

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
НАУК БЕЛАРУСИ:
ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

4

НА ПУТИ
К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
СУВЕРЕНИТЕТУ

22

КОСМИЧЕСКИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ
ЗЕМНЫХ ЗАДАЧ

71

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ПЛАЗМА
В НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

78

Наука и инновации

№10 (236)
ОКТАБРЬ 2022

научно-
практический
журнал



ДЕНЬ
НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ

ISSN 1818-9857



9 1771818 985001 10

ISSN 2412-9372 (online)

28-я Международная специализированная
оптовая выставка-ярмарка

PROD EXP

15-18 ноября 2022

г. Минск, пр-т Победителей, 14



prodexpo.by



Международный
дегустационный конкурс качества пищевой продукции

ПРОДЭКСПО-2022

Традиции. Качество. Инновации

ГРУППЫ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ



ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ



МЯСНАЯ ПРОДУКЦИЯ,
В ТОМ ЧИСЛЕ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ



МОЛОЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ



КАРТОФЕЛЕПРОДУКТЫ



АЛКОГОЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ



КОНДИТЕРСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ



РУП «НПЦ НАН Беларуси
по продовольствию»



РУП «Институт мясомолочной
промышленности»



Государственное предприятие
«Белтехнохлеб»

Приглашаются к участию только
экспоненты выставки «ПРОДЭКСПО-2022»

ПОДРОБНОСТИ ТУТ:
[https://prodexpo.by/delovaya-programma/
mezhdunarodnyy-degustatsionnyy-konkurs](https://prodexpo.by/delovaya-programma/mezhdunarodnyy-degustatsionnyy-konkurs)
[https://new.belproduct.com/novosti/
konkurs-prodekspo-20221.html](https://new.belproduct.com/novosti/konkurs-prodekspo-20221.html)





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 – <i>председатель совета</i>	Н.С. Казак Э.И. Коломиец Ж.В. Комарова
П.А. Витязь – <i>зам. председателя</i>	С.А. Красный С.В. Кругликов Н.П. Крутько
В.В. Байнев	В.А. Кульчицкий
А.И. Белоус	М.В. Мясникович
В.Г. Богдан	О.Г. Пенязьков
И.В. Войтов	О.О. Руммо
И.Д. Волотовский	И.А. Старовойтова
С.В. Галоненко	И.П. Шейко
С.И. Гриб	А.Г. Шумилин
А.Е. Дайнеко	С.В. Харитончик

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василичина

Дизайн и верстка:

Алексей Петров

Адрес редакции:

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

Подписные индексы:

007 532 (ведомственная)

00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.

Тираж 516 экз. Цена договорная.

Подписано в печать 24.10.2022.

Издатель и полиграфическое

исполнение: РУП «Издательский дом «Беларуская навука».

Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.

ЛП №02330/455 от 30.12.2013.

г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №199.

© «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

ТЕМА НОМЕРА: ДЕНЬ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Владимир Гусаков

Национальная академия наук Беларуси: прошлое и настоящее 4

В материале, посвященном Дню Национальной академии наук представлен научный потенциал академической науки, ее ведущие ученые и научные школы по различным направлениям.

Александр Шумилин

Наука – неисчерпаемый источник инноваций 16

Отделение физики, математики и информатики НАН Беларуси представляет результаты фундаментальных исследований и разработок.

Сергей Щербаков

На пути к технологическому суверенитету 22

В статье представлены достижения и инновации Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, организации которого ориентированы на замещение критического импорта производственного оборудования, комплектующих, материалов, а также наращивание экспорта наукоемкой продукции и успешно справляются с этой задачей.

Валентина Рассадина, Жанна Анисова, Олег Баранов

Основные результаты научно-инновационной деятельности в области биологических наук 32

Приводятся главные достижения белорусских ученых, работающих в научных организациях Отделения биологических наук НАН Беларуси.

Василий Богдан

Приоритеты и перспективы академической медицинской науки 39

Описаны достижения и приоритетные направления научной деятельности в области здравоохранения.

Владимир Левашкевич

Значимые достижения химической науки и наук о Земле 45

Представлены важные достижения институтов Отделения химии и наук о Земле.

Александр Коваленя

Гуманитарная наука – беларускаму грамадству 48

Прадстаўлены дасягненні айчынай гуманітарныстыкі з нагоды святкавання Дня Нацыянальнай акадэміі навук.

Владимир Азаренко, Светлана Касьянчик

Высокозначимые разработки для сельского хозяйства 54

Дан обзор результатов научных исследований, проведенных организациями Отделения аграрных наук НАН Беларуси.

Оксана Сикорская, Мария Бовкунович

НАН Беларуси в специализированных системах оценки научных исследований 61

Анализируются результаты исследования, связанного с наукометрическими данными публикационной активности отечественных ученых, цитируемостью их статей и степенью интереса к разрабатываемым научным проблемам на международном уровне.

Римма Муравицкая, Дмитрий Бабарико

Публикационная активность отделения аграрных наук НАН Беларуси 64

Результатами внедрения научных достижений ученых-аграриев в мировое информационное пространство, степенью интереса зарубежных коллег к их разработкам и другими аспектами наукометрической статистики делаются аналитики крупнейшей сельскохозяйственной научной библиотеки.

ОТКРЫТЫЕ ДВЕРИ

Ирина Емельянович

Аэрокосмические горизонты ИТМО 68

Гость рубрики – Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, отметивший в этом году свое 70-летие.

Николай Павлюкевич

Теплофизические исследования для космоса 69

Представлен обзор исследований ученых ИТМО имени А.В. Лыкова по космической тематике.

Юлия Василюшина

Космические возможности земных задач 71

Интервью с академиком Олегом Пенязьковым, директором Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси посвящено ключевым вопросам развития космической тематики в нашей стране и разработкам, осуществляемым в данной сфере специалистами Института.

Павел Гринчук, Андрей Акулич, Михаил Степкин, Михаил Кияшко, Дмитрий Соловей

Карбид кремния: от экстремальных задач на Земле до звездного неба над головой 74

Показаны достижения отделения теплофизики ИТМО имени А.В. Лыкова в сфере получения карбида кремния и изделий на его основе.

Валентин Асташинский

Высокоэнергетическая плазма в науке и технологиях 78

Представлены аэрокосмические приложения, разработанные сотрудниками лаборатории физики плазмы и плазменных технологий.



ДЕНЬ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ



УКАЗ
ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР

О награждении Академии наук
Белорусской ССР
ОРДЕНОМ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
За заслуги в развитии советской науки,
экономики и культуры, подготовку
высококвалифицированных научных кадров
наградить Академию наук Белорусской ССР
орденом Дружбы народов.

*Председатель Президиума
Верховного Совета СССР
Н. ПОДГОРНЫЙ*

*Секретарь Президиума
Верховного Совета СССР
М. ГЕОРГАДЗЕ*

*Москва, Кремль,
5 августа 1975 г.*



УКАЗ
ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР

О награждении Академии наук
Белорусской ССР
ОРДЕНОМ ЛЕНИНА
За заслуги в развитии советской науки,
экономики и культуры, подготовке
высококвалифицированных научных кадров
и в связи с 50-летием со дня образования
наградить Академию наук Белорусской ССР
орденом Ленина.

*Председатель Президиума
Верховного Совета СССР
Л. БРЕЖНЕВ.*

*Секретарь Президиума
Верховного Совета СССР
М. ГЕОРГАДЗЕ.*

*Москва, Кремль,
26 декабря 1978 г.*





Владимир Гусаков,
Председатель Президиума
Национальной академии наук
Беларуси, академик

13 октября 2022 г. все ученые нашей страны впервые отмечают новое знаковое событие. Для нас оно имеет особенное, символичное звучание. Ведь это – День рождения нашей Академии наук, которая заслужила, заработала каждодневным напряженным трудом право считаться одним из атрибутов белорусской государственности. И это не просто пафосные слова, это – отражение высокой миссии науки. Служить Отечеству и Интеллекту – вот подлинное назначение ученого.

Свою путевку в жизнь академическая наука получила 13 октября 1928 г. В соответствии с постановлением Совета Народных Комиссаров БССР проведена реорганизация первого национального научно-исследовательского центра страны – Института белорусской культуры – в Белорусскую академию наук.

И с текущего года эта дата станет нашим общим праздником, памятной датой для новых поколений исследователей – Днем Национальной академии наук Беларуси.

Белорусская земля издревле славилась своими мыслителями. Теми, кто торил дорогу в неизведанное. Всему миру известны имена Франциска Скорины, Сымона Будного, Казимира Семеновича, Мартина Почобут-Одляницкого, Игнатия Домейко. Их творческие озарения, прозорливые идеи, неустанный поиск нового и сейчас являются яркими примерами служения благородному делу приращения знаний. А мудрые предсказания стали вехами для создания поисковых направлений и современных научных школ.

Новейший этап обретения государственности и один из его символов – Институт белорусской культуры – известен уникальными исследованиями не только в области белорусской истории, культуры и языка, но и в таких важнейших для молодой республики вопросах, как размещение производительных сил, административно-хозяйственное районирование страны, геологические и гидрогеологические исследования и др.

Сейчас, в современной Национальной академии наук Беларуси, проектируя и создавая будущее, наряду с сохранением сложившихся научных школ, доказавших свой высочайший уровень, мы продолжаем создавать заделы по перспективным направлениям, которые будут доминировать в глобальной экономике. Это IT-сфера и цифровизация, искусственный интеллект и роботы, нано- и биотехнологии, композиты и сенсоры, ядерная и возобновляемая



энергетика, аддитивные технологии, тонкая химия, точное земледелие и многое другое.

За свою историю Академия наук показала впечатляющий рост. Начав работу с 15 научных сотрудников Инбелкульта и 128 ученых Белорусской академии наук, мы выросли до крупной корпоративной

**В СОВРЕМЕННОЙ
НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ МЫ
ПРОДОЛЖАЕМ
СОЗДАВАТЬ ЗАДЕЛЫ
ПО ПЕРСПЕКТИВНЫМ
НАПРАВЛЕНИЯМ, КОТОРЫЕ
БУДУТ ДОМИНИРОВАТЬ
В ГЛОБАЛЬНОЙ
ЭКОНОМИКЕ**

структуры, которая объединяет более 110 организаций с общей численностью около 15 тыс. человек. Прирост тысячекратный. А в научном плане, по результатам исследований – гораздо более того.

