящее в вершину b в орграфе с множеством вершин V.

В зависимости от свойств набора ребер графа выделяются различные его типы. Некоторые из них вполне наглядны, например простая цепь P_n – граф, у которого вершины соединены цепочкой ребер *(рис. 3а)*, простой цикл C_n – цепь, замкнутая в кольцо *(рис. 3б)*. Здесь индекс n в стандартных обозначениях графов P_n и C_n обозначает количество вершин в них, а слово «простой» указывает на отсутствие самопересечений. Если такое слово отсутствует, то цепь или цикл могут самопересекаться, проходя по нескольку раз через одни и те же вершины по разным ребрам. Граф называется связным, если в нем любые две вершины соединены некоторой простой цепью. Очевидно, все цепи и циклы связны; то же относится ко всем полным графам *(рис. 3в)*, в которых каждая вершина соединена со всеми остальными. Стандартное обозначение полного графа на n вершинах – K_n. Связный граф, в котором не содержится ни одного цикла, – это дерево *(рис. 4)*. Несколько деревьев без общих вершин образуют лес. В таком графе, естественно, нет циклов, и он не является связным.

О том, как ходить кругами с пользой для науки

В отличие от перечисленных, многие другие свойства и типы графов (а в теории графов их невообразимое множество) далеко не так очевидны и наглядны. В этом, возможно, заключается один из источников плодотворности теории графов, которая таким образом позволяет сводить воедино наглядность и абстракции.

Например, класс эйлеровых графов определяется тем, что в графе содержится цикл, включающий в себя все его ребра. Иначе говоря, этот граф можно нарисовать, не отрывая пера от бумаги, одним росчерком.

Задача 1, сформулированная в начале статьи, как раз об этом: для ее решения нужно выяснить, является ли граф, соответствующий условию задачи *(рис. 5)*, эйлеровым. В этом графе ребра изображают мосты, а вершины – острова и берега. Так как в нем есть кратные ребра, он на самом деле является мультиграфом.

Город К. в задаче 1 – это Кенигсберг, столица Пруссии. В первой половине XVIII в. в нем действительно было 7 мостов, построенных в XIII–XVI вв. По одной из легенд, задачу о мостах ехидные жители города предлагали всем приезжим, зная, что ее до сих пор никому не удавалось решить. По другой – они сами (включая и Иммануила Канта, которому иногда приписывают изобретение этой задачи) были крайне озабочены своей неспособностью найти решение проблемы.

В 1735 г. к задаче о семи мостах обратился (по неизвестным до сих пор причинам [5]) Леонард Эйлер, о чем он написал в письме к итальянскому математику и инженеру Джованни Джакобо Мариноні от 13 (24) марта 1736 г. [6]:

«Некогда мне была предложена задача об острове, расположенном в городе Кенигсберге и окруженном рекой, через которую перекинуто семь мостов. Спрашивается, может ли кто-нибудь непрерывно обойти

их, проходя только однажды через каждый мост. И тут же мне было сообщено, что никто еще до сих пор не смог это проделать, но никто и не доказал, что это невозможно.

Вопрос этот, хотя и банальный, показался мне, однако, достойным внимания тем, что для его решения не достаточны ни геометрия, ни алгебра, ни комбинаторное искусство».

Решение, которое нашел Эйлер, было представлено им общему собранию Петербургской академии 26 августа 1735 г. и опубликовано в VIII томе Комментариев Санкт-Петербургской императорской Академии наук [7] за 1736 г. (реально напечатанном лишь в 1741 г.). В современном изложении, сильно отличающемся от оригинального, оно выглядит следующим образом.

Принадлежность графа (или даже мультиграфа) к классу эйлеровых легко распознать. Для этого достаточно определить степени его вершин, то есть число ребер, примыкающих к каждой вершине. Связный граф является эйлеровым тогда и только тогда, когда все его вершины имеют четную степень. Действительно, если в графе есть цикл, содержащий все ребра, то он должен пройти и через все вершины, причем, двигаясь по циклу, придется в каждую вершину войти, а затем из нее и выйти по новому ребру. Но для этого как раз и нужно, чтобы у каждой вершины степень была четной. В нашем случае все вершины имеют нечетную степень, и поэтому требуемого цикла не существует – задача построения эффектного прогулочного маршрута неразрешима.

Разумеется, то, что при выполнении сформулированного условия эйлеров цикл на самом деле существует, тоже нужно доказывать, хотя сам Эйлер этим не озаботился. Для этого достаточно предъявить какой-либо способ построения искомого цикла. Впервые такой способ был предложен в 1871 г. Карлом Хирхольцером. Согласно ему, выйдя из произвольной вершины, нужно двигаться по ребрам графа произвольным образом, заботясь лишь о том, чтобы не идти уже пройденным путем. Поскольку степени всех вершин четны, такое путешествие может оборваться лишь в начальной вершине, в любой другой обязательно найдется ребро для его продолжения. Если нам удалось пройти по всем ребрам – эйлеров цикл построен. Если нет – все ребра, по которым мы уже прошли, удаляются, вместе с ними удаляются и вершины, оставшиеся без примыкающих к ним ребер. А в оставшихся частях графа операция повторяется, начиная с одной из уже посещенных вершин – в каждом оставшемся куске старого графа такая вершина обязательно есть, все степени вершин по-прежнему четны, так как ребра мы удаляли парами «вход–выход». После нескольких повторений такого процесса от графа ничего не останется – все его ребра войдут в несколько циклов. Объединяя их в один, мы и получим то, что хотели.

В 1905 г. на карте старого Кенигсберга появился еще один мост. С его помощью германский кайзер Вильгельм II, если верить еще одной легенде, решил предложенную ему придворными шутниками задачу о семи кенигсбергских мостах, подойдя к ней по-солдатски прямо и по-императорски широко. Заявив, что задачу можно решить и он сделает это за одну минуту, кайзер на поданном листке бумаги начертал: «Приказываю построить восьмой мост». Новый мост, который назвали Императорским, соединил еще одним ребром вершины B и D, сделав их степени четными, а весь граф – полуэйлеровым. В таком графе имеется не более двух вершин нечетной степени, и благодаря этому он содержит эйлерову цепь, которая начинается в одной из этих вершин, проходит по всем его ребрам и заканчивается во второй. Поэтому после 1905 г. в Кенигсберге появилась возможность пройти по всем городским мостам по одному разу, начав свой путь на правом берегу реки (вершина графа C) и завершив его на острове A.

Все упомянутые нами процедуры при решении задачи об эйлеровом цикле не особенно трудоемки. В случае графа с n вершинами и m ребрами, чтобы распознать эйлеровость, нужно найти степени всех его вершин и проверить на четность полученные n целых чисел. Для этого будет достаточно примерно m элементарных операций. Построение эйлерова цикла в графе с четными степенями вершин заметно сложнее, но и оно потребует не более Cm операций, где C – константа, не зависящая от m. Это означает, что время работы программы, решающей задачу об эйлеровом цикле, увеличивается с ростом m пропорционально m. Такое решение по своим вычислительным затратам считается очень эффективным.

Совершенно иначе обстоят дела в очень похожем, на первый взгляд, вопросе о существовании гамильтоновых циклов. Граф называется гамильтоновым, если он содержит простой цикл, проходящий через каждую его вершину. Сам этот цикл также

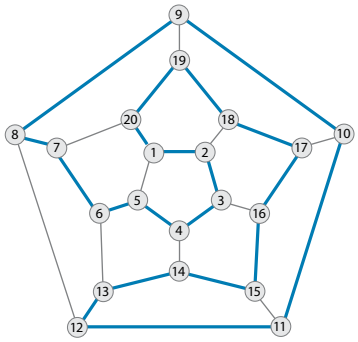


Рис. 6. Решение головоломки Гамильтона: гамильтонов цикл в графе додекаэдра

называется гамильтоновым (как и простая цепь с таким свойством).

Название «гамильтонов цикл» произошло от игры «Икосиан» (в другом, более позднем варианте – «Додекаэдр путешественника»), предложенной лондонскому производителю игрушек Джону Жаку ирландским математиком Вильямом Гамильтоном в 1859 г. В ней нужно было, выйдя из исходной вершины додекаэдра (правильного многогранника с 12 гранями, 20 вершинами и 30 ребрами), обойти по ребрам все его вершины, посетив их только по одному разу, и вернуться в исходную точку. Каждой вершине для занимательности было приписано название крупного города мира: Лондон, Дели, Париж и др. Первые 4 города на маршруте указывал один из игроков, а второй должен был найти продолжение пути, имеющее требуемое свойство. Игра оказалась неинтересной из-за своей простоты и не имела коммерческого успеха. Она плохо продавалась, поэтому до нынешнего дня сохранились лишь ее единичные экземпляры.

Но все так просто лишь в этой детской игре: хороших алгоритмов построения гамильтоновых циклов в графах общего вида не существует.

Несмотря на то что на первый взгляд разница определений гамильтонова и эйлерова цикла незначительна, задача выяснить, содержит ли граф гамильтонов цикл, является трудно решаемой как в общем случае, так и для большинства естественных классов графов. Доказать гамильтоновость заданного графа очень просто, если есть хорошая подсказка. Ею может быть правильно указанный гамильтонов цикл в этом графе. Но вот чтобы доказать негамильтоновость заданного негамильтонова n-вершинного графа, придется перебрать все простые циклы длины n, которые можно построить на его вершинах, и убедиться, что ни один из них не является его гамильтоновым циклом. Иными словами, надо перебрать всех возможных кандидатов на роль гамильтонова цикла в нем и показать, что ни один из них не годится на эту роль. А число этих кандидатов очень велико даже в графах с относительно малым количеством вершин и ребер: их в точности

$(n-1)!=1\cdot2\cdot3\cdot\ldots\cdot(n-2)\,(n-1)$.

Причем никакая подсказка здесь не поможет – ее просто не существует.