Перечислить все достижения, которые являются предметом законной гордости коллектива Академии наук, конечно же, не представ-

ляется возможным. Поэтому назову только важнейшие, те, что стали настоящими атрибутами Беларуси.

Прежде всего это космическая система дистанционного зондирования Земли, благодаря которой Беларусь стала космической державой. Созданные нами высокоэффективные системы электромагнитной защиты и системы управления позволили отечественному космическому аппарату отработать вдвое больше планового срока. За эти достижения коллективы ученых и практиков были удостоены

премии Союзного государства 2021 г. в области науки и техники. Специальные покрытия для спутниковой аппаратуры, разработанные академическими материологами, позволили

**ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
НЕТ «БЕЛЫХ ПЯТЕН»
НА КАРТЕ БЕЛОРУССКОЙ
ЭКОНОМИКИ**

японскому спутнику успешно выполнить миссию на Меркурий. В октябре 2021 г. человечество смогло увидеть космические снимки этого ближайшего спутника Солнца. А ведь это воплощение мечты тысяч и тысяч поколений людей, обращающих свои пытливые взоры к небу.

Если взять другую сторону – микромир, размерности атомов и субатомных частиц, то и здесь белорусские ученые по праву вошли в состав участников международных проектов, внося свою лепту в открытие бозона Хиггса. Изготовление и поставка для ускорителей частиц сверхпроводящих резонаторов – наш весомый вклад в создание установок «большой науки».

Безусловно, в контексте «географического приращения» следует назвать освоение белорусскими учеными Ледового континента – Антарктиды, где напряженно отработали уже 15 наших экспедиций.

Конечно, это и новейшие технологии в области атомной и возобновляемой энергетики. Развитие компонентной базы – двигателей, батарей, силовой электроники – и создание новых видов электротранспорта, от коммерческого (электробусы и грузовики) до легковых автомобилей и малого персонального. Продолжая линейку средств перемещения, назову беспилотные летательные комплексы, а сейчас, в содружестве с крупными предприятиями – беспилотные тракторы и карьерные самосвалы.

Нашей визитной карточкой всегда были оптика, оптоэлектроника, фотоника и СВЧ-электроника. Созданные в Академии наук заделы позволяют успешно решать вопросы формирования полномасштабной компонентной базы для микроэлектроники. Причем не только в Беларуси, но и в Союзном государстве, и ЕАЭС.

Важное направление, где компетенции белорусской академической науки бесспорны, – суперкомпьютерные технологии, от разработки аппаратной базы до программного обеспечения, сетевых ресурсов, баз данных. Эти системы решают прикладные задачи в интересах всех отраслей национальной экономики, обеспечивают работы в режиме электронного государства. В контексте цифровизации следует также выделить разрабатываемые Академией наук технологии искусственного интеллекта, нейронных систем, которые позволяют решать сложные инженерные задачи автоматизации и создания обучающей, промышленной и бытовой робототехники.

Нами сформирован национальный сегмент мировой научно-образовательной компьютерной грид-сети, интегрированный в общее информационно-вычислительное пространство Союзного государства и общеевропейскую компьютерную сеть. Назову также разработанную нами систему идентификации и прослеживаемости товаров AITS, которая интегрирована с российской системой «Меркурий» и работает на всем евразийском пространстве.

Крупная задача, которую мы успешно решаем – научное сопровождение биотехнологической отрасли. По сути, это целый комплекс, который пронизывает все народное хозяйство. Мы активно сотрудничаем с Белорусской национальной биотехнологической корпорацией, призванной на основе высоких технологий в производстве аминокислот обеспечить

животноводство качественными и сбалансированными кормами.

Академические ученые и специалисты вносят существенный вклад в развитие отечественного здравоохранения. Мы выполняем целый спектр пионерных генетических исследований, разрабатываем клеточные технологии, создаем новые лекарства точечного целевого назначения для развития персонифицированной медицины, профилактики и лечения онкологических, иммунных, инфекционных, воспалительных и других болезней. Прорывом стало создание белорусской вакцины от COVID-19.

Одной из приоритетных областей академической специализации всегда было и остается научное сопровождение АПК. Здесь и инструментарий точного земледелия и животноводства, включая беспилотную технику и роботизированные фермы, и новые сорта сельскохозяйственных растений с улучшенными свойствами по урожайности, устойчивости к вредителям, длительности хранения и т.п., а также новые белорусские породы животных – свиней, коров, лошадей, кроссы птицы и др. Мы разрабатываем высокоэффективные биопрепараты для сельского хозяйства, в том числе кормовые добавки и концентраты для животных, биопестициды, витаминно-минеральные смеси, вакцины и диагностикумы. Созданы новейшие функциональные продукты питания для различных групп населения.

Даже такое краткое перечисление показывает: для Национальной академии наук нет «белых пятен» на карте белорусской экономики. Мы научно и методологически сопровождаем все без исключения крупные отраслевые комплексы и флагманские предприятия, работая в тесном постоянном контакте с ними.

Роль науки в экономическом росте трудно переоценить, поскольку ее, как и любой орган живого организма, можно рассматривать только в комплексе, в неразрывном единстве целей, задач и функций с другими компонентами национальной экономики. И только скоординированная совместная работа, многовекторная кооперация субъектов экономической и социокультурной сферы в состоянии обеспечить устойчивый рост.

Сегодня НАН Беларуси – это пример эффективной интеграции исследовательской и производственной составляющей, работающих в рамках единой комплексной структуры, которая развивается по типу научно-производственной корпорации. Организационная структура Академии за последние десятилетия выстроена так, чтобы обеспечить мак-

симальную связь науки с производством и международным рынком.

Созданы и развиты экспериментальные и опытные производства при институтах. Сформирована сеть научно-производственных объединений и научно-практических центров. Работают отраслевые лаборатории и филиалы кафедр университетов. Практически в каждой научной организации Академии образованы коммерческие и хозяйственные структуры, решающие реальные технико-технологические проблемы под ключ.

Современная Национальная академия наук функционирует как единый живой организм. Мы используем корпоративные и кластерные подходы в постановке и решении самых амбициозных задач. Во многом благодаря усилиям Академии наук Беларуси становится крупнейшим региональным центром науки и инноваций. Это подтверждается тем, что НАН Беларуси является базовой организацией Международной ассоциации академий наук и заказчиком от Республики Беларусь многих научно-технических программ Союзного государства и проектов Межгосударственной программы инновационного сотрудничества государств – участников СНГ.

Мы видим миссию Национальной академии наук в том, чтобы на основе преимущественно интеллектуального фактора обеспечить вхождение Беларуси будущего в состав лидеров по ключевым векторам научно-технологического развития. Наша задача – приблизить результативность отечественной науки и инноваций к лучшим мировым достижениям, а по ряду направлений – превзойти их. Только стремясь к первенству среди равных, можно рассчитывать на получение максимальных эффектов от интеграции в международное научно-инновационное пространство.

НАША ЗАДАЧА – ПРИБЛИЗИТЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ И ИННОВАЦИЙ К ЛУЧШИМ МИРОВОМ ДОСТИЖЕНИЯМ, А ПО РЯДУ НАПРАВЛЕНИЙ – ПРЕВЗОЙТИ ИХ

СЕГОДНЯ НАН БЕЛАРУСИ – ЭТО ПРИМЕР ЭФФЕКТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В РАМКАХ ЕДИНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СТРУКТУРЫ, КОТОРАЯ РАЗВИВАЕТСЯ ПО ТИПУ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ




НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Президент Беларуси Александр Григорьевич Лукашенко неоднократно указывал на ключевую роль науки и ее флагмана – Академии наук – как главного богатства страны и ключевого драйвера экономического развития. «Наша сверхзадача, которая перед нами и перед белорусскими учеными сегодня стоит, – это создание прорывных технологий и внедрение их, освоение в производстве», – подчеркивал Глава государства в выступлении 25 января текущего года на заседании-совещании с учеными Национальной академии наук Беларуси.

13 октября мы впервые отмечаем важную дату – День Национальной академии наук Беларуси, учрежденный постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси 20 июля 2022 г. №318. Искренне поздравляю весь состав академиков, членов-корреспондентов, докторов наук и профессоров, кандидатов наук и доцентов, коллективы научных организаций, молодых ученых – докторантов, аспирантов и магистрантов, а также соискателей ученых степеней с нашим общим важным праздником. И хотя он является нашим ведомственным, его значимость от этого не уменьшается.

Исторически становление отечественной научной мысли неразрывно связано с деятельностью великих просветителей белорусской земли – Евфросинии Полоцкой, Кирилла Туровского, Николая Гусовского, Василия Тяпинского, Спиридона Соболя, Яна Борщевского, Наполеона Орды, Франциска Скорины.



Белорусская земля много веков славится своими мыслителями. Всему миру известны имена Сымона Будного, Казимира Семеновича, Мартина Почобут-Одляницкого, Игнатия Домейко, Петра Мстиславца, Льва Сапеги, Ильи Капиевича, Симеона Полоцкого, Казимира Огинского, внесших неопределимый вклад в сокровищницу отечественной и мировой науки и культуры.

Еще в конце XVI в. (а ранее в 1580 г.) был открыт Полоцкий иезуитский коллегийум, называемый по-иному академия – первое среднее учебное заведение на территории современной Беларуси. В коллегийум принимали детей любого вероисповедания, обучение в нем было бесплатным и длилось 8–9 лет. В это же время в Вильне было основано высшее учебное заведение – Академия и университет виленский общества Иисуса (1579 г.), преобразованное затем в Главную литовскую школу (1773 г.) и впоследствии – в Императорский Виленский университет (1803 г.). К 1823 г. он стал крупнейшим университетом России и Европы, численностью студентов превосходя Оксфордский университет. В Виленском университете присваивались докторские и магистерские степени по широкому кругу научных дисциплин – по словесности, управлению государственными доходами и торговле, иностранным государственным отношениям, правоведению, архитектуре и др.

Важной вехой в истории нашей страны стало учреждение в 1836 году Горы-Горецкий земледельческой школы, а впоследствии сельскохозяйственного института – первого в Российской империи высшего учебного заведения, которое в 1925 году преобразовано в Белорусскую сельскохозяйственную академию, где проводились многие опытно-исследовательские работы.