Основным направлением в исследовании проблемы гамильтоновости традиционно выступает поиск условий, обеспечивающих существование в графе гамильтонова цикла. Простейшие из них достаточно очевидны. Например, всякий полный граф гамильтонов. Большинство теорем сводится к утверждениям типа «если в графе много ребер и они «достаточно равномерно» распределены по графу, то он гамильтонов». Самая простая (и исторически первая) из них теорема английского физика Дирака, доказанная им в 1952 г., такова: если в связном графе с n вершинами (при n, равном 3 и более) степени всех вершин больше или равны $n/2$, то граф гамильтонов.

А где же геометрия?

Все, что мы до сих пор говорили о графах, на самом деле было лишь очень слабо связано с геометрией. Несмотря на свое «рисуночное» обличье, графы прекрасно могут без нее обходиться: работать с графами и их свойствами вполне можно, не используя картинок, на которые мы опирались, определяя, что такое граф.

Любой граф может быть задан (и это один из двух основных и наиболее удобных способов его задания) своей матрицей смежности, то есть квадратной таблицей, в которой на пересечении строки с номером i и столбца с номером j записано число ребер, выходящих из вершины с номером i и входящих в вершину с номером j. Предварительно, разумеется, вершины графа придется пронумеровать. Например, для псевдографа на *рис. 2* , мультиграфа на *рис. 5*, полного графа K_4 на *рис. 8*, простой цепи P_4 и простого цикла C_4 такие матрицы будут иметь вид, соответственно:

$$\begin{pmatrix}1&1&1\\0&1&1\\1&0&0\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}0&2&2&1\\2&0&0&1\\2&0&0&1\\1&1&1&0\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}0&1&1&1\\1&0&1&1\\1&1&0&1\\1&1&1&0\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}0&1&0&0\\1&0&1&0\\0&1&0&1\\0&0&1&0\end{pmatrix}\ \text{и}\ \begin{pmatrix}0&1&0&1\\1&0&1&0\\0&1&0&1\\1&0&1&0\end{pmatrix}.$$

По матрице смежности не всегда можно с первого взгляда понять, как выглядит граф, но кое-что можно увидеть: у неориентированного графа матрица обязательно симметрична, у графа без петель на главной диагонали (там, где пересека-

ются строки и столбцы с одинаковыми номерами) всегда стоят нули, у простого графа – только из нуля и единицы. Эти простые наблюдения вполне тривиальны, и не в них главная выгода от такого рассмотрения графов. Помимо удобства алгоритмического оперирования графами, представленными своими матрицами смежности, очень важно то, что матрицы можно складывать и умножать по правилам матричной алгебры, благодаря чему у них есть свои числовые и нечисловые характеристики и инварианты, дающие возможность изучать такие свойства графов, которые не видны на изображающем их рисунке и вообще никак не представимы на основе геометрических образов.

Например, можно изучать спектральные свойства графов.

Собственным значением квадратной матрицы A называется такое число λ, для которого уравнение Ax=λx, где x – вектор из n компонент, имеет ненулевые решения относительно x. Такие числа легко находятся по простому рецепту из учебника по высшей математике. Все вместе они называются спектром матрицы A. Если A – матрица смежности некоторого графа G, то ее спектр состоит из вещественных чисел, наибольшее из которых положительно. Это число называется спектральным радиусом графа и обозначается ρ(G).

В теории графов с 1986 г. известна следующая проблема Брюалди – Золхайда: каков может быть максимальный спектральный радиус у графа G на n вершинах, принадлежащего заданному классу? Получение все более точных оценок этой величины для различных графов и их классов за последние десятилетия стало предметом неформального международного соревнования для математиков.

Для класса гамильтоновых графов ответ на поставленный вопрос будет спектральным признаком гамильтоновости графа G. Несколько таких признаков, серьезно улучшающих известные ранее оценки, были не так давно получены в Институте математики НАН Беларуси. Самый простой из них состоит в следующем.

Пусть G – простой связный граф на n>8 вершинах без висячих вершин (то есть тех, к которым примыкает только одно ребро), отличный от графов, входящих в некоторое (явным образом описанное) семейство. Тогда если его спектральный радиус удовлетворяет неравенству ρ(G)≥n−3, то граф G – гамильтонов.

Тем не менее в теории графов есть и такие разделы, в которых участие геометрии очень существенно.

Известно, что любой граф можно изобразить в трехмерном пространстве так, чтобы его ребра не пересекались – это теорема. Но на плоскости уложить таким способом произвольный граф не получится. Граф, с которым это можно проделать, называется планарным, а тот, с которым это уже случилось, – плоским. Плоский граф похож на многогранник: у него есть грани. Каждая грань – это ограниченная ребрами и не содержащая внутри себя вершин и ребер часть плоскости. Гранью считается и бесконечная часть плоскости, расположенная вне графа. Для связного плоского графа на n вершинах, у которого m ребер и f граней, справедлива формула Эйлера:

n-f-m=2,

доказанная им в 1752 г. (легче всего ее запомнить в виде В+Г=Р+2).

Необходимость получения ответа на вопрос, является ли заданный граф плоским, естественным образом возникает при реализации любых электрических схем, особенно если речь идет о печатном монтаже или создании микросхем. Ответ дает теорема Понтрягина – Куратовского, доказанная в конце 1920-х гг. Согласно ей, граф планарен, если не содержит в качестве подграфов ни полный граф на 5 вершинах K_5 *(рис. 3в)*, ни полный двудольный граф $K_{3,3}$ *(рис. 7)*, а также графов, получающихся из этих двух, если разбить их ребра, поместив на них дополнительные вершины. По этой причине графы K_5 и $K_{3,3}$ иногда называют запрещенными конфигурациями для плоскости.

Полный двудольный граф $K_{n,m}$ – это такой граф, у которого все вершины разбиты на две группы (доли) из m и n вершин таким образом, что каждая вершина одной доли соединена с каждой вершиной другой доли, а между вершинами, принадлежащими одной доле, ребер нет.

Именно граф $K_{3,3}$ появляется в задаче о трех домах и трех колодцах. Каждая вершина одной его доли – дом, второй – колодец, а тропинки изображаются ребрами. После того, как это понято, решить

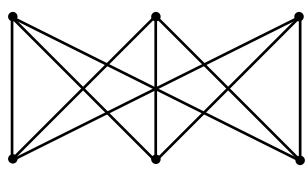


Рис. 7. Граф $K_{3,3}$

Доказать непланарность графов K5 и K3,3 можно и непосредственно, пользуясь формулой Эйлера. Для этого нужно предварительно получить дополнительные соотношения, связывающие число граней и ребер в плоском графе.

В случае полного графа любая грань должна иметь не менее трех ребер (грань с двумя ребрами возможна только в мультиграфе или же у дерева на трех вершинах), поэтому справедливо неравенство 2Р≥3Г. Коэффициент 2 при числе ребер Р появляется потому, что каждое ребро принадлежит ровно двум граням и поэтому в величине 3Г посчитано ровно два раза. Отсюда по формуле Эйлера получаем Р≤3В–6. У графа K5 В=5, Р=10, 3В–6=9. Неравенство 10≤9 ложно, поэтому граф K5 не может быть изображен на плоскости. Заметим, что если в нем удалить одно (любое) ребро, то он без проблем укладывается на плоскость.

В двудольном графе из-за того, что ребер, соединяющих вершины, входящие в одну долю, нет, любая грань должна иметь не менее четырех ребер. Поэтому справедливы неравенства 2Р≥4Г и, по формуле Эйлера, Р≤2В–4. У графа K3,3 В=6, Р=9, 2В–4=8. Неравенство 9≤8 ложно, поэтому граф K3,3 непланарен, но удаление любого ребра тоже делает его планарным.

задачу не составляет труда: теорема Понтрягина – Куратовского гарантирует, что ответ отрицательный.

Формула Эйлера верна только для графов, нарисованных на плоскости или на сфере (сфера легко превращается в плоскость, если проткнуть в ней дыру и растянуть края в бесконечность). Для графов, нарисованных на другой поверхности, соотношение числа вершин, ребер и граней может быть иным. Нетрудно проверить, что графы K_5 и $K_{3,3}$ тороидальны, то есть могут быть уложены на торе (попросту говоря – на поверхности бублика): запрещенные конфигурации на торе другие. Их более 17 000, и, что самое интересное, они до сих пор известны не все. Доказано лишь, что число их конечно.

Все эти свойства графов не зависят от расстояний, углов и других привычных для геометрии величин. Они называются топологическими, а их изучением занимается топологическая теория графов.

Гораздо ближе к обычной геометрии находится геометрическая теория графов. Геометрический граф – это граф, уложенный (изображенный) на плоскости так, что его ребрами являются прямолинейные отрезки, а вершинами – концы этих отрезков. Предполагается, что ни один из этих отрезков не содержит вершину в качестве своей внутренней точки. Такая теория ближе не только к школьной планиметрии, но и к инженерной практике.

В Институте математики в течение ряда лет проводились исследования, в которых основным объектом были геометрические графы. Основное внимание при этом уделялось задаче поиска непересекающихся подграфов различных типов в таких графах, то есть подграфов, у которых любые два ребра либо не пересекаются, либо имеют общую вершину. Задачи, связанные с поиском в геометрических графах непересекающихся подграфов либо подграфов, имеющих минимальное число пересечений ребер, возникают в проектировании СБИС (сверхбольших интегральных схем). Они являются вместе с задачами размещения и разбиения графов и гиперграфов базовыми в этой области приложений. Проводники, соединяющие элементы схемы и расположенные в одном слое чипа, не должны пересекаться, и для решения минимизации числа слоев требуется находить подходящее разбиение графа на непересекающиеся деревья. Кроме того, минимизация числа пересечений ребер геометрического графа тесно связана с минимизацией площади чипа, реализующего заданную схему.

Еще ближе к привычной геометрии лежат задачи комбинаторной вычислительной геометрии. Но о них немного позже.

Продолжение следует.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сарванов В. Исследование дискретных задач: алгоритмы, графы, вычислительная геометрия / В. Сарванов // Наука и инновации. 2018. №10 (188). С. 56–62.
2. Сарванов В. Исследование дискретных задач: алгоритмы, графы, вычислительная геометрия / В. Сарванов // Наука и инновации. 2018. №12 (190). С. 73–77.
3. Емеличев В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников и др. – М., 1990.
4. О.И. Мельников. Теория графов в занимательных задачах: Более 250 задач с подробными решениями. – М., 2012.
5. Brian Hopkins, Robin Wilson. The Truth About Konigsberg // The College Mathematics Journal. 2004. Vol. 35 (3). P. 198–207.
6. Леонард Эйлер. Письма к ученым. – М., 1963.
7. Euler L. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis // Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop., 8, 1736. P. 128–140.

Галина Пироговская, главный научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
brissa_pir@mail.ru

Аннотация. *Представлены результаты многолетних лизиметрических исследований (за 1981–2020 гг.) по поступлению атмосферных осадков на поверхность наиболее распространенных почв Республики Беларусь, их миграции и трансформации в почвенных растворах, потерям элементов питания (азота общего, нитратного и аммонийного, фосфора (P_2O_5) и калия – K_2O) из слоя почв 1,0–1,5 м в окружающую среду при применении в севооборотах при возделывании сельскохозяйственных культур стандартных и новых форм удобрений в оптимальных и повышенных дозах, а также стандартных удобрений под монокультурой многолетних бобово-злаковых травосмесей, с оценкой их экономического ущерба в системе «атмосферные осадки – почва – удобрение – растение».*

Ключевые слова: *лизиметрические исследования, атмосферные осадки, инфильтрация, почвенные растворы, потери при вымывании, стоимость потерь элементов питания.*

Для цитирования: *Пироговская Г. Вымывание питательных элементов из почв: экономический аспект // Наука и инновации. 2024. №3. С. 73–80. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-73–80*

УДК 631.81

ВЫМЫВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОЧВ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В условиях современного сельскохозяйственного производства ключевую роль играет плодородие возделываемых почв, уровень которого необходимо учитывать при планировании агротехнических мероприятий. Потери питательных соединений при вымывании осадками в окружающую среду – важная характеристика, являющаяся одной из приходных статей расчета хозяйственного баланса. Закономерно, что вопросами такого рода убытков занимались многие исследователи [1-11].

Наиболее подвижным элементом в почвенных экосистемах выступает азот. Нитраты, образующиеся в процессе нитрификации, хорошо растворимы в воде и могут легко продвигаться с гравитационными водами вглубь по профилю почвы, о чем свидетельствуют их повышенные концентрации в питьевой воде, пищевых продуктах, почвенных растворах [8]. Большое практическое значение для национальной экономики и экологии имеет определение количественных параметров поступления элементов питания растений с атмосферными осадками (по сути, еще одной приходной балансовой статьи). Изучение

влияния агротехнических приемов, применяемых в севооборотах, на интенсивность миграции полезных веществ из пахотного и корнеобитаемого слоя в нижележащие горизонты позволяет разработать и выявить перспективные методы снижения отрицательных последствий вымывания.

Оценка наносимого этим явлением экономического ущерба проводилась на основании данных о потерях азота, фосфора и калия при инфильтрации атмосферных осадков из наиболее распространенных почв Беларуси на пахотных землях при разных уровнях применения минеральных удобрений под посевы, а также в кормовых севооборотах под монокультурой многолетних бобово-злаковых травосмесей. Целью исследований было выявить степень потерь ценных для растений элементов на глубинах 1,0–1,5 м на разных почвах при возделывании сельскохозяйственных культур в пахотных и луговых севооборотах, а также рассчитать ущерб от снижения плодородия в денежном выражении.

Экспериментальные данные, анализируемые в данной статье, получены в период с 1981 по 2020 г. на лизиметрической станции Института почвоведения и агрохимии, расположенной в южной части г. Минска (53051′03′′ N., 27030′26′′ E). Станция, введенная в эксплуатацию и функционирующая с 1980 г., включает 48 насыпных лизиметров цилиндрической формы из сборных железобетонных колец. Глубина почвенного профиля в половине из них (24 лизиметрах) – 1,0 м, еще в 24 – 1,5 м. Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2,0 м и площадь 3,14 м^2.

Объектами исследований выступали наиболее распространенные почвы Республики Беларусь: автоморфные – дерново-подзолистые разного гранулометрического состава; полугидроморфные – дерновые заболоченные (дерново-глеевые); гидроморфные – торфянисто-глеевые низинные и торфяно-болотные низинные.

Изыскания и наблюдения проводились в трех лизиметрических опытах: 1-й – на автоморфных дерново-подзолистых почвах (лиз. 1–16, 33, 34) и торфяной низинной (лиз. 23, 24), в севооборотах со стандартными формами удобрений; 2-й – на дерново-подзолистой легкосуглинистой (лиз. 25–32), связносупесчаной (лиз. 35–40) и рыхлосупесчаной (лиз. 41–48) почвах, в севооборотах с разными дозами минеральных удобрений, в том числе и новыми их формами; 3-й – на дерново-глеевых (лиз. 17, 18), торфянисто-глеевых (лиз. 19, 20) и торфяных (лиз. 21, 22) почвах под монокультурой многолетних бобово-злаковых травосмесей (с 1981 г.).

Одновременно на лизиметрической станции в 1981 г. были установлены осадкомеры Третьякова (2 шт.) для регулярного учета количества и состава выпадающих атмосферных осадков и определения поступления с ними различных химических элементов.

Отбор лизиметрических почвенных растворов осуществлялся ежегодно трижды: весной – до внесения удобрений и посадки сельскохозяйственных культур, осенью – после их уборки, а также в начале зимы, после промерзания почвы и прекращения просачивания сквозь нее влаги. Анализ атмосферных осадков и лизиметрических вод выполняли согласно методикам, изложенным в руководствах Е.В. Аринушкиной, Ю.В. Новикова, К.О. Ласточкиной и др. [12]. В инфильтратах лизиметрических вод и осадков определяли следующие показатели: $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_4$, Nобщ, P_2O_5, K_2O.

- *$N\text{-}NO_3$ – потенциометрический, ГОСТ 18826-73;*
- *$N\text{-}NH_4$ – ГОСТ 26488-85;*
- *фосфор – спектрометрический метод, СТБИСО6878-2005;*
- *калий – на пламенном фотометре, ГОСТ 26427-85.*

Почвенные образцы в лизиметрических опытах отбирали с пахотного и подпахотных горизонтов перед закладкой (в начале севооборотов) и после уборки сельскохозяйственных культур (в конце севооборотов).

Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по формуле Г.Т. Селянинова: ГТК = ΣX/ΣT/10, где ΣX – сумма осадков за вегетационный период, ΣT – сумма положительных температур воздуха за тот же период. Результаты исследований обрабатывали статистически с использованием дисперсионного, корреляционно-регрессионного анализа.

В данной статье приводятся среднемноголетние данные за 40 лет (1981–2020 гг.) по поступлению атмосферных осадков на поверхность почв и их инфильтрации, потерям основных элементов питания растений (азота, фосфора и калия) при вымывании по 3 лизиметрическим опытам. Оценка этих потерь в денежном выражении приводится в ценах на удобрения на 01.08.2023 г. (карбамид – стоимость 1 т физического веса (ф.в.) равна 670,3 руб.; аммонизированного суперфосфата (марка 8:30) – 1835,0 руб./т ф.в.; хлористого калия гранулированного – 150,6 руб./т ф.в.), которые применяли в лизиметрических опытах.

Для оценки изменения погодных условий за последние 30 лет приводим сравнительные данные по количеству выпавших атмосферных осадков. Они показаны в целом за год, за вегетационный период возделывания сельскохозяйственных куль-

Годы	Количество атмосферных осадков на лизиметрической станции		ГТК	Количество лет разной степени увлажнения
	за год	за 5–9-й месяцы	за 5–9-й	
1991	508,5	265,5	1,13	
1992	490,9	194,3	0,78	Влажных – 2 Оптимальных –1 Слабозасушливых – 3 Засушливых – 3 Очень засушливых – 1
1993	644,8	374,1	1,74	
1994	629,9	273,5	1,15	
1995	462,8	211,4	0,87	
1996	588,2	304,5	1,32	
1997	577,6	281,8	1,21	
1998	767,5	454,5	1,98	
1999	471,4	160,6	0,62	
2000	508,4	222,7	0,98	
Среднее	**565,0**	**274,3**	**1,18**	
2001	633,4	387,6	1,57	
2002	475,5	180,5	0,68	Влажных – 3 Оптимальных – 4 Слабозасушливых – 2 Засушливых – 0 Очень засушливых – 1
2003	574,3	263,5	1,06	
2004	713,5	338,1	1,47	
2005	650,4	355,3	1,50	
2006	618,1	446,4	1,79	
2007	548,5	278,8	1,07	
2008	819,1	398,3	1,68	
2009	828,1	446,5	1,84	
2010	670,1	405,0	1,49	
Среднее	**653,1**	**350,0**	**1,42**	
2011	513,4	326,7	1,27	
2012	684,7	275,3	1,08	Влажных – 1 Оптимальных – 2 Слабозасушливых – 6 Засушливых – 1 Очень засушливых – 0
2013	563,8	271,5	1,05	
2014	615,3	463,8	1,88	
2015	449,2	202,6	0,82	
2016	567,2	222,7	1,33	
2017	733,5	345,1	1,31	
2018	523,4	311,8	1,15	
2019	492,9	261,6	1,06	
2020	488,0	279,9	1,10	
Среднее	**563,1**	**296,1**	**1,21**	
Среднее за 30 лет	**593,7**	**306,8**	**1,27**	**Влажных – 6 Оптимальных – 7 Слабозасушливых – 11 Засушливых – 4 Очень засушливых – 2**

Таблица 1. Количество выпавших атмосферных осадков и гидротермический коэффициент за 5–9-й месяцы на лизиметрической станции Института почвоведения и агрохимии за 1991–2020 гг.