В конце XIX в. фундаментальные труды Митрофана Довнар-Запольского, Евфимия Карского, Михаила Каяловича, Евстафия Тышкевича открыли научному сообществу практи-

чески неизведанные страницы истории материальной и духовной культуры белорусов, в которых был заложен научный фундамент для исследования белорусской нации и государственности. Своим интеллектом они проторили дорогу для новых поисковых направлений и современных научных школ, которые продолжают вносить достойный вклад в мировую сокровищницу знаний.

Наиболее активно отечественная наука начала развиваться с основания Института белорусской культуры (Инбелкульт), в котором сразу же были созданы секции – историко-археологическая, белорусского языка и литературы, белорусского искусства, сельскохозяйственная, изучения революционного движения, этнографическая и юридическая. Создание Инбелкульт стало базой для последующего формирования Белорусской академии наук.

Напомним о знаковых для нашей Академии наук датах:

30 января 1922 г. – создание Института белорусской культуры в качестве научно-исследовательского подразделения Наркомата просвещения БССР.

13 октября 1928 г. принято постановление Центрального исполнительного комитета и Совета Народных комиссаров БССР о реорганизации Инбелкульт в Белорусскую академию наук. Именно эту дату мы считаем датой основания Национальной академии наук, и сегодня по этому поводу – наше торжественное собрание.

1 января 1929 г. состоялось официальное открытие Белорусской академии наук.

5 августа 1975 г. – Академия наук Белорусской ССР награждена орденом Дружбы народов.

26 декабря 1978 г. – Академия наук Белорусской ССР награждена орденом Ленина.

15 мая 1997 г. – Академии наук Беларуси, как высшей государственной научной организации страны, присвоен статус Национальной.



В новейшей истории суверенной Беларуси Академия наук приобрела принципиально новые черты. Она стала подчиняться непосредственно Президенту Республики Беларусь. Вошла в число трех органов государственного управления в сфере науки и наделена правом выполнять отдельные функции республиканского органа государственного управления – в организации и координации фундаментальных и прикладных исследований, организации биотехнологической отрасли, космической деятельности, освоении Антарктики и др. Достаточно сказать, что функции Академии наук и отдельные аспекты ее деятельности закреплены более чем в 60 указах Президента страны.

Приняты и действуют законы Республики Беларусь «Об основах государственной научно-технической политики» (1993 г.), «О научной деятельности» (1996 г.) и «О Национальной академии наук Беларуси» (1998 г.).

Надо подчеркнуть, что Белорусская академия наук динамично развивалась всегда – как в составе бывшего СССР, так и в нынешней независимой Беларуси. Следует напомнить, что в СССР она признанно находилась в составе академий-лидеров, а сегодня доминирует по ряду позиций в мировой науке.

Первоначальный штат Белорусской академии наук составляли 128 человек, из них 87 научных сотрудников. Первыми действительными членами (академиками) стали 22 ученых, кстати, назначенных Правительством. В 1930-е гг. в системе Академии были созданы Институт философии, Институт языковедения, Институт истории, Институт экономики, Институт торфа, Институт химии, Агротехнический институт, Институт геологических наук, Физико-технический институт, Центральный ботанический сад и другие научные учреждения.

В настоящее время Национальная академия наук Беларуси – это крупнейшая государственная научная организация страны, которая включает 111 организаций, из них 47 научных учреждений; 6 государственных объединений, 51 унитарное предприятие, в том числе 5 научно-практических центров аграрного профиля, более 100 производств разной размерности – от лабораторий до юридических лиц. В структуре Академии наук 7 отделений: физики, математики и информатики; физико-технических наук; химии и наук о Земле; биологических наук; медицинских наук; гуманитарных наук и искусств; аграрных наук.

1–2 ноября 2007 г. прошел Первый съезд ученых Республики Беларусь, который стал эпохальным событием в истории белорусской науки. В его работе приняло участие 2,5 тыс. человек, в том числе около 2 тыс. делегатов – представителей научных организаций, конструкторских бюро, высших учебных заведений и промышленных предприятий. На съезде выработана целостная система мер по формированию в стране экономики знаний.

Наука стала государственным приоритетом и призвана определять научно-технический прогресс страны. Поставлена цель создать высококоррозивную национальную научную систему, адекватную потребностям экономики.

Для этого были и есть все основания. Академическая наука в Беларуси со времени образования Академии всегда была высокорезультативной, отвечающей духу времени.

Широко известны научные достижения белорусских ученых и школ в области лазерной физики, оптики и спектроскопии, низкотемпературной плазмы, теоретической физики. Решающий вклад в их формирование внесли академики Борис Иванович Степанов, Николай Александрович Борисевич, Михаил Александрович Ельяшевич, Леонид Иванович Киселевский, Федор Иванович Федоров, Анатолий Николаевич Рубинов, Николай Станиславович Казак, Валентин Антонович Орлович, Сергей Яковлевич Килин, Сергей Васильевич Гапоненко. В рамках созданных ими школ достигнуты выдающиеся результаты, получившие мировое признание. Так, созданы новые типы лазеров (кстати, мы были первыми после американцев в открытии лазеров и создании лазерных устройств). Инициированы работы по космической тематике, которые в новейшее время завершились запуском первого белорусского спутника и созданием Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли.

Академики Николай Павлович Еругин, Евгений Алексеевич Барбашин, Владимир Иванович Крылов, Дмитрий Алексеевич Супруненко, Иван Васильевич Гайшун, Николай Алексеевич Изобов, Вячеслав Иванович Янчевский и другие положили начало научно-исследовательским работам мирового уровня по дифференциальным уравнениям, процессам управления и уравнениям по математической физике, алгебре, теории чисел. Школа в сфере математической

кибернетики, созданная академиком Вячеславом Сергеевичем Танаевым, стала известной своими работами по кибернетике и информатике, в рамках которых сформулирована теория расписаний, решен ряд важных прикладных задач оптимального проектирования.

Крупным прорывом явились работы Василия Петровича Северденко, Владимира Владимировича Клубовича, Александра Васильевича Степаненко по использованию мощного ультразвука в механических процессах обработки материалов. Получены важнейшие результаты по физике прочности и пластичности, начало которым положил Сергей Иванович Губкин. Существенные результаты достигнуты в области изучения импульсных процессов. Под руководством Виктора Николаевича Чачина, Станислава Александровича Астапчика развиты работы по термокинетике структурных и фазовых превращений в металлах и сплавах. Эффективные решения проблем моделирования технологических систем и формирования параметров качества рабочих поверхностей деталей машин и приборов, и прежде всего в области обработки металлов резанием, разработали Евмений Григорьевич Коновалов, Петр Иванович Ящерицын.

Значимым вкладом в развитие отечественного машиностроения стали работы по теории и технологии литейного производства, начало которым положено Альбертом Иозефовичем Вейником, затем это направление получило развитие в трудах Геннадия Анатольевича Анисовича и Евгения Игнатьевича Маруковича.

Существенную роль в повышении качества машиностроительной продукции, в том числе в области физики неразрушающего контроля, сыграли научные работы Николая Сергеевича Акулова, Николая Николаевича Зацепина, Петра Петровича Прохоренко, Владислава Михайловича Артемьева.

Повышению конкурентоспособности отечественных автомобилей, тракторов, другой техники способствовали работы в области надежности машин (Герой Беларуси Михаил Степанович Высоцкий, Павел Лукьянович Мариев, Олег Васильевич Берестнев, Леонид Григорьевич Красневский и др.).

Активно развиваются и масштабно внедряются в производство научные труды в сфере порошковой металлургии (Олег Владиславович Роман, Петр Александрович Витязь, Александр

Федорович Ильюшенко, Александр Петрович Ласковнев). Широкую известность в республике и за рубежом получили исследования в области физики и механики металлополимерных систем (Владимир Алексеевич Белый, Анатолий Иванович Свириденко, Юрий Михайлович Плескачевский, Николай Константинович Мышкин, Борис Иванович Купчинов).

Комплексные исследования проблем теплофизики, тепло- и массообмена и теплоэнергетики стали основой создания высокоэффективных энергосберегающих технологий и оборудования. Основной вклад в это направление внесли такие видные ученые, как Алексей Васильевич Лыков, Рем Иванович Солоухин, Борис Андреевич Коловандин, Олег Григорьевич Мартыненко, Анатолий Герасимович Шашков, Сергей Александрович Жданок, Валентин Алексеевич Бородуля, Владимир Леонидович Драгун, Николай Владимирович Павлюкевич, Олег Глебович Пенязьков. Начало развития микро- и наномеханики поверхностей, нанодиагностики и трибологии положено в широко известных работах Сергея Антоновича Чижика и Николая Константиновича Мышкина.

Перспективным направлением ныне является научное обеспечение атомной энергетики. Как итог в стране создается атомная станция. У истоков научных исследований по данной проблематике находились такие выдающиеся ученые, как Андрей Капитонович Красин, Василий Борисович Нестеренко, Александр Александрович Михалевиц, Леонид Иванович Колыхан.

Благодаря комплексному изучению проблем, связанных с особенностями расположения залежей и уникальными физико-химическими свойствами торфа, бурых углей и горючих сланцев, в республике сформировано новое направление их использования как важных видов местного топливного сырья (Иван Иванович Лиштван). Оценкам уязвимости различных отраслей экономики в зависимости от пространственно-временных изменений климатических и водных ресурсов посвящены труды Владимира Федоровича Логинова, в результате чего выработаны действенные меры по их регулированию и адаптации.

Научно обоснованное открытие Припятского нефтяного бассейна, месторождений калийных и натриевых солей, минеральных вод явилось основой для создания минерально-сырьевой



базы отраслей энергетики и химической промышленности Республики Беларусь. А у истоков находились труды и подвижническая деятельность Герасима Васильевича Богомолова, Радима Гавриловича Гарецкого, Александра Семеновича Махнача, Алексея Васильевича Матвеева, Анатолия Викторовича Кудельского.

Выдающиеся результаты получены в области региональной геологии, неотектоники, геодинамики, литологии и геоморфологии Беларуси (Анатолий Александрович Махнач, Александр Кириллович Карабанов).

Разработка наукоемких энергосберегающих технологий по созданию минерального сырья с улучшенными физическими и агрохимическими свойствами неразрывно связана с именами Николая Павловича Крутько, Фомы Фомича Можейко. Эта разработка придала мощный импульс производству калийных удобрений – важнейшего стратегического ресурса республики. Николай Семенович Козлов – автор именной реакции в органической химии, предложил новые каталитические методы синтеза более 800 азотсодержащих органических соединений, среди которых вещества с высокой бактерицидной, гипотензивной, антидиабетической, кардиотропной, люминисцентной активностью.