тур (5–9-й месяцы), а также в виде величины гидротермического коэффициента (ГТК) за месяцы вегетации. Полученные сведения сравнивали со среднемноголетними соответствующими показателями за 2 периода наблюдений: 1961–1991 и 1991–2020 гг. *(табл. 1)*.

Изменения климатических условий, в частности режима выпадения осадков, можно увидеть, сравнив эти данные с аналогичными показателями предыдущих 30 лет:

- *за период 1991–2020 гг. среднемноголетнее ежегодное количество выпавших атмосферных осадков по Беларуси составило 593,7 мм, с 5-го по 9-й месяцы – 306,8 мм, средняя температура воздуха – 7,2 ^{0}C; сумма положительных температур – 2450,3 ^{0}C, гидротермический коэффициент за время вегетации – 1,27;*
- *в 1961–1990 гг. те же показатели – соответственно 696,0 мм, 374,0, 5,8 ^{0}C; 2269,3 ^{0}C, 1,7.*

Для каждого десятилетия, а также в целом за каждый 30-летний период установлено наличие и подсчитано количество влажных, оптимальных, слабозасушливых, засушливых и очень засушливых лет. Для оценки условий увлажнения вегетационных периодов возделывания сельскохозяйственных культур применялся ГТК. Его градация следующая. Если ГТК больше 1,6, то год считается влажным, в пределах 1,6–1,3 – оптимальным, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливым, уровень в 1,0–0,7 говорит о засушливом характере года, а 0,7–0,4 – очень засушливом, в пределах 0,4–0,2 – сухом, а при 0,2 и менее гидротермический фон можно охарактеризовать как очень сухой [19]. С 1991 по 2020 г. на лизиметрической станции наблюдалось 6 влажных лет (20,0%), оптимальных по увлажнению – 7 (23,3%), еще 11 лет были слабозасушливыми (36,7%), 4 – засушливыми (13,3%) и 2 – очень засушливыми (6,7%).

Что касается исследуемого периода (1981–2020 гг.), то погодные условия фиксировались следующие: количе-

Таблица 2. Поступление элементов питания на поверхность почв с атмосферными осадками (среднее за 1981–2020 гг.)

Среднегодовое поступление элементов с атмосферными осадками, кг/га	Поступление элементов питания с атмосферными осадками, кг/га					
	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	N общ.	$N\text{-}NO_2$	K2O	P_2O_5
	12,38	14,09	26,47	2,1*	9,95	1,13

* Средние данные за 2016–2020 гг.

Почва	Инфильтрация, л/м²	Потери при вымывании, кг/га					
		1981–2020 гг.			$N\text{-}NO_3$, % от N общ.	P_2O_5	K_2O
		$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	N общ.			
Дерново-палево-подзолистая суглинистая, на мощном лессовидном легком суглинке, лиз. 1, 2	94,1	14,5	0,43	14,9	97,1	0,12	6,6
Дерново-палево-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном легком суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	95,9	21,2	0,38	21,6	98,2	1,04	12,5
Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12	118,0	13,4	0,44	13,8	96,8	0,15	11,3
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидном легком суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	146,0	30,2	0,58	30,8	98,1	0,12	7,9
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидном легком суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	125,6	26,0	0,62	26,6	97,7	0,09	9,0
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	153,3	38,6	0,67	39,3	98,3	0,225	11,6
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	148,0	31,3	0,57	31,9	98,2	0,08	34,8
Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на водно-ледниковом связном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком, лиз. 13–16	209,1	42,9	1,10	44,0	97,5	0,14	48,3
Торфяная низинная, среднемощная, развивающаяся на древесно-осоковом торфе, лиз. 23, 24	97,2	43,6	0,97	44,6	97,8	0,19	11,2
$НСР_{0,5}$	**10,2**	**2,01**	**0,033**	**2,14**	**1,97**	**0,017**	**1,27**

Таблица 3. Потери элементов питания из пахотных почв Республики Беларусь (из слоя почвы 1,0–1,5 м), кг/га, средние значения за 1981–2020 гг. (опыт №1)

ство влажных лет составило 9 (22,5%), 10 были оптимальными (25,0%), слабозасушливых наблюдалось 14 (35,0%), засушливых – 5 (12,5%), очень засушливых – 2 (5,0%). Выпадение на поверхность почв атмосферных осадков (дождя, снега или града) способствует пополнению плодородного слоя различными соединениями, содержащимися в них. Сколько питательных элементов попало в почвы вместе с атмосферными осадками за годы проведения опытов, приведено в *табл. 2*. Установлено, что ежегодно с 1981 по 2020 гг. из атмосферы на поверхность почв в среднем выпало таким образом 12,38 кг/га азота нитратного ($N\text{-}NO_3$), 14,09 кг/га – аммонийного ($N\text{-}NH_4$), общего азота – 26,47 кг/га, калия (K_2O) – 9,95 кг/га, фосфора

(P_2O_5) – 1,13 кг/га. (Что касается $N\text{-}NO_2$, то его количество приведено по средним данным за менее продолжительный период наблюдений – 2016–2020 гг.).

Инфильтрация осадков из слоя глубиной 1,0–1,5 м, потери при вымывании основных элементов питания (азота, фосфора и калия) из наиболее распространенных почв республики (по лизиметрическому опыту №1), где под культуры севооборотов применяли одинаковые уровни органических и минеральных стандартных удобрений (среднегодовая доза внесения на дерново-подзолистых почвах составила 13,2 т/га органических удобрений + $N_{77,6}P_{66,5}K_{135,5}$ и на торфяной в севообороте – $N_{36,5}P_{67}K_{138}$), представлены в *табл. 3*.

За 40 лет наблюдений среднегодовой объем инфильтрации различался в основном в зависимости от типа и гранулометрического состава почв: минимальный наблюдался в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах (94,1 л/м^2), максимальный – в песчаных (209,1 л/м^2). Установлена такая же зависимость и в отношении потерь азота. Минимальные среднегодовые убытки общего азота в 1981–2020 гг. были из почвообразующей породы (13,8 кг/га, в том числе нитратного азота – 13,4 кг/га, аммонийного – 0,44 кг/га); далее следуют показатели по дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощных лессовидных суглинках почве – 14,9 кг/га (нитратного азота – 14,5, аммонийного – 0,43 кг/га). На той же дерново-подзолистой легкосуглинистой, но высокоокультуренной почве (агроземе) потери общего азота были больше – 21,6 кг/га (нитратного – 21,2 и аммонийного – 0,38 кг/га). Убывание общего азота из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, подстилаемой с глубины 0,75 м моренным суглинком или песком с 0,5 м, находилось в пределах от 26,6 до 30,8 кг/га; соответственно, из дерново-подзолистых связно-, рыхлосупесчаных почв – 31,9–39,3 кг/га; из дерново-подзолистой песчаной – 44,0, торфяной в севообороте – 44,6 кг/га. При этом следует отметить, что на долю нитратного азота приходилось от 96,8% (почвообразующая порода) до 98,2% (дерново-подзолистая легкосуглинистая, агрозем) – 98,3% (дерново-подзолистая связносупесчаная) *(табл. 3)*.

Потери фосфора при вымывании наблюдались незначительные и на исследуемых почвах составляли от 0,09 кг/га (дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая с 0,5 м рыхлым песком) до 1,04 кг/га (дерново-подзолистая легкосуглинистая, агрозем). Максимальные потери калия

Почва	Стоимость потерь при вымывании элементов питания, руб./га и долл./га					
	Азотные		Фосфорные		Калийные	
	Руб./га	Долл./га	Руб./га	Долл./га	Руб./га	Долл./га
Дерново-палево-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном легком суглинке, лиз. 1, 2	21,8	7,2	0,734	0,24	1,66	0,55
Дерново-палево-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном легком суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	31,4	10,4	6,361	2,10	3,14	1,03
Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12	20,2	6,6	0,918	0,30	2,84	0,93
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидном легком суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4		14,8	0,734	0,24	1,98	0,65
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидном легком суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	38,8	12,8	0,551	0,18	2,26	0,74
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	57,2	18,9	1,376	0,45	2,91	0,96
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	46,4	15,3	0,489	0,16	8,73	2,88
Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на водно-ледниковом связном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком, лиз. 13–16	64,1	21,1	0,856	0,28	12,12	4,00
Торфяная низинная, среднемощная, развивающаяся на древесно-осоковом торфе, лиз. 23, 24	64,9	21,4	1,162	0,38	2,81	0,93

Таблица 4. Потери элементов питания при вымывании из пахотных почв Республики Беларусь в денежном выражении, руб./га и долл./га (по средним данным за 1981–2020 гг., лизиметрический опыт №1)

Таблица 5. Влияние системы удобрения на изменение инфильтрации атмосферных осадков (слой 1,0–1,5 м) и потери элементов питания в пахотных дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, 1991–2020 гг. (лизиметрический опыт №2)

Почва	Инфильтрация, л/ м² (за 1981–2020 гг.)	Потери при вымывании, кг/га					
		1981–2020 гг.			$N\text{-}NO_3$, % от N общ.	P_2O_5	K_2O
		$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	N общ,			
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном легком суглинке							
$N_{90}P_{49}K_{118}$	73,2	13,2	0,91	14,1	93,6	0,102	16,1
$N_{110}P_{60}K_{144}$	81,1	18,6	1,11	19,7	94,4	0,122	19,3
$НСР_{0,5}$	5,8	1,21	0,149	–	–	0,007	1,43
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, легком суглинке							
$N_{90}P_{49}K_{118}$	121,8	26,0	2,66	28,7	90,6	0,084	27,5
$N_{110}P_{60}K_{144}$	125,4	30,2	3,53	33,7	89,6	0,186	30,1
$НСР_{0,5}$	8,8	1,93	0,215	–	–	0,009	2,33

Таблица 6. Стоимость потерь элементов питания при разных уровнях применения минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах (по средним данным за 1991–2020 гг.)

Почва		Стоимость потерь при вымывании элементов питания, руб./га и долл./га					
		Азотные		Фосфорные		Калийные	
		Руб./га	Долл./га	Руб./га	Долл./га	Руб./га	Долл./га
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном легком суглинке	$N_{90}P_{49}K_{118}$	20,6	6,8	0,624	0,21	4,0	1,3
	$N_{110}P_{60}K_{144}$	28,7	9,5	0,746	0,25	4,8	1,6
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком легком суглинке	$N_{90}P_{49}K_{118}$	41,8	13,8	0,514	0,17	6,9	2,3
	$N_{110}P_{60}K_{144}$	49,2	16,2	1,138	0,38	7,6	2,5

при вымывании – на дерново-подзолистых песчаных (48,3 кг/га) и дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками (34,8 кг/га) грунтах. Эти данные свидетельствуют, что на почвах легкого гранулометрического состава не рекомендуется внесение калийных удобрений с осени, так как их потери при вымывании значительны.

В денежном выражении убытки на 1 га (в ценах на 01.08.2023 г. при курсе доллара 3,0344 бел. руб.) составили:

- **азота** *при применении азотных удобрений в форме карбамида – от 21,8 руб./га (7,2 долл.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве до 64,1 (песчаная) и 64,9 (торфяная) руб./га (21,1 и 21,4 долл. соответственно);*
- **фосфора** *при внесении аммонизированного суперфосфата – от 0,489 до 6,361 руб./га, или от 0,16 до 2,1 долл./га;*
- **калия** *– от 1,66 до 12,12 руб./га, или от 0,55 (легкосуглинистая) до 4,0 (песчаная) долл./га (табл. 4).*

Известно, что потери элементов питания значительно различаются в зависимости от уровней применения минеральных удобрений [16]. Приводим данные (в *табл. 5*), полученные в результате лизиметрического опыта №2 в период с 1991 по 2020 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах при оптимальном и повышенном уровнях использования удобрений, подтверждающие вышеуказанную закономерность.

Установлено, что на инфильтрацию атмосферных осадков системы удобрения оказывали меньшее влияние, чем гранулометрический состав почв. В 1991–2020 гг. среднегодовая инфильтрация атмосферных осадков из слоя 1,0–1,5 м в дерново-подзолистых легкосуглинистых почв в вариантах с разными дозами (оптимальными – $N_{90}P_{49}K_{118}$ (сумма 257 кг/га д.в.) и повышенными – $N_{110}P_{60}K_{144}$ (сумма 314 кг/га д.в.) составила 73,2 и 81,1 л/м² соответственно; на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками почвах – 121,8 и 125,4 л/м² *(табл. 5)*.

При вымывании из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (слой 1,0–1,5 м) при оптимальном уровне применения минеральных удобрений потери $N\text{-}NO_3$ составляли 13,2 кг/га, $N\text{-}NH_4$ – 0,91 кг/га, азота общего (N общ.) – 14,1 кг/га, фосфора (P_2O_5) – 0,102 кг/га, калия (K_2O) – 16,1 кг/га; из дерново-подзолистой рыхлосупесчаной – 26,0 и 2,66 кг/га, 28,7, 0,084, 27,5 кг/га соответственно. При повышенной дозировке минеральных удобрений увеличился как объем инфильтрации с атмосферными осадками, так и потери при вымывании элементов на обеих почвах, в том числе общего азота – в 1,17–1,40 раза, калия – в 1,1–1,2. Вымывание фосфора также повысилось, но его количество столь мало, что делать выводы считаем нецелесообразным *(табл. 5)*.

Убытки при вымывании основных элементов в денежном выражении на 1 га (в ценах на 01.08.2023 г. и курсе доллара, равном 3,0344 бел. руб.) составили: при применении минеральных удобрений в оптимальных дозах ($N_{90}P_{49}K_{118}$), в том числе азотных удобрений в форме карбамида на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, – от 20,6 руб./га (6,8 долл.), на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве – 41,8 руб./га (13,8 долл.). При дозе $N_{110}P_{60}K_{144}$ 4 эти показатели, соответственно, 28,7 руб./га (9,5 долл./га) и 49,2 руб./га (16,2 долл./га).

Потери фосфора в денежном выражении на исследуемых почвах были незначительными и составляли при первой дозе от 0,514 до 0,624, при второй – от 0,746 до 1,138 руб./га, или от 0,17 до 0,38 долл./га. Стоимость вымытого водами калия находилась в пределах 4,0–7,6 руб./га, или от 1,3 до 2,5 долл./га, в зависимости от доз применяемых калийных удобрений и почв *(табл. 6)*.

В *табл. 7* приведены данные по потерям, полученным в лизиметрическом опыте №3, и их стоимости. Опыт проводился на полугидроморфных почвах при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей с 1981 по 2016 г. (в 2017 г. производился ремонт лизиметров на этих почвах).

Данные *табл. 7* показывают, что и на этих типах почв инфильтрация атмосферных осадков, потери элементов питания и, соответственно, стоимость этих потерь в денежном выражении различалась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв.

Сравнительный анализ полученных данных приводит к следующим выводам.

- *Среднегодовое количество* (за 1981–2020 гг.) элементов питания, поступающих с атмосферными осадками на поверхность почв, составляло: $N\text{-}NO_3$ – 12,38 кг/га, $N\text{-}NH_4$ – 14,09 и общего азота – 26,47 кг/га, калия (K_2O) – 9,95 кг/га, фосфора (P_2O_5) – 1,13 кг/га.
- *Общий объем инфильтрации атмосферных осадков и потери азота* при вымывании изменялись в зависимости от типа и гранулометрического состава почв: минимальные среднегодовые потери общего азота в среднем за 1981–2020 гг. были из почвообразующей породы (13,8 кг/га, в том числе нитратного азота – 13,4 кг/га, аммонийного – 0,44 кг/га); из дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощных лессовидных суглинках почве – 14,9 кг/га (14,5 и 0,43 кг/га). На агроземе – дерново-подзолистой легкосуглинистой, но высокоокультуренной почве – потери общего азота увеличивались и составили 21,6 кг/га (21,5 и 0,38 кг/га); на дерново-подзолистых легкосуглинистых, подстилаемых с глубины 0,75 м моренным суглинком, а также песком с 0,5 м, они находились в пределах от 26,6 до 30,8 кг/га; соответственно, дерново-подзолистой связно-, рыхлосупесчаной вымывалось 31,9–39,3 кг/га; из дерново-подзолистой песчаной – 44,0, торфяной в севообороте – 44,6 кг/га.

Почва	Инфильтрация, л/м² (1981-2020 гг.)	Потери при вымывании, кг/га			Стоимость потерь при вымывании элементов питания, долл.		
		N общ.	P_2O_5	K2O	N общ.	P_2O_5	K_2O
Дерново-глеевая, лиз. 17, 18	117,2	9,5	0,117	8,1	4,6	0,24	0,67
Торфянисто-глеевая, лиз. 19, 20	101,6	29,0	0,103	7,7	13,9	0,21	0,64
Торфяная низинная, лиз. 21, 22	90,4	39,4	0,154	6,7	18,9	0,31	0,55
НСР0,5	3,76	1,85	0,0071	0,55			

Таблица 7. Изменение инфильтрации атмосферных осадков и потери при вымывании азота, фосфора и калия в дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных низинных почвах Беларуси при возделывании бобово-злаковых травосмесей (1981–2020 гг.)

- *Вымывание фосфора* наблюдалось незначительное: на исследуемых почвах оно составляло от 0,09 кг/га (дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая с 0,5 м рыхлым песком) до 1,04 кг/га (дерново-подзолистая легкосуглинистая, агрозем).
- *Калий максимально терялся* с осадками из дерново-подзолистых песчаных (48,3 кг/га) и дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками (34,8 кг/га) почв; для легкосуглинистых и связносупесчаных соответствующие показатели фиксировались на уровне от 6,6 до 11,6 кг/га.
- *Ущерб от потери элементов питания растений* на 1 га в денежном выражении (в ценах на 01.08.2023 г. и при курсе доллара, равном 3,0344 бел. руб.) составлял: при применении азотных удобрений в форме карбамида – от 21,8 руб./га (7,2 долл.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве до 64,1 и 64,9 руб./га (21,1 и 21,4 долл.) на песчаной и торфяной соответственно; потери фосфора на исследуемых почвах – от 0,489 до 6,361 руб./га, или от 0,16 до 2,1 долл./га; калия – от 1,66 до 12,12 руб./га, или от 0,55 (легкосуглинистая) до 4,0 (песчаная) долл./га.
- *Применение повышенных доз минеральных удобрений* при выращивании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах увеличивает потери общего азота в 1,17–1,40 раза (на 2,4–2,7 долл./га), калия – в 1,1–1,2 раза (на 0,2–0,3 долл./га).
- *При возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей* в монокультуре инфильтрация элементов питания зависит от типа почв: самое большое вымывание азота (29,0 и 39,4 кг/га, или 13,9 и 18,9 долл./га) отмечается на торфянисто-глеевых и торфяных низинных почвах, а калия (K_2O) – на дерново-глеевых (8,1 кг/га, или 0,67 долл. /га).