Исследования Владимира Сергеевича Солдатова по ионному обмену положили основу разработки теоретических принципов и практических технологий получения искусственной ионитной почвы как универсальной среды для корневого питания растений.

Научные основы получения новых наукоемких малотоннажных химических продуктов различного функционального назначения, созданные Владимиром Еноковичем Агабековым и Александром Викторовичем Бильдюкевичем, стали важной вехой в развитии физико-химии, разработке покрытий для жидкокристаллических устройств, средств защиты для маркировки изделий, полимерных материалов с особыми свойствами. Благодаря крупным новаторским работам Владимира Семеновича Комарова, Михаила Михайловича Павлюченко в промышленное химическое производство внедрены новые катализаторы и адсорбенты.

Широко известны разработки Афанасия Андреевича Ахрема по направленному химическому синтезу и исследованию природных соединений, в том числе биополимеров, которые конкретизированы в трудах Олега Анатольевича

Стрельченка, Сергея Александровича Усанова, а разработки низкомолекулярных биорегуляторов – в трудах Федора Адамовича Лахвича, Владимира Александровича Хрипача. Они, как известно, легли в основу создания нового направления в науке Беларуси – биоорганической химии. Важно то, что это обеспечило организацию производства современных средств защиты и стимуляторов роста растений, а также оригинальных лекарственных препаратов (Игорь Александрович Михайлопуло, Елена Николаевна Калиниченко). В настоящее время реализуется разработка и расширяется производство новых фармацевтических субстанций (пазопаниба, сорафениба, сунитиниба, нилотиниба), синтезированных с применением оригинальных белорусских технологий. На этой базе освоен выпуск антитромбозного препарата «Риваксан» (прямое импортозамещение).

В стране при научном сопровождении НАН Беларуси планомерно развивается биотехнологическая отрасль. Создан прототип отечественной вакцины против COVID-19, проводится исследование его иммуногенных свойств (совместно с Министерством здравоохранения).

Работы белорусских генетиков Антона Романовича Жебрака, Николая Васильевича Турбина, Петра Фомича Рокицкого, Любови Владимировны Хотылевой, Николая Александровича Картеля, Александра Владимировича Кильчевского получили признание за вклад в развитие теоретических основ современной генетики: от математического моделирования генетических процессов до геномики и геномных биотехнологий. Важным научным достижением в этой связи стали результаты отечественной биохимии и биофизики растений (Александр Степанович Вечер, Александр Аркадьевич Шлык, Сергей Васильевич Конев, Игорь Дмитриевич Волотовский, Владимир Николаевич Решетников).

Активно развиваются и масштабно внедряются в производство разработки в области микробиологии (Анатолий Георгиевич Лобанок, Эмилия Ивановна Коломиец). Исследования по ботанике и зоологии обеспечивают научное сопровождение природоохранной политики государства, сохранения биологического разнообразия (Леонид Михайлович Сущень, Виктор Иванович Парфенов, Николай Афанасьевич Ламан, Михаил Ефимович Никифоров).

В научных учреждениях медицинского профиля Академии наук разработаны эффективные методы лечения и реабилитации человека, многие наименования новейшей медицинской техники, лекарственные и иммунобиологические препараты, клеточные и молекулярно-биологические технологии, новейшие средства и методы в области когнитивных наук (Валерий Николаевич Гурин, Евгений Дмитриевич Белоенко, Александр Васильевич Сукало, Евгений Павлович Демидчик, Иосиф Викторович Залуцкий). Работы в области радиобиологии и радиоэкологии дали весомый вклад в преодоление последствий аварии на Чернобыльской АЭС (Евгений Федорович Конопля).

Устойчиво развивается Отделение аграрных наук НАН Беларуси, которое объединяет ряд научно-практических центров, институтов, опытных станций и сельскохозяйственных предприятий. Аграрная академическая наука обеспечивает разработку стратегии и механизмов устойчивого развития агропромышленного комплекса, создание эффективных технологий, высококачественных сортов и гибридов растений, пород, типов и линий сельскохозяйственных животных, птицы и рыб, обеспечение национальной продовольственной безопасности в рамках разработанной Доктрины.

Здесь работала и продолжает работать большая плеяда ученых. Неоценимый вклад в развитие аграрной науки внесли Иван Степанович Лупинович, Павел Прокофьевич Роговой, Виктор Иванович Шемпель, Степан Гордеевич Скоропанов, Тамара Никандровна Кулаковская, Иван Николаевич Кочуро, Николай Афанасьевич Дорожкин, Петр Иванович Альсмик, Николай Дмитриевич Мухин, Николай Федорович Прокопенко, Михаил Максимович Севернев, Сергей Николаевич Вышелесский, Яков Никитович Афанасьев, Андрей Григорьевич Медведев, Михаил Ефремович Мацепура, Иван Константинович Коптик, Владимир Григорьевич Иванюк, Антон Лаврентьевич Амбросов, Вилор Фридманович Самерсов. И уже в новейшее время – Иосиф Михайлович Богдевич, Леонид Васильевич Кукреш, Станислав Иванович Гриб, Василий Николаевич Шлапунов, Виталий Витальевич Лапа, Петр Петрович Казакевич, Федор Иванович Привалов и многие другие.

Важную роль выполняют институты социально-гуманитарного профиля. Здесь

также немалая плеяда выдающихся ученых-гуманитариев Академии наук сыграла и продолжает играть знаковую роль в исследовании истории философии, проблем развития социологической мысли и социального прогресса, гуманизма, языка и культуры белорусского народа. Это такие академики, как Виталий Андреевич Сербента, Казимир Павлович Буслов, Александр Иосифович Подлужный.

Большая творческая работа по развитию гуманитарной мысли проделана академиками Владимиром Васильевичем Гниломедовым, Наумом Соломоновичем Перкиным, Михаилом Павловичем Костюком, Евгением Михайловичем Бабосовым, Георгием Федоровичем Александровым, Василием Ивановичем Степановым, Дмитрием Ивановичем Широкановым, Александром Ивановичем Локотко, Александром Александровичем Коваленей, членами-корреспондентами Василием Кирилловичем Бондарчиком, Михаилом Федоровичем Пилипенко, Василием Васильевичем Борисенко, Степаном Степановичем Лавшуком, Александром Николаевичем Булыко, Виталием Федосовичем Медведевым.

Примечательно, что с Академией наук связали свои судьбы многие выдающиеся деятели белорусской культуры, писатели и художники с мировым именем – Янка Купала, Якуб Колас, Максим Танк, Кондрат Крапива, Иван Шамякин, Иван Наumenко, Михаил Савицкий.

В историю Академии навсегда вписаны имена ее президентов и руководителей: Всеволода Макаровича Игнатовского, Павла Осиповича Горина (Коляды), Ивана Захаровича Сурты, Константина Васильевича Горева, Антона Романовича Жебрака, Николая Ивановича Гращенкова. Яркие страницы академической летописи связаны с деятельностью корифея белорусской ботаники Василия Феофиловича Купревича, всемирно известного ученого в области спектроскопии и молекулярной физики Николая Александровича Борисевича, выдающегося ученого-гидробиолога Леонида Михайловича Сущени.

Динамично развивается и идет в ногу со временем Академия наук в настоящее время. Основное наше достояние – это кадры (более 15 тыс. работающих, в том числе более 4 тыс. исследователей). Здесь трудятся 93 академика, 112 членов-корреспондентов, 4 почетных и 23 иностранных члена.

Как флагман научной сферы Академия наук вносит определяющий вклад в формирование



имиджа белорусского государства – страны с высокими показателями интеллектуального и в целом человеческого капитала.

При поддержке Главы государства реализуется Программа совершенствования научной сферы, ставшая стратегическим ориентиром перспектив создания в республике экономики знаний.

Определены следующие целевые задачи: наращивать квалификационный (человеческий) капитал научной сферы, поддерживать и развивать академические научные школы; создавать эффективные организационные структуры и механизмы в науке – национальные исследовательские лаборатории (центры) и научно-инновационные кластеры; комплексные программы фундаментальных и прикладных исследований, проекты и гранты, включая финансовые и материальные ресурсы.

Многие положения Программы совершенствования научной сферы уже нашли практическое воплощение.

В 2017 г. состоялся II съезд ученых Республики Беларусь, который одобрил Стратегию «Наука и технологии: 2018–2040» как основу формирования технологических укладов высших порядков, ускорения инновационных процессов, достижения социально-экономической стабильности и роста благосостояния граждан.

В настоящее время Академия наук организует научные исследования и научный поиск по широчайшему кругу проблем – низкоуглеродное энергообеспечение, инновационное машиностроение, новые материалы, супрамолекулярная химия, физико-химическая биология, лечебные и диагностические медицинские технологии, информационно-коммуникационные, авиационные и космические технологии, лазерные и радиоэлектронные технологии, производство и переработка сельскохозяйственной продукции, экология, природные ресурсы, социально-экономическое и духовно-культурное развитие страны и междисциплинарные исследования.

Современная Академия наук Беларуси стала развиваться как крупная научно-производственная корпорация с переходом на кластерную организацию, на создание сквозных научно-производственных объединений, включая всю цепочку – от фундаментальных исследований и прикладных разработок до налаживания конкурентного производства и продаж.

Организуются крупные научно-технологические кластеры как по традиционным направлениям научного поиска – машиностроению,

химии, аграрно-промышленному комплексу, так и в новых областях – нано-, био- и фарминдустрии, космическим и IT-исследованиям. В стадии становления находятся «АкадемТехноград», «БелБиоград», «Фармкластер», «IT-Академград», функционируют 3 кластера биотехнологического профиля: ГНПО «Химический синтез и биотехнологии», ГНПО «Химические продукты и технологии», ГНПО «Научно-практический центр по биоресурсам», а также центры биолого-медицинской направленности – Республиканский научно-медицинский центр «Клеточные технологии», Центр иммунологии и аллергологии, Центр экспериментальной и прикладной вирусологии, Центр исследований микробиома, Центр геномных биотехнологий и др.

НАН Беларуси строго выдерживает курс высокоэффективного международного исследовательского центра. Осуществляет научно-техническое сотрудничество с организациями и учеными из 87 государств. Имеет договоры о сотрудничестве с зарубежными академиями и научными центрами из 65 стран. В Академии наук действуют 44 международных центра и лаборатории.

С 2017 г. НАН Беларуси выполняет функции базовой структуры Международной ассоциации академий наук. Это большой авторитет и признание белорусской науки.

В этом контексте самые тесные и продуктивные связи развиваются с российскими научными организациями. Только в последние годы реализовано 5 программ Союзного государства: «Технология-СГ», «ДНК-идентификация», «Комбикорм-СГ», «Интеграция-СГ», Дорожная карта сотрудничества с Российской академией наук, Курчатовским институтом, Объединенным институтом энергетических и ядерных исследований «Дубна» и научно-исследовательским центром «Сколково».

Завершая свое выступление хотел бы особо акцентировать ваше внимание на том, что НАН Беларуси в настоящее время реализует крупные системные общестрановые проекты. Прежде всего это:

- **IT-страна и искусственный интеллект:** автоматизированные информационные системы; искусственные нейроны и сети на основе оптоэлектронной пары «вертикально-излучающий лазер – однофотонный фотодиод», демонстрирующие основные свойства биологических нейронов; многопараметрические оптические сенсоры трехмерной системы роботизированного зрения для систем управления и мониторинга окружающей среды;

- **энергетика и электротранспорт:** экспериментальные образцы беспилотной техники (трактора «Беларус-А3523i»), льдозаливочного комбайна «Беларус КЛ-418», грузового электромобиля МАЗ 4381EE, электрического минивена, каркасно-панельного электромобиля «Academic Electro», спортивного электрокара (электрородстера), базового шасси электромобиля многофункционального назначения с кузовом каркасно-панельной конструкции; малогабаритного турбореактивного двигателя с усилителем тяги на основе кольцевой детонационной камеры сгорания;
 - **здравоохранение и фармацевтика:** освоение антитромбозного препарата «Риваксан»; получение фармацевтических субстанций для новейших противоопухолевых лекарственных средств; ультрафильтрационные мембраны для производства векторных вакцин на основе полисульфона, а также на основе регенерированной целлюлозы; создание прототипа отечественной вакцины против COVID-19 и исследование его иммуногенных свойств (в сотрудничестве с Министерством здравоохранения); создание «Центра микробиома» для лечения патологических изменений и восстановления баланса микрофлоры в организме человека;
 - **безопасность в сфере высоких технологий:** создание ряда уникальных, экспортно ориентированных многоволновых всепогодных лазерных систем с диодной накачкой для новейших оптико-электронных комплексов различного назначения – лидары, дальномеры, системы видения в экстремальных условиях; создание аппаратно-программного комплекса лазерно-оптического сканирования для автоматизированной баллистической идентификационной системы; разработка технологии обнаружения гиперзвуковых летательных аппаратов в ближнем космосе с помощью специализированного наземного радиолокатора;
 - **биобезопасность:** разработка технологии ДНК-маркирования, хромосомной и геномной инженерии для выведения новых сортов растений с заданными свойствами и животных с хозяйственно ценными признаками; создание более 20 типов биомедицинских клеточных продуктов на основе стволовых клеток человека для восстановления различных тканей и органов, ферментных препаратов для клинической диагностики и получения лекарственных субстанций, кормовых добавок, лекарственных и диагностических средств, ветеринарных препаратов и др.;
 - **гуманитарная безопасность:** издание фундаментального научного 5-томного труда «История белорусской государственности», в котором раскрыты истоки и особенности развития белорусской государственности от древности до современности, рассмотрены и охарактеризованы ее исторические формы; развитие белорусской народной философии, которая основывается на выявлении мировоззренческих оснований культуры, национального характера и нравственного сознания белорусов;
 - **природно-экологическая безопасность:** изучение влияния антропогенных и природных факторов на организм и экосистемы с целью повышения защищенности человека и биоты; сохранение и устойчивое использование биологических ресурсов и биоразнообразия, освоение новых современных био- и экотехнологий и оценок экологических рисков в условиях радикальных изменений климатических условий; прогнозирование полезных ископаемых малоизведанных территорий, рациональное и экологически безопасное использование ресурсов недр, а также обеспечение развития жилищно-коммунального и лесного хозяйства и др.;
 - **продовольственная безопасность и эффективность АПК:** обеспечение доступности качественного продовольствия для полноценного питания и здорового образа жизни на основе устойчивого развития конкурентоспособного аграрного производства; завершение создания голишинской породы молочного скота отечественной селекции; разведение красного скота; создание селекционных групп маточного поголовья мясного скота, новых породных групп свиней; селекционно-племенная работа в овцеводстве; разработка комплекса мероприятий по повышению плодородия и защите от деградации почв; создание ряда новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур.
- Как видим, развитие Национальной академии наук Беларуси как главного научного центра осуществляется в контексте реализации важнейших социально-экономических задач страны.
- Благодаря поддержке Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко и Правительства Академия наук сохраняет свои научные школы и выходит на лидирующие позиции в мировой науке. Все это позволяет выработать независимую, научно обоснованную, взвешенную экономическую политику в соответствии с нашими национальными интересами. ■



ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКИ,
МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

НАУКА – НЕИСЧЕРПАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ИННОВАЦИЙ



Александр Шумилин,
академик-секретарь
Отделения физики,
математики и
информатики НАН
Беларуси, доктор
экономических наук

История одного из старейших в НАН Беларуси Отделений – физики, математики и информатики – ведет свой отсчет с 1963 г. Сегодня оно объединяет 9 организаций, где работает около 1,5 тыс. сотрудников, среди них 67 докторов и 200 кандидатов наук. В Отделении ежегодно производится продукции на сумму свыше 50 млн руб., по экспортным контрактам выполняются работы примерно на 3 млн долл. Несомненно, в системе Национальной академии наук Отделение занимает передовые позиции в фундаментальных исследованиях и разработках, обладающих мировым уровнем.

Среди наиболее значимых научных достижений последних лет, отмеченных в том числе в номинациях топ-10 результатов ученых НАН Беларуси, следует назвать ряд работ Института физики им. Б.И. Степанова. Учеными Института создана теория и экспериментально реализован искусственный импульсный нейрон, моделирующий свойства биологических нейро-

нов, что представляет интерес для развития наук биодиагностики и тераностики. Установлен механизм летального действия света видимой области спектра на патогенные микроорганизмы, суть которого заключается в эффекте накопления определенного числа фотоповреждений жизненно важных молекул-мишеней. Этот результат является основой для разработки новых фототерапевтических технологий эффективной инактивации патогенных микроорганизмов. Экспериментальное подтверждение получила выдвинутая исследователями Института физики гипотеза о наличии в алмазе с NV-центрами множества положений изотопического углерода, наиболее подходящих для практической реализации квантово-информационных устройств памяти, что представляет собой серьезный задел для квантовых компьютеров и вычислений.

Немало знаковых научных исследований выполнено учеными Объединенного института проблем информатики. В частности, ими совместно с медиками обнаружено 5 соединений – потенциальных ингибиторов коронавируса SARS-CoV-2, что нашло свое применение при проведении биомедицинских исследований. Научным коллективом Института выполнен полногеномный анализ ассоциаций на наборе данных, состоящем из 1257 полных геномов микобактерии туберкулеза с известным статусом устойчивости к лекарственным препаратам, разработан программный комплекс для анализа данных полногеномного секвенирования клинических изолятов микобактерии туберкулеза. Данная разработка

используется белорусскими медиками для получения индивидуального таргетного мутационного профиля, необходимого для поддержки принятия решений о назначении адекватной антимикробной химиотерапии.

РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ – ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мощным импульсом для развития космических исследований и создания перспективных технологий в этой области в нашей стране стал запуск Белорусского спутника дистанционного зондирования Земли. Спутник находился на орбите 10 лет при гарантийном сроке эксплуатации 5 лет и стал рекордсменом среди аналогичных аппаратов в мире, что свидетельствует о качестве и надежности отечественной целевой аппаратуры. К тому же запуск спутника не только вывел Беларусь в клуб космических держав и создал новую сферу экономики, но и позволил развивать на новом уровне цифровую картографию и геоинформатику. В частности, исследователями Объединенного института проблем информатики была предложена методика использования ансамблей нейронных сетей для идентификации изображений, получаемых со спутника, и модели для их анализа. Как результат – построен алгоритм распознавания состояния растительности на базе двух сверточных нейронных сетей по данным аэрофотосъемки, что существенно снижает влияние шумовых факторов (освещение, сол-

нечные блики) на качество карт пораженной растительности. Технология важна для развития точного земледелия.

Над получением высокоточных фотоснимков земной поверхности работает предприятие «Геоинформационные системы». Им создан опытный образец многоуровневой Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли с использованием космических, авиационных и наземных средств, который позволяет осуществлять предварительную и тематическую обработку фотоматериала и поставку его потребителям (Министерство по чрезвычайным ситуациям, Министерство обороны, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, Государственный комитет по имуществу). Предприятием совместно с Объединенным институтом проблем информатики начата работа по созданию наукоемких элементов перспективной космической техники. В настоящее время идет подготовка инфраструктуры для сборки наноспутников.

Республика Беларусь всегда славилась сильной математической школой. В Институте математики разработан и проходит стадию внедрения на предприятии «Пеленг» оригинальный, не использующий коммерческих библиотек программно-моделирующий комплекс для расчета тепловых режимов узлов космического аппарата и теплового моделирования полетов по круговым и эллиптическим орбитам. Создан программный продукт для трехмерного моделирования на суперкомпьютерах процессов внешнего обтекания тел, движущихся



в турбулентном потоке сжимаемых сред, который позволяет сократить материальные и временные затраты при проектировании летательных аппаратов, автомобилей, перспективных ядерных реакторов. Результат востребован для решения актуальных задач в Объединенном институте энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси.

В интересах реального сектора экономики

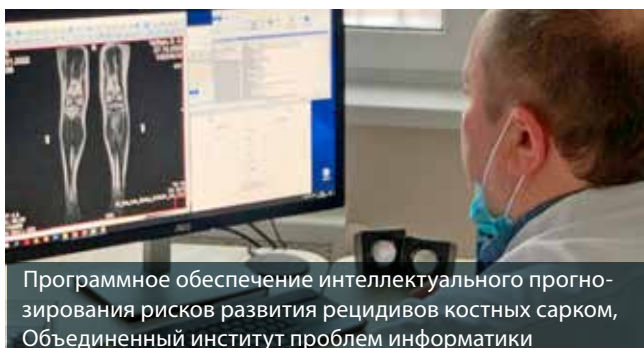
Научное знание в современном мире все больше определяет экономическое развитие, а фундаментальные исследования и поисковые НИР являются основой для будущих разработок. По высказыванию лауреата Нобелевской премии Ж.И. Алферова, все научные разработки в конечном итоге могут найти применение в реальном секторе экономики.