Таким образом, исследование колебаний уровня питательных компонентов сельскохозяйственных угодий страны даст возможность рассчитать дозировку применяемых удобрений для различных видов не только культивируемых культур, но и типов почв, на которых планируется их выращивание. Кроме того, знание о потерях главных элементов питания растений при вымывании из автоморфных дерново-подзолистых, полугидроморфных и гидроморфных почв полезно для определения затрат, необходимых для поддержания плодородия, и минимизации расходов при сохранении либо повышении урожайности в хозяйствах, что, безусловно, положительно скажется на продовольственной безопасности нашей страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безлюдный Н.Н. Потери азота из дерново-подзолистых почв БССР при инфильтрации атмосферных осадков // Экологические последствия применения агрохимикатов (удобрения): тез. докл. Всесоюз. рабочего совещ. по междунар. программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» Проект 9-а «Экологическая оценка последствия использования удобрений в наземных и пресноводных экосистемах». – Пущино, 1982. С. 74–75.
2. Бобрицкая М.А. Вынос элементов питания растений из почвы при инфильтрации осадков в зоне достаточного увлажнения / М.А. Бобрицкая, Н.Н. Москаленко // Агрохимия. 1966. №10. С. 126–150.
3. Борисова Л.М. Влияние длительного применения разных систем удобрений в овощном севообороте на накопление, миграцию и потери азота в аллювиальной луговой почве / Л.М. Борисова, В.А. Борисов // Агрохимия. 1986. №3. С. 3–7.
4. Кирюшин В.И. О нисходящей миграции нитратов в черноземах Сибири при сельскохозяйственном использовании / В.И. Кирюшин, Г.И. Ткаченко // Почвоведение. 1986. №2. С. 34–44.
5. Миграция питательных веществ в почвах Республики Беларусь / Г.В. Пироговская [и др.] // Агрохимический вестник. 2002. №4. С. 23–25.
6. Пироговская Г.В. Изменение климатических условий и их влияние на продуктивность сельхозкультур в Беларуси // Наука и инновации. 2013. №12 (130). С. 61–65.
7. Пироговская Г.В. Инфильтрация атмосферных осадков в пахотных почвах Республики Беларусь при длительном сельскохозяйственном использовании (по данным лизиметрических исследований 1981–2012 г.) // Почвоведение и агрохимия. 2015. №1 (54). С. 179–189.
8. Пироговская Г.В. Миграция и баланс азота в дерново-подзолистых почвах при разных уровнях применения азотных удобрений (по данным лизиметрических исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии») / Г.В. Пироговская, О.П. Сазоненко // Почвоведение и агрохимия. 2011. №2 (47). С. 149–164.
9. Сазоненко О.П. Интенсивность миграции химических элементов в дерново-подзолистых почвах при разных формах и уровнях применения азотных удобрений в звене севооборота : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.04 / О.П. Сазоненко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006.
10. Умарова А.Б. Почвенно-экологический мониторинг процессов переноса воды и веществ в модельных дерново-подзолистых почвах в условиях многолетнего лизиметрического опыта: автореф. дис. … канд. биол. наук : 06.01.03 / А.Б. Умарова; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 1995.
11. Пироговская Г.В. Поступление, потери элементов питания растений в системе «атмосферные осадки – почва – удобрение – растение» / Г.В. Пироговская. – Минск, 2018.
12. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина; под ред. А.П. Шицковой. – М., 1990.

Статья поступила в редакцию 28.08.2023 г.

Summary. The article presents the results of long-term lysimetric studies (for 1981–2020) on the influx of atmospheric precipitation onto the surface of the most common soils of the Republic of Belarus, their migration and transformation in soil solutions, the loss of nutrients (total nitrogen, nitrate and ammonium, phosphorus (P_2O_5) and potassium – K_2O) from a soil layer of 1.0–1.5 m into the environment when used in crop rotations when cultivating agricultural crops of standard and new forms of fertilizers in optimal and increased doses, as well as standard fertilizers under a monoculture of perennial legume-cereal grass mixtures, with an assessment their economic damage in the system «atmospheric precipitation – soil – fertilizer –plant».

Keywords: lysimetric studies, precipitation, infiltration, soil solutions, leaching losses, cost of battery losses.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-3-73-80

СТОЛПЫ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ

Продолжение. Начало в №№ 1–2, 2024 г.

Мемориальные доски как акт увековечения памяти имеют свою собственную автономную ценность. Это дань ученому, его творческому наследию, дань времени, в котором ему выпало служить прогрессу и будущему. Мы завершаем подборку мемориальных досок, установленных в память об ученых, представлением выдающихся белорусских исследователей-аграриев, посвятивших свою жизнь поиску истины, ради которой и существует наука. Этот след памяти о них – проводник их идей, дел, напоминание последующим поколениям, что прошлое не исчезает, не уходит в небытие, не теряется в суете настоящего, не подлежит забвению – оно сохраняется, транслируя свое присутствие на десятки, а то и сотни лет. Надеемся, что собранная информация станет побудительным мотивом для продолжения подобной коммеморативной практики.

Выдающиеся ученые-аграрии

АЛЬСМИК Петр Иванович
(27.02.1907–02.04.1992) – основоположник научной селекции картофеля в Беларуси, заслуженный деятель науки БССР, Герой Социалистического Труда, лучший изобретатель сельского хозяйства СССР, академик НАН Беларуси, член-корреспондент сельскохозяйственных наук ГДР, академик ВАСХНИЛ, профессор. Лауреат Сталинской премии, Государственной премии СССР. Награжден Орденами Ленина, Октябрьской революции, Отечественной войны II степени, 3 орденами Трудового Красного Знамени, Золотой медалью имени И.В. Мичурина и др.

Возглавлял лабораторию селекции картофеля Белорусского НИИ картофелеводства и плодоовощеводства, автор многочисленных трудов по селекции, генетике и семеноводству картофеля, создатель 30 высокопродуктивных и болезнеустойчивых сортов (Белорусский 3, 746–36, 5780, Трудовой, Партизан, Белорусский крахмалистый, Развариcтый и др.). Разработал учение о морфобиологических типах конституции растений и их взаимосвязи с продуктивностью, продолжительностью вегетационного периода и устойчивостью к вырождению, а также теорию поэтапной селекции с применением накапливающих скрещиваний. Обосновал и разработал методические подходы к созданию высокопродуктивных устойчивых сортов на основе морфобиологических особенностей картофеля. За исследования, представленные при защите кандидатской диссертации, П.И. Альсмику присвоили ученую степень доктора сельскохозяйственных наук, что бывает весьма редко.

Им опубликовано свыше 100 научных работ, которые охватывают все научные и производственные проблемы отрасли картофелеводства. Подготовил школу талантливых селекционеров и семеноводов.

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (г. Горки) на аллее Героев Советского Союза и Социалистического Труда в его честь посажен каштан и установлен мемориальный знак, а в агрогородке Самохваловичи Минского р-на его именем названа улица.

КУЛАКОВСКАЯ Тамара Никандровна
(17.02.1919–15.11.1986) – ведущий ученый-агрохимик, заслуженный деятель науки БССР, лауреат Государственной премии БССР, Герой Социалистического Труда, член-корреспондент Академии наук БССР, академик ВАСХНИЛ, член-корреспондент академии сельскохозяйственных наук ГДР, профессор, награждена орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, золотой и бронзовой медалями ВДНХ СССР.

Исследования, проведенные Т.Н. Кулаковской, позволили обогатить агрохимическую науку в области познания взаимосвязи между биологическими требованиями растений и внешними условиями их роста и развития, выявить факторы почвенной среды, существенно влияющие на питание растений. Будучи директором

Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, разрабатывала методы прогноза плодородия почв и урожаев сельскохозяйственных культур. Важная заслуга ученого – развитие нового направления агрохимической науки по оптимизации комплекса агрохимических свойств почв и управлению процессами формирования плодородия. Это направление нашло практическое отражение в государственных программах 1976–1980 и 1981–1985 гг.

Тамарой Никандровной опубликовано более 400 оригинальных научных работ, в том числе 4 монографии. Под ее руководством защитили кандидатские диссертации 30 соискателей ученой степени.

В честь Т.Н. Кулаковской установлены мемориальные доски в Минске на ул. Казинца, 62, где работала ученая, на ул. Кульман, 13, где она жила, в г. Унеча Брянской области на здании школы № 5, где училась.

КАРЛОВСКИЙ Владислав Филиппович
(25.09.1933–19.08.2010) – академик Аграрной академии наук, академик Национальной академии наук Беларуси, профессор. Награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», золотыми и серебряными медалями ВДНХ СССР.

Благодаря Владиславу Филипповичу появились поточные технологии гидромелиоративного строительства, обеспечивающие повышение качества и надежности мелиоративных систем. Под его руководством и при личном участии разработана система машин и механизмов для эксплуатации и строительства гидромелиоративных систем, создана и реконструирована научно-производственная база для научных исследований и внедрения завершенных НИР в производство (Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства, Витебская опытно-мелиоративная станция, Пружанская гидролого-гидромелиоративная станция, Озерный комплекс и др.).

Новизна и актуальность разработок защищена 26 авторскими свидетельствами на изобретения и патентами. В.Ф. Карловский опубликовал более 200 научных работ, в том числе 5 монографий, 12 рекомендаций, руководств, пособий, методических документов.

В аг. Богданово Витебской обл. установлена мемориальная доска и названа улица в честь ученого.

КОВАЛЕНКО Григорий Кондратьевич
(13.01.1926–30.11.1992) – известный селекционер, подаривший плодоводам немало новых сортов, кандидат сельскохозяйственных наук.

Профессиональная деятельность ученого связана с Белорусским НИИ плодоводства, овощеводства и картофеля. Г.К. Коваленко определен комплекс морфологических признаков для апробации сортов яблони в питомнике; на основе изучения более 400 ее сортов различного генетического и географического происхождения выделены и использованы в селекционном процессе 215, в том числе олигогенные доноры иммунитета к парше, что позволило создать уникальный гибридный фонд, представленный почти 300 тыс. сеянцев, из которого 19 впоследствии стали сортами. Автор 19 сортов яблони и 1 груши; 15 научных работ, соавтор 2 книг.

В честь Г.К. Коваленко названа улица в аг. Самохваловичи Минского р–на, сорта яблони Коваленковское и Память Коваленко.

ЛОЙКО Ромуальд Эдуардович
(16.10.1937–29.06.2004) – селекционер, действительный член Московского общества испытателей природы, доктор сельскохозяйственных наук.

Под руководством и при непосредственном участии Р.Э. Лойко в Белорусском НИИ плодоводства, овощеводства и картофеля сформированы коллекции теплолюбивых культур (виноград, абрикос и орех грецкий), проведена их комплексная оценка, создан гибридный фонд, из которого впоследствии были выделены первые отечественные сорта; разработаны режимы хранения плодов и овощей; рецептуры консервов, в том числе и для профилактического питания. Один из инициаторов создания Музея истории плодоводства в Беларуси.

Автор 15 сортов: 4 – винограда, 4 – ореха грецкого, 6 – абрикоса, 1 – персика. Написал более 300 научных работ, включая 16 книг.

Подготовил 4 кандидата наук.

Именем ученого названа улица в аг. Самохваловичи Минского р–на, сорта абрикоса и персика.

МАЦЕПУРО Михаил Ефремович
(21.11.1908–31.10.1971) – заслуженный деятель науки и техники БССР, лауреат Ленинской и двух Государственных премий СССР, академик АН БССР и ВАСХНИЛ, профессор.

Будучи директором Белорусской научно-исследовательской станции механизации и электрификации сельского хозяйства, провел большую работу по созданию и внедрению в производство котлов-парообразователей, кормозапарников, тракторных картофелеуборочных машин. В начале 1950-х гг. по его инициативе построен цех для изготовления экспериментальных машин (ныне – «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»), сконструированных в институте. Инициировал создание Западной машинно-испытательной станции. Благодаря усилиям М.Е. Мацепуро в республике была решена проблема подготовки инженеров для села и научных кадров высшей квалификации. Им подготовлено более 100 кандидатов и 7 докторов наук. Многие ученики академика М.Е. Мацепуро сформировали научные школы, получившие признание. Разработал и внедрил технологии и комплекс машин для возделывания кок-сагыза как сырья для шинной промышленности.

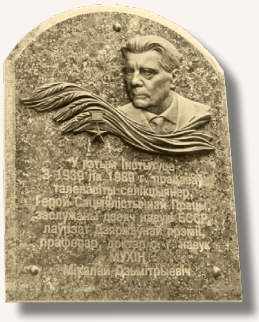
Является автором более 130 научных работ, в том числе 5 монографий.

В деревне Барбаров Наровлянского р–на Гомельской обл., где родился ученый, его именем названа улица. По ул. Кнорина, 1 в Минске в его честь установлена мемориальная доска.

МУХИН Николай Дмитриевич
(15.12.1907–03.03.1996) – ведущий ученый–селекционер нашей страны, заслуженный деятель науки БССР, лауреат Государственной премии Республики Беларусь, Герой Социалистического Труда, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Отечественной войны 2–й степени, Красной Звезды, Дружбы народов, двумя орденами Трудового Красного Знамени и «Знак Почета», Орденом ГДР «Звезда дружбы между народами».

Около полувека трудился в области селекции, генетики и семеноводства зерновых культур, разработал новые сорта и эффективные методы, позволившие коренным образом улучшить сортимент зерновых культур Беларуси. В 1970–1978 гг. руководил Западным селекционным центром по зерновым, зернобобовым и крупяным культурам, в который входили Белорусский НИИ земледелия, Литовский НИИ земледелия, Приекульская и Стендская селекционно-опытные станции (Латвия), Йыгевасская селекционно-опытная станция (Эстония). Под его руководством и при непосредственном участии создано и внедрено в сельскохозяйственное производство 27 сортов зерновых, зернобобовых и крупяных культур, в том числе сорт озимой тетраплоидной ржи Белта, признанный шедевром мирового растениеводства. Автор и соавтор сортов озимой ржи Дружба, Белорусская 23, Верасень, озимой пшеницы Березина, Надея, ярового ячменя Белорусский 18, Сувенир, яровой пшеницы Белорусская 525, Минская, гречихи Искра, Юбилейная, красного клевера Заозерский.

Автор более 200 печатных работ, посвященных селекции зерновых культур. Воспитал плеяду талантливых исследователей – 32 кандидата и 2 доктора сельскохозяйственных наук.



На здании административного корпуса РУП «Научно–практический центр НАН Беларуси по земледелию» в г. Жодино Минской обл. по ул. Тимирязева, 1 установлена мемориальная доска.

САМЕРСОВ Вилор Фридманович
(24.07.1937–19.04.1999) – заслуженный деятель науки Республики Беларусь,член–корреспондент Российской сельскохозяйственной академии наук, академик Академии аграрных наук Республики Беларусь, профессор.

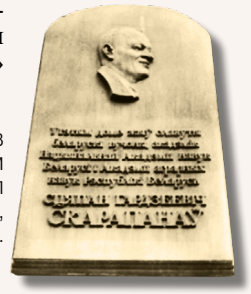
Вилор Фридманович – основоположник интегрированных систем защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков. Под его научным руководством в борьбе с вредными организмами стали применять экологические понятия и методы, выполнены фаунистические исследования, выявлена структура доминирования вредителей в разных агроклиматических зонах Беларуси, определено влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на динамику численности и вредоносность агрофагов. Руководил Белорусским научно-исследовательским институтом защиты растений более 20 лет. Координировал работу по защите растений в Беларуси и странах Прибалтики, входивших в состав Западного отделения ВАСХНИЛ. Под его руководством сформирована научная школа энтомологов. Научные исследования В.Ф. Самерсова отражены в 582 его публикациях и 7 монографиях. В 1992 г. он был включен в Международный биографический справочник «Человек года» в серии «Who is who of intellectuals».

В агрогородке Прилуки Минского р–на улица, на которой проживал В.Ф. Самерсов, названа в его честь.

СКОРОПАНОВ Степан Гордеевич
(07.11.1910–11.06.1999) – заслуженный деятель науки БССР, академик АСХН БССР, академик АН БССР и ВАСХНИЛ, член–корреспондент Академии сельскохозяйственных наук ГДР. Награжден орденами Октябрьской Революции, Красного Знамени, Красной Звезды, «Знак Почета», Дружбы народов, двумя орденами Ленина и Отечественной войны I степени, а также медалями.

С. Г. Скоропанов разработал теоретические основы и практические приемы рационального использования мелиорированных органогенных почв, занимался проблемами почвоведения, мелиорации, общего земледелия, луговодства, кормопроизводства и т.д.

Опубликовал более 600 научных и научно-популярных работ, в том числе 15 монографий. Книга «Освоение и использование торфяно-болотных почв» получила широкую известность за рубежом и переиздана на английском языке в Иерусалиме. Под руководством ученого защищены 41 кандидатская и докторская диссертации. Был главным редактором журнала «Известия» АН БССР.



В его честь установлены мемориальные доски в г. Минске на здании Института мелиорации по ул. Некрасова 39–2 и на доме, где жил Степан Гордеевич, на пр. Независимости, 12.

СЕВЕРНЕВ Михаил Максимович
(21.11.1921–04.04.2012) – академик НАН Беларуси и ВАСХНИЛ, профессор, лауреат Государственной премии БССР. Награжден орденами Красной Звезды, Отечественной войны I степени, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени (дважды), «Знак Почета», а также медалями.

В 1955 г., будучи заведующим лабораторией Института механизации сельского хозяйства, начал работать над проблемами износа и долговечности сельскохозяйственной техники. Его рекомендации и руководства по ремонту и хранению сельскохозяйственной и мелиоративной техники, каталоги деталей и нормативная документация широко внедрялись в производство. М.М. Севернев многое сделал для индустриализации села. Михаил Максимович – автор разработки жатки ЖСК и технологии уборки полегших зерновых, разрабатывал и внедрял ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве.

Главное достижение М.М. Севернева – создание крупной научной школы: им подготовлено 5 докторов и 42 кандидата наук. Подготовленная им и его учениками монография «Износ деталей сельскохозяйственных машин» дважды переиздавалась за рубежом.

В память о знаменитом выпускнике на его малой родине, в средней школе села Головчин установлена мемориальная доска.

Наталья МИНАКОВА
Фото Ирины РУБИНОВОЙ

Contents

№3 **(253)** 2024

Anatoly Krivarot
To hold the German army group «Center» **4**
The second material of the joint project of the journal «Science and Innovation» and the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus «Liberation. Chronicle of events», reveals the details of the offensive operations of the Red Army in the Vitebsk, Bogushevsk, Orsha areas in March - April 1944.

Natalia Minakova
Protection on of endangered species: legal perspective **10**
The material examines the mechanisms of protection of certain species of animals and plants.

Arkady Skuratovich, Sergey Savchuk
The Red Book: history, traditions, experience, novelty **12**
The article emphasizes the need to establish long-term monitoring and measures for the renaturalization of flora representatives that are in an endangered state in Belarus.

Maxim Koloskov
Preparation for the Red Book, 5th edition: animals **18**
The author justifies the need to compile lists of protected animals and plants for the further maintenance of biological diversity.

Irina Voznyachuk
Monitoring of protected species of plants and fungi **22**
A strategy for the conservation of rare and endangered species of plants and fungi is presented, which provides the population principle of their protection in natural habitat as a priority direction.

Alexander Kilchevsky, Natalia Savina, Svetlana Kubrak, Elena Makeeva
Genetic research in biology diversity **27**
The paper deals with the bioresource collections creation, as well as the role of molecular genetic methods for studying biological diversity.

Pavel Heshtaut, Vasili Shakun
Experience in conservation and management of bison population in Belarus **32**
The authors consider the state of the bison population in the world and Belarus and state the most pressing problems associated with the conservation and management of the population.