В Объединенном институте проблем информатики сформированы научно-методические и программно-технические предпосылки внедрения в народнохозяйственном комплексе страны прорывных информационных технологий проектирования, моделирования и оптимизации конкурентно способных объектов новой техники, устройств

и систем. В рамках союзных программ создан суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» и офисный суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ОФИС-РБ», прикладное ПО «СКИФ-НЕДРА» и опытный образец аппаратно-программного комплекса для более эффективного поиска и разработки полезных ископаемых. Кластер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» занял 37-е место в рейтинге вычислительных систем СНГ в 2018 г. Примером успешной координации действий академической науки, медицинских и фармацевтических организаций стала первая в СНГ республиканская автоматизированная информационная система «Электронный рецепт», к которой сегодня подключено более 600 учреждений здравоохранения, 70 различных аптечных сетей. Суточное количество транзакций составляет порядка 12,7 млн операций (около 170 в сек.). Всего с использованием данной системы уже выписано более 20 млн электронных рецептов. Еще одним впечатляющим результатом в области медицины стала разработка программного обеспечения прогнозирования рисков развития рецидивов костных сарком у детей и молодежи с учетом экспрессии молекулярных маркеров в опухолевой ткани.

В ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» выпущен опытный образец оптоэлектронного генератора СВЧ с волоконно-оптической линией задержки и оптическим усилением для систем радиолокации измерительной СВЧ-техники. Он отличается от современных опорных генераторов модульного исполнения сверхнизким фазовым шумом и по своим характеристикам превосходит многие мировые аналоги. Изделие уже востребовано как в нашей стране, так и в Российской Федерации. В интересах Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь разработан аппаратно-программный комплекс лазерно-оптического сканирования для автоматизированной баллистической идентификационной системы. Он обеспечивает получение цифровых данных по трехмерному (3D) микрорельефу поверхности объектов баллистической экспертизы (пули и гильзы со следами выстрела из нарезного огнестрельного оружия) с высоким разрешением (до 1,5 мкм). Это уникальный инструмент для криминалистов.

В Институте физики им. Б.И. Степанова разработан ряд уникальных лазерных систем с диодной накач-



Программное обеспечение интеллектуального прогнозирования рисков развития рецидивов костных сарком, Объединенный институт проблем информатики



Установка молекулярно-пучковой эпитаксии нитридов для роста гетероструктур, Институт физики им. Б.И. Степанова

кой со встроенными телескопическими приемными и передающими системами, которые применяются в самых новейших оптико-электронных комплексах различного назначения. В интересах научно-технического центра «ЛЭМТ» БелОМО разработан импульсный эрбиевый лазер, исключительные характеристики которого позволили получить инновационную дальномерную систему, по параметрам превышающую лучшие мировые разработки. Созданный учеными Института физики рамановский лидар контейнерного типа для зондирования атмосферы стал первым комплексом дистанционного мониторинга атмосферы в условиях Антарктиды. Лидар уже прошел испытания на открытых площадках Белорусской антарктической станции.

Немало сильных прикладных IT-решений создано Центром систем идентификации, который осуществляет комплексное информационно-технологическое обеспечение процессов идентификации, маркировки и контроля оборота изделий, производимых в Республике Беларусь, а также продукции, поставляемой в Российскую Федерацию и другие государства – члены ЕАЭС. В течение 2021 г. Центр

обеспечил сопровождение электронными ветсертификатами более 200 тыс. экспортных поставок на сумму более 2 млрд долл. из 525 предприятий Беларуси. Создан прототип информационной системы цифрового мониторинга маркированных RFID-метками объектов на основе технологий распределенных реестров (DLT/Blockchain) для применения в промышленных системах трассировки и прослеживаемости цепочек поставки продукции любого типа.

Научные результаты и разработки ученых Отделения показывают, что наша страна богата талантами, имеет высокий интеллектуальный капитал и способна генерировать уникальные продукты в разных высокотехнологичных сферах.

Отвечая на запросы времени

Перед наукой ставится задача повышать ее вклад в развитие экономики, ускорять инновационный цикл, заниматься вопросами импортозамещения. Для этих целей только за последние 2–3 года в организациях Отделения создан ряд отраслевых лабораторий, оснащенных самым современным оборудованием. Так, в отраслевой лаборатории молекулярно-пучковой эпита-

ции нитридных гетероструктур и испытаний лазерной и оптоэлектронной техники Института физики им. Б.И. Степанова разработана и оптимизируется технология высокотемпературной молекулярно-пучковой эпитакии слоев нитрида алюминия и нитрида алюминия-галлия в гетероструктурах на подложках сапфира и карбида кремния для создания транзисторной основы отечественной СВЧ и силовой электроники. Двойные гетероструктуры AlGaIn/GaN соответствуют лучшим мировым аналогам, а по ряду параметров превосходят их.

В лаборатории радиофотоники ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» налажен выпуск элементов и готовых приборных систем радиофотоники. Только в 2021 г. заказчикам было поставлено продукции на общую сумму порядка 1 млн руб. В целях импортозамещения в ОАО «Интеграл» совместно с сотрудниками ГНПО были разработаны базовые конструкции малогабаритных кремниевых лавинных фотодиодов и фотоумножителей, по ряду параметров превосходящие лучшие мировые аналоги, например, фотодиоды японской фирмы Hamamatsu. На ОАО «ИНТЕГРАЛ» налажен серийный выпуск





Аппаратно-программный комплекс лазерно-оптического сканирования, ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»



Лазерно-оптический анализатор дефектов для контроля поверхности неструктурированных пластин, Институт физики им. Б.И. Степанова



Интегральные микросхемы на подложках арсенида галлия, Минский НИИ радиоматериалов

лавинных фотодиодов, а также идет подготовка к освоению фотоумножителей.

Созданная в Минском НИИ радиоматериалов (МНИИРМ) отраслевая лаборатория проектирования и разработки фотошаблонов для обеспечения производства изделий микро-, опто- и СВЧ-электроники и МЭМС-технологий благодаря внедрению ноу-хау технологии травления в индуктивно-связанной хлорной плазме – пока единственный в СНГ изготовитель фотошаблонов с размерами элементов 0,7 мкм. Выпускаемая продукция востребована как в Беларуси, так и Российской Федерации. В 2021 г. выпущено изделий на сумму более 550 тыс. руб., из них – поставки на экспорт на 400 тыс. руб. Лаборатория намерена наращивать темпы производства. На базе собственных электронных компонентов разработаны прецизионные высоконадежные датчики, предназначенные для систем контроля осевой нагрузки транспортных средств, системы мониторинга газов и метеорологические комплексы. В интересах объединения «МАЗ» в ближайшее время планируется наладить выпуск импортозамещающей продукции – систем мониторинга метана в критичных точках автомобиля. Интерес к данной теме проявляет и российское предприятие «КаМАЗ».

В лабораториях Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий разработана уникальная технология получения эффективных широкополосных светодиодов на основе оригинальных люминофоров. Разработанные светодиодные

тепличные излучатели завоевывают популярность в хозяйствах нашей республики и за ее пределами. Их преимущество – в низкой энергоемкости (в 1,5–2 раза по сравнению с традиционными тепличными облучателями) и возможности подбора оптимальных условий освещения растений, что позволяет повысить урожайность различных культур. Данная продукция хорошо себя зарекомендовала в России, Казахстане, Сербии, Северной Македонии, Китае и других странах.

Не только разрабатывать, но и производить

Ведущие научные центры Национальной академии наук Беларуси являются флагманами в стране в «производстве» новых знаний. Академическая наука – мощный источник инноваций, а ее продукты обладают новизной и высокой добавленной стоимостью. Однако сегодня мало иметь разработку, патенты, интеллектуальную собственность, важно уметь наладить производство по выпуску высокотехнологичной продукции. Именно поэтому для организаций Отделения коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, решение многих задач в интересах белорусской экономики всегда были и будут в приоритете. В частности, Институт физики им. Б.И. Степанова готов обеспечить промышленность новой лазерной терапевтической аппаратурой, лазерной аппаратурой для экспресс-анализа, в перспективе отечественными СВЧ- и силовыми транзисторами, элементами силовой электроники на AlGaN

гетероструктурах и другими научными разработками.

Объединенный институт проблем информатики в ближайшее время займется организацией республиканского центра высокопроизводительного программного обеспечения с сетевым доступом абонентов ко всем вычислительным ресурсам, формированием в его рамках отделов медицинских, биоинформационных, геоинформационных, космических и информационных технологий. Все это станет ядром IT-града «Академический» и послужит развитию ответственной IT-индустрии.

Предприятие «Геоинформационные системы» в следующем году начнет работы над новым спутником дистанционного зондирования Земли и займется разработкой технологий для сборки наноспутников.

Центр систем идентификации разработает технологии «умных» контрактов для систем прослеживаемости цепочек поставок, в том числе с привлечением технологий искусственного интеллекта, Интернета вещей и др.

Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий продолжит разработки по созданию комплекта оборудования для многоярусных установок выращивания растений, включая приборы для освещения, обеззараживания и борьбы с насекомыми-вредителями на основе светодиодов видимого и ультрафиолетового диапазонов.

Расширить номенклатурный ряд импортозамещающих датчиков в интересах промышленных предприятий для отечественных гигантов, таких как «МТЗ», «МАЗ», «Амкодор»,

«Керамин», намерены в Минском НИИ радиоматериалов, где также планируется освоить производство корпусированных многокомпонентных интегральных схем X диапазона для комплектования изделий специального назначения.

В Центре геофизического мониторинга НАН Беларуси займутся формированием постоянной локальной сети сейсмических наблюдений для контроля стабильности параметров проектных основ и получением текущей объективной информации об изменениях геодинамической ситуации в районе расположения Белорусской АЭС.

И это планы только на 2023 г. Конечно, в среднесрочной перспективе – создание лаборатории искусственного интеллекта, промышленной робототехники, отраслевой лаборатории микроэлектроники, совместных лабораторий и центров с ближайшими зарубежными партнерами, развитие космических исследований. Это, несомненно, потребует создания новых научных объединений, расширения международного сотрудничества и, прежде всего, в рамках Союзного государства, ЕАЭС и СНГ, а также сотрудничества с такими авторитетными организациями, как Курчатовский центр, Объединенный институт ядерных исследований в Дубне, Сибирское отделение РАН, научные центры Санкт-Петербурга и др.