Anatoly Kulak
New information on the biology and distribution of *Zerynthia polyxena* (Denis et Schiffermüller, 1775) in Belarus **36**
The author provides new information on the distribution and population dynamics of polyxena – Zerynthia polyxena on the territory of Belarus.

Tatsiana Lipinskaya, Tatsiana Zheleznova, Vitaliy Semenchenko
Biological invasions: distribution and regulation **41**
The article deals with the global problem of biological invasions and specifically invasive alien species in the fauna of Belarus.

Valery Hancharou, Natallia Yankevich
Technological aspects of electromobility. *(Part 1)* **45**
The first part of the review of global trends in the electric transport development examines factors influencing the pricing policies of companies, improving existing batteries and creating new types.

Zhang Kang, Vadim Golik
China Automotive Market Development Trends **50**
The main trends characteristic of the China automotive industry are presented: electrification, intellectualization, internetization and sharing.

Zhanna Komarova
Formation of the digital ecosystem **55**
Director of the Center for Digital Development Igor Mikhailovsky talks about the formation and development of the domestic digital economy ecosystem and the challenges facing the organization.

Alesia Salavei
Women in the personnel potential of Belarusian science: a comparative analysis **60**
The author considers the changed proportion of women scientists in the personnel of Belarusian science over the last quarter of a century.

Vladimir Sarvanov, Evgeny Makarov
How to choose the right one from 100,000,000,000 options if you only have time to go through 100 of them? **64**
The first material of a new series in which Belarusian mathematicians, in the framework of the joint project, will introduce the reader to the amazing history of the inventions of their scientific colleagues.

Halina Pirahouskaya
Leasing of nutrients from soils: economic aspect **73**
Based on long-term observations, the dynamics of the useful substances supplied by the atmospheric precipitation to different types of soils in Belarus and the amount of their loss under the influence of natural factors are analyzed.

Natalia Minakova
Anthology of Science **80**
The final part of the selection of commemorative practices is related to outstanding representatives of agricultural science in Belarus.

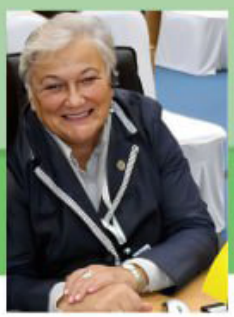
НКЦГР

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ И ЦИТОЛОГИИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Национальный координационный центр по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод

БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод

Тел.: +375 17 399-85-75



Руководитель:

кандидат биологических наук, доцент

МАКЕЕВА Елена Николаевна

E-mail: e.makeyeva@igc.by; belarusnpabs@gmail.com
Веб-сайт: https://abs.igc.by/

ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ:

РАЗРАБОТАН ПРАВОВОЙ ПОРЯДОК ДОСТУПА К ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА.

ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПОДГОТОВКА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ О ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛОЖЕНИЙ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.

ОКАЗЫВАЕТСЯ СОДЕЙСТВИЕ МИНИСТЕРСТВУ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ПОДГОТОВКЕ ПРОЕКТА ЗАКОНА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ «ОБ ОБРАЩЕНИИ С ГЕНЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ» И ПОДЗАКОННЫХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ.

РЕАЛИЗОВАНЫ ПРОЕКТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ:
- «ГЛОБАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА РАТИФИКАЦИИ И ВСТУПЛЕНИЯ В СИЛУ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА О ДОСТУПЕ И СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫГОД» (ЮНЕП-ГЭФ, 2014 ГОД);
- «ПОДДЕРЖКА ПОДГОТОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ДОКЛАДА ОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА В БЕЛАРУСИ» (ЮНЕП-ГЭФ, 2018 ГОД);
- «УКРЕПЛЕНИЕ ЛЮДСКИХ РЕСУРСОВ, ПРАВОВОЙ БАЗЫ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА», ГЛОБАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ (ПРООН-ГЭФ, 2018 – 2019 ГОДЫ).

ПРОЕКТ «РЕИНТРОДУКЦИЯ ПОЛЕССКОЙ ЛОШАДИ» ВКЛЮЧЕН В ЕВРОПЕЙСКУЮ СЕТЬ РЕВАЙЛДИНГА (EUROPE REWILDING NETWORK), 2021 ГОД.

ОРГАНИЗОВАНЫ И ПРОВЕДЕНЫ РЕГИОНАЛЬНЫЙ КРУГЛЫЙ СТОЛ ИНИЦИАТИВЫ «БИОМОСТ» (33 УЧАСТНИКА ИЗ 12 СТРАН И 11 МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ), ТРЕНИНГОВЫЙ КУРС «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗУЧЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ВИДОВ» (40 УЧАСТНИКОВ ИЗ 7 СТРАН), ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР «РАЗРАБОТКА МЕР ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НАГОЙСКОГО ПРОТОКОЛА» И ЕЩЕ ДЕСЯТКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ И ОБЩЕСТВЕННОСТИ О НАГОЙСКОМ ПРОТОКОЛЕ И ПОРЯДКЕ ДОСТУПА К ГЕНЕТИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.

ПОДГОТОВЛЕН И ОПУБЛИКОВАН СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОНВЕНЦИИ ООН О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ, НАГОЙСКОМ ПРОТОКОЛЕ, КАРТАХЕНСКОМ ПРОТОКОЛЕ И ДРУГИХ КОНВЕНЦИЯХ, ПРОТОКОЛАХ, ДОГОВОРАХ, СОГЛАШЕНИЯХ, «БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ТРАДИЦИОННЫЕ ЗНАНИЯ. БИОБЕЗОПАСНОСТЬ», 2019 ГОД.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

НКЦГР создан в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 октября 2014 г. № 933. Руководителем НКЦГР со дня его создания является к.б.н., доцент Е.Н. Макеева.

НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Определение правового порядка доступа к генетическим ресурсам в Республике Беларусь в соответствии с Нагойским протоколом регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения к Конвенции ООН о биологическом разнообразии;
- Взаимодействие с координационными центрами других стран, Секретариатом Конвенции ООН о биологическом разнообразии и другими международными организациями по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод;
- Предоставление информации заинтересованным лицам по вопросам доступа к генетическим ресурсам и условий их использования, повышение осведомленности как в этой области, так и по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия в целом, в том числе посредством поддержания в актуальном состоянии вебсайта НКЦГР;
- Размещение информации о выполнении положений Нагойского протокола в Республике Беларусь и передаче генетических ресурсов на интернет-портале Механизма посредничества по Нагойскому протоколу.

Академическая наука: история и люди. Вып. 5. Актуальные проблемы истории и культуры / сост.: М. В. Глеб [и др.] ; Институт истории НАН Беларуси. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 353 с.

ISBN 978-985-08-3106-4.

Сборник включает материалы по истории развития академической науки Беларуси и России с конца XVIII в. до настоящего времени, а также исследования личности ученого, специфики и значения его деятельности.

Рекомендован профессиональным историкам, специалистам в области исто-рии науки, преподавателям, студентам, а также всем, кто интересуется историей.

Новые форматы белорусско-китайского экономического сотрудничества как фактор обеспечения национальной безопасности / Т. С. Вертинская [и др.] ; науч. ред. Т. С. Вертинская ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 432 с. – (Белорусская экономическая школа).

ISBN 978-985-08-3107-1.

Коллективная монография посвящена вопросам укрепления экономического сотрудничества между Беларусью и Китаем на платформе Евразийского экономического союза. Представлены авторские методические разработки по оценке потенциала торгового сотрудничества между Республикой Беларусь и КНР в условиях санкционной политики. Проведен анализ структур-ной трансформации китайской экономики на основе трехсекторной модели экономического развития. Разработан комплекс мер реализации новых фор-матов белорусско-китайского экономического сотрудничества в условиях евразийской интеграции; предотвращения и минимизации угроз экономи-ческой безопасности в сфере транспортно-логистического сотрудничества Беларуси и Китая.

Рекомендуется научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам, маги-странтам и студентам учреждений высшего образования, а также руководи-телям всех уровней государственного управления и специалистам в области национальной безопасности.

Слоўнік беларускай мовы / Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т мовазнаўства імя Якуба Коласа ; уклад.: В. П. Русак [і інш.] ; навук. рэд. В. П. Русак. – Мінск : Беларуская навука, 2024. – 915 с.

ISBN 978-985-08-3088-3.

Найбольш поўнае акадэмічнае выданне слоўніка падрыхтавана з улікам моўнай практыкі і тых тэндэнцый, што праявіліся ў сістэме літаратурнай мовы ў першай чвэрці новага тысячагоддзя. У аснову рэестра слоўніка, які ўключае каля 150 тыс. слоў, пакладзены рэестр «Слоўніка беларускай мовы» 2012 года выдання, дапоўнены лексікай, што ўвайшла ва ўжытак у апошнія дзесяцігоддзі, а таксама лексікай, якая можа вызваць цяжкасці пры нарматыўным напісанні.

Разлічаны на мовазнаўцаў, настаўнікаў беларускай мовы, выкладчыкаў і студэнтаў філалагічных факультэтаў, журналістаў, пісьменнікаў, рэдактараў і ўсіх, хто карыстаецца беларускай мовай.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу
- по медицине
- искусствоведению
- литературоведению
- языкознанию
- этнографии
- фольклору
- естественным наукам

принимает заказы на печать
- бланки формата A_5, A_4, A_3
- грамоты • дипломы
- канцелярские книги
- блокноты • блоки для записей
- календари • буклеты
- проспекты *(с разработкой дизайна)*

тираж от 1 экземпляра

Получить информацию об изданиях и оформить заказ можно по телефонам: +375 (17) 396-83-27, 370-64-17, 320-33-74.
Адрес: ул. Ф. Скорины, 40, 220084, г. Минск, Республика Беларусь;
e-mail: belnauka@mail.ru;
сайт: www.belnauka.by