В Отделении сформированы известные научные школы, есть ученые и современные лаборатории, способные создавать выдающиеся разработки и инновации, в том числе достойные мирового признания. ■



Отраслевая лаборатория проектирования и разработки фотошаблонов для производства изделий микро-, опто- и СВЧ-электроники, Минский НИИ радиоматериалов



Участок сборки изделий электронной техники, Минский НИИ радиоматериалов



Лазерная установка многоцелевого назначения для формирования микроизображений, Минский НИИ радиоматериалов



ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

**ВАЖНЕЙШИЕ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ**

Обеспечение технологического суверенитета страны – главная задача Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, сформированного в 1936 г. Замещение критического импорта (производственного оборудования, комплектующих, материалов) и наращивание экспорта наукоемкой продукции – направления, в которых успешно работают организации Отделения, активно взаимодействуя с предприятиями Министерства промышленности, концерна «Белнефтехим» и другими. Особо востребованы разработки в области композиционных, многофункциональных и специализированных материалов, трения и изнашивания, управления структурой и свойствами поверхности, числового программного управления и робототехнических комплексов, металлургических технологий, машиностроения.

Среди недавних наиболее значимых фундаментальных результатов – разработка и исследование гетероструктуры, в которой на подложках кремния с квантовыми точками германий-кремний были добавлены двумерные периодические массивы металлических нанодисков из золота или алюминия. Эта работа, проведенная сотрудниками Научно-практического центра НАН Беларуси по материаловедению и Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, позволила получить структуру, имеющую уникальные светоизлучающие и детектирующие (сенсорные) характеристики благодаря возникновению сильных плазмонных эффектов. Это дало возможность повысить квантовую эффективность фотопри-

НА ПУТИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ СУВЕРЕНИТЕТУ



Сергей Щербаков,
академик-секретарь
Отделения физико-
технических наук
НАН Беларуси,
доктор физико-
математических наук,
профессор

ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК НАН БЕЛАРУСИ

емников и излучателей в 40 раз в ближнем инфракрасном диапазоне и в 15 раз – в среднем. Подобные приборы могут применяться в системах волоконно-оптической связи, ночного видения, мониторинга поверхности Земли из космоса, наблюдения за космическими объектами с Земли и космических станций.

Учеными Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси (ИТМО) впервые была установлена пространственная структура фронта пламени, очагов спонтанного самовоспламенения, а также физико-химические механизмы их появления в процессе перехода горения к детонации в трубах постоянного сечения, что необходимо для фундаментального понимания процессов горения и взрыва, а также их более эффективного использования в энергетике и двигателестроении.

В Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси (ИММС) впервые обнаружено, что при трении полимерных композитов в условиях граничной смазки возможно достижение метастабильного состояния узла трения, характеризующегося минимальным износом и высокой стабильностью коэффициента трения. Экспериментально установлено, что при воздействии на компоненты фрикционных композиционных материалов низкотемпературной плазмы и высокочастотного электромагнитного поля наблюдается изменение статико-кинетических характеристик трения, минимизирующих фрикционные

автоколебания, в результате чего происходит аномальное снижение динамической неустойчивости механических систем с трением, и, как следствие – уменьшение интенсивности высокочастотной акустической эмиссии фрикционного взаимодействия во внешнюю среду.

Работа «Обнаружение эффекта аномального снижения динамической неустойчивости механических систем с трением при разработке фрикционных изделий нового поколения» вошла в топ-10 результатов деятельности ученых НАН Беларуси в области фундаментальных и прикладных исследований в 2021 г.

ПРИКЛАДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Организациями Отделения реализованы крупные разработки в области современного материаловедения, машиностроения, ведутся актуальные работы в сфере энергетики в ходе выполнения государственных программ научных и научно-технических исследований, а также программ Союзного государства.

В рамках реализации Комплексной программы развития электротранспорта на 2021–2025 гг., а также подпрограммы «Развитие электротранспорта» программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг., Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси (ОИМ)

созданы: макетный образец электромобиля на базе серийного прототипа Geely SC7; образцы тяговой аккумуляторной батареи электромобиля, электронные системы управления тяговой батареей и электродвигателем, образец отечественного электродвигателя легкового электромобиля; макетный образец электромобиля каркасно-панельной конструкции; экспериментальные образцы электроминивэна, каркасно-панельного грузового электромобиля и электромобиля типа родстер; система расчета, принципы конструирования и испытаний электропривода, аккумуляторной батареи и силовой электроники под любой (заданный) кузов электромобиля; гибридная силовая установка карьерного самосвала БелАЗ грузоподъемностью 90 т, электро-механическая силовая установка электрогрузовика МА34371 для городских и пригородных перевозок; электропривод для льдозаливочного комбайна МТЗ.

На базе Республиканского компьютерного центра машиностроительного профиля ОИМ формируется научная школа основ цифрового проектирования машин и компонентов, которая включает развитие таких направлений, как промышленный дизайн, комплексные расчеты и исследования, конструирование, что позволяет эффективно реализовать полный процесс разработки: от концепции изделия до его опытного образца (рис. 1). Специалистами ОИМ освоены технологии 3D-печати, реверсинжиниринга, прямого 3D-моделирования и работы с поверхностями произвольной формы, виртуальной реальности и виртуального моделирования испытаний машин и компонентов (краш-тесты) и другие цифровые компетенции. В 2016–2020 гг. Институт

принимал участие в выполнении 15 заданий подпрограммы «Автотракторокомбайностроение» государственной научно-технической программы (ГНТП) «Машиностроение и машиностроительные технологии» – в результате с применением цифрового проектирования была разработана новая техника различного вида и назначения и выпущено более 330 ее единиц на сумму более 55 млн руб.

ИТМО – головная организация – исполнитель государственной программы научных исследований (ГПНИ) «Энергетические и ядерные процессы и технологии». Полученные фундаментальные результаты позволили разработать:

- широкий типоряд электропечей сопротивления (рабочие температуры до 1600 °С), обеспечивающих снижение энергопотребления и повышение качества термообработки металлов;
- технологии и оборудование для магнитореологического полирования оптических элементов из оптических и полупроводниковых материалов с плоской, сферической и асферической формой поверхности размерами 10–2500 мм;
- научные основы и технологии высокоэффективного сжигания биотоплив в циклонно-слоевых топках с повышенным КПД и минимальными выбросами;
- модули для оптического, флуоресцентно-оптического и контактно-зондового анализа живых клеток *in vitro*;
- автоматизированную систему контроля и управления процессом газовой цементации, позволяющую сократить общее время цементации на 10–20% и повысить качество обработки;
- установку комбинированной термолизно-плазменной газификации для экологически безопасной переработки или утилизации широкого спектра отходов с преобладающей органической частью;
- новую многостадийную технологию производства и опытные образцы подложек зеркал для космических телескопов диаметром 200 мм на основе композитного материала Si/SiC.

Высокоэффективные разработки Института последние 10 лет обеспечивали ежегодный объем экспорта 2,5–4,5 млн долл.

В рамках научно-технической программы Союзного государства «Технология-СГ» (2016–2020 гг.) ИТМО разработан и создан не имеющий аналогов электрорядный тяговый элемент с секционированным внешним электродом для плазменного



Рис. 1. Пример применения модельно-ориентированного подхода с использованием HiL-технологии при разработке машиностроительной продукции

микродвигателя космического назначения, позволяющий управлять пространственной ориентацией вектора тяги за счет электромагнитного взаимодействия токонесущих плазменных струй и характеризующийся отсутствием подвижных механических узлов и внешних магнитных систем (рис. 2).

Институтом энергетики НАН Беларуси при реализации подпрограммы «Энергетическая безопасность Республики Беларусь на основе принципов устойчивого развития» ГПНИ «Энергетические и ядерные процессы и технологии» подготовлен прогноз совершенствования национальной энергетической системы на период до 2050 г. с учетом эксплуатации БелАЭС и дальнейшего расширения объема возобновляемой энергетики на основе текущих тенденций топливно-энергетического комплекса и влияния межправительственных соглашений в сфере энергетики.

Разработана уникальная технология получения структурированного резистивного анода из алмазоподобного углерода (DLC) для газоразрядных детекторов ионизирующего излучения. В результате сотрудничества с ОИЯИ (г. Дубна) созданы образцы печатных плат с резистивным покрытием для эксперимента MPD коллаидера NICA.

Объединенным институтом энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси (ОИЭЯИ – Сосны) выполняются задания подпрограммы «Научное обеспечение эффективной и безопасной работы Белорусской атомной электростанции и перспективных направлений развития атомной энергетики» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника».

Проведена экспертиза ядерной и радиационной безопасности блока №1 БелАЭС, по результатам которой Министерством по чрезвычайным ситуациям выдана лицензия на эксплуатацию энергоблока.

Выполнены расчеты по разработке технического проекта и рабочей конструкторской документации для проведения исследований по использованию нового перспективного низкообогащенного ядерного топлива с различными спектрами нейтронов для выработки принципиально новых подходов к достижению более полного выгорания и рационального использования запасов ядерного топлива.

В рамках Подпрограммы «Ядерные исследования и технологии (теория, эксперимент, приложения)» ГПНИ «Энергетические и ядерные процессы и технологии» предложена модель и методика расчета параметров нейтронного потока в районе корпуса и околокорпусных элементов реактора в зави-



Рис. 2. Электро-разрядный тяговый элемент для плазменного микродвигателя

симости от выгорания в активной зоне реактора ВВЭР-1200 для первой топливной загрузки, которая может быть использована при проведении оценочных расчетов с целью обеспечения безопасной эксплуатации Белорусской АЭС.

НПЦ по материаловедению – головная организация по ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии», отраслевой научно-технической программы (ОНТП) «Инновационные технологии и техника», в ходе реализации которых разработаны и освоены технологии:

- создания многослойных электромагнитных и радиационных экранов для защиты интегральных микросхем, прошедшие успешные испытания на предприятии «Интеграл» и востребованные за рубежом;
- получения композиционного магнитомягкого материала с нанометровыми диэлектрическими покрытиями, на основе которого освоен выпуск магнитопроводов для трансформаторов, электродвигателей и электрогенераторов;



Рис. 3. Пилотная установка создания графеноподобного материала

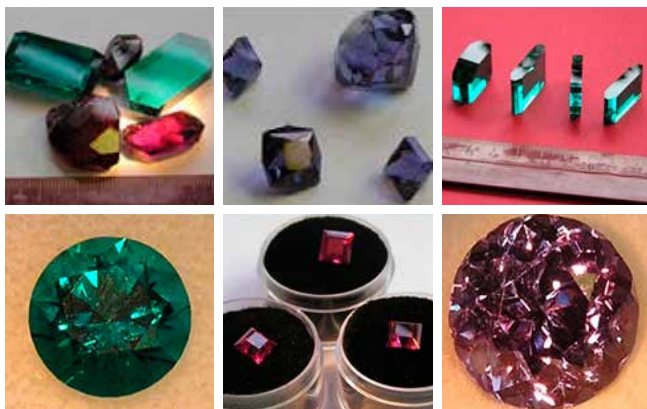


Рис. 4. Монокристаллы – аналоги драгоценных камней

- элементов топливных фильтров для автотракторной техники;
- обладающая мировой новизной технология получения графеноподобного углерода (рис. 3).

Развиты энергоресурсосберегающие технологии синтеза сверхтвёрдых материалов – искусственного алмаза и кубического нитрида бора. На их основе создан обрабатывающий инструмент, применяемый на МТЗ, Минском моторном заводе, Минском заводе автоматических линий им. П.М. Машерова и других предприятиях.



Рис. 5. Японский космический аппарат Mercury Magnetospheric Orbiter



Рис. 6. Оборудование для высокоскоростного индукционного нагрева

Разработанная в НПЦ по материаловедению оригинальная технология получения синтетических драгоценных камней – кристаллов изумруда – позволила наладить их производство для ювелирных украшений (рис. 4).

Введен в действие производственный участок по выпуску монокристаллов алмаза на 12 аппаратах типа БАРС, которые будут использоваться для научных исследований, поставяться ряду специализированных предприятий и реализовываться как ювелирные.

В рамках научно-технической программы Союзного государства «Космос-НТ» НПЦ по материаловедению разработана принципиально новая технология получения многослойных пленочных электромагнитных экранов для надежной защиты элементов бортовых устройств космических аппаратов нового поколения – микроспутников – от воздействия внешних магнитных и электромагнитных полей. Экраны обеспечивают электромагнитную совместимость электронных приборов на космическом аппарате, запущенном Японским агентством аэрокосмических исследований к планете Меркурий в октябре 2018 г. (рис. 5).

В кооперации с Физико-техническим институтом НАН Беларуси, Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники, Белорусским государственным университетом создан и испытан полномасштабный сверхпроводящий ниобиевый резонатор, который является базовым элементом международного линейного ускорителя электронов и протонов в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне.

Физико-техническим институтом НАН Беларуси (ФТИ) выполняются крупные комплексные работы в области индукционных технологий (рис. 6), химико-термической обработки, электронно-лучевой сварки, обработки металлов давлением (рис. 7), магнитно-импульсных технологий, формирования покрытий различного назначения и др., в результате которых созданы:

- универсальные установки для высокочастотной поверхностной термообработки зубчатых колес сельскохозяйственной техники;
- промышленное оборудование для ионно-плазменной обработки;
- производство автоматизированного оборудования ионно-плазменной цементации поверхности деталей в интересах организаций машиностроения;
- технология электронно-лучевой сварки рабочих поверхностей образцов сверхпроводящих ниобиевых резонаторов;



Рис. 7. Использование технологий пластической деформации для изготовления заготовок медицинского и иного назначения

- не имеющие аналогов в мировой практике технологии получения компонентов эндопротеза коленного сустава;
- технология и единственное в Беларуси производство облегченных бронжилетов на основе бронекomпозиционных панелей, обеспечивающих защиту по Бр5 классу;
- магнитоимпульсный пресс с числовым программным управлением для ОАО «БелАЗ»;
- технологии нанесения защитных и просветляющих алмазоподобных углеродных покрытий ИК-диапазона на поверхность оптических изделий (рис. 8).

В условиях санкционных ограничений в 2022 г. значительно активизировалась деятельность по решению вопросов критического импорта. Так, ФТИ проведен большой объем работ по импортозамещению нагревателей технологических линий и восстановлению печей для «МТЗ», «Минский подшипниковый завод» и др. Планируется расширение участия в проектах по разработке систем ЧПУ.

Институт технологии металлов НАН Беларуси (ИТМ) участвует в создании и модернизации литейных производств предприятий республики. За последние 10 лет разработано и изготовлено 12 видов технологического оборудования, выпущено импортозамещающей продукции на сумму свыше 5 млн долл., экспорт составил около 2 млн долл.

Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии (ГНПО ПМ) – ведущий межотраслевой центр в Республике Беларусь по получению широкого класса новых материалов и изделий методами порошковой металлургии, 3D-печати, взрывной обработки, нанесения защитных и функциональных покрытий специальными методами сварки, резки, пайки и наплавки, а также выполнения необходимых для республики работ по утилизации боеприпасов.

- В числе важнейших результатов:
- композиционные материалы на основе карбида кремния для оптической и оптоэлектронной промышленности, спектрографов и лазерной техники;
 - технологии термоградиентного газофазного уплотнения и получения сплава на основе W-Ni-Fe;
 - разработка и промышленное производство тепловых труб с капиллярно-пористой порошковой структурой, применяемых для эффективного охлаждения элементов электронных и электротехнических устройств (ГНПО ПМ – европейский лидер по данному вопросу, подобные изделия производятся только в Японии, Китае и США);
 - разработка высокопрочных деталей из порошковых легированных сталей; оборудование и технологии ионно-плазменной химико-технической обработки, повышающие качество изделий и их эксплуатационные характеристики;
 - новые технологии получения биметаллов электротехнического назначения, синтеза ультрадисперсных алмазов, нанопорошков сверхтвердых материалов на основе высокоэнергетических методов воздействия;
 - композиционные порошки с использованием механоактивации и СВС-процессов, технологии нанесения защитных покрытий для широкого применения в энергетике.

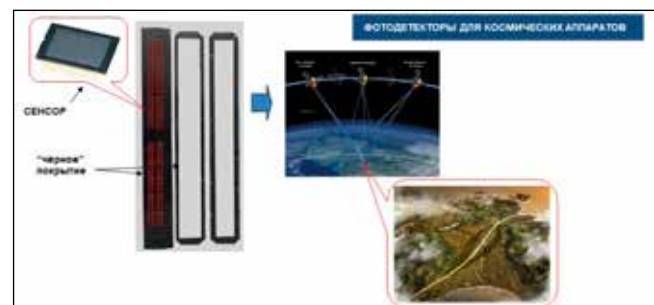


Рис. 8. Защитные и просветляющие оптические покрытия

В рамках ГНТП «Инновационные материалы и технологии» разработан состав фрикционного материала, обеспечивающий коэффициент трения 0,08–0,14 и интенсивность изнашивания не более 2–3 мкм/км. Разработана новая технология изготовления фрикционных дисков ИСПФ.01265.02516 для автотракторной техники. Совместно с ФТИ создана установка индукционной закалки зуба (рис. 9).

В качестве примера эффективных прикладных разработок ИММС можно отметить, например, технологию создания импортозамещающих гибких полиамидных труб для пневматических систем автотракторной и сельскохозяйственной техники, в частности для серийных моделей тракторов «Беларус», которые могут длительно работать в интервале температур от –60 °С до 100 °С (кратковременно до 130 °С) и способны при этом выдерживать давление 8–10 МПа (максимальное рабочее давление воздуха в пневмосистеме трактора составляет 1,0 МПа).

Пневмотрубы, производимые из разработанного смесового композита на базе полиамида 6, многотоннажно выпускаемого в Беларуси («Гродно Азот»), способны полностью заменить аналогичные изделия, которые отечественные предприятия длительное время вынуждены были изготавливать из импортного дорогостоящего (стоимость до 20 долл. за 1 кг) полиамида 11. Экономия валютных средств составляет более 10 тыс. долл. на 1 т готовой продукции. Внедрение гибких труб уже организовано на «Гомсельмаш» и других предприятиях с целью исключения импортных закупок, составляющих несколько млн долл. в год.

Результаты фундаментальных исследований в области виброакустики трения легли в основу

разработки новых коммерческих составов и технологий получения экологически безопасных безасбестовых фрикционных композитов и изделий из них с улучшенными физико-механическими и виброакустическими характеристиками для узлов стационарного и нестационарного трения (фрикционных дисков, тормозных колодок, фрикционных втулок и накладок) для комплектации технологических машин, применяемых при производстве металлокорда на «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК», тракторов «Белорус», зерно- и кормоуборочных комбайнов, металлообрабатывающих станков, технического обустройства аэропортов, железных дорог и нефтеперерабатывающих комплексов. Например, применение импортозамещающих фрикционных изделий только на «БМЗ» позволило за последние 5 лет получить экономию валютных средств более 2 млн долл. и снизить шумовое загрязнение в цехах завода.

В ИММС создан опытно-экспериментальный участок по производству полимерных фрикционных материалов. За 2020–2022 г. выпущено более 110 тыс. изделий. Поставки осуществляются как на ведущие белорусские предприятия, так и за рубеж. Так, Институт – сертифицированный поставщик бесшумных тормозных элементов для самолетов семейства «Туполев». Кроме того, разработанные фрикционные материалы и изделия из них получили одобрение производителей оборудования «Danielli», установленного на «БМЗ», и буровых установок «Drillmes» (Италия).

Институт технической акустики НАН Беларуси (ИТА) – ведущая организация страны по разработке оборудования и технологий использования мощного ультразвука в процессах деформирования, термической обработки, сварки и обработки различных материалов для предприятий машино- и приборостроения, легкой промышленности, энергетики, медицины и др.

Создана научная школа по термоупругим фазовым превращениям, а исследования свойств интеллектуальных материалов на основе TiNi-сплавов легли в основу новых технологий их обработки для изготовления изделий технического и медицинского назначения. Одна из значимых разработок, не имеющая аналогов в Республике Беларусь и странах СНГ, – конструкция и технология



Рис. 9. Фрикционный диск с термообработанным зубом для автотракторной техники



Приборы контроля специальных теплозащитных покрытий, применяющихся в ракетно-космической технике

Портативный радиолокатор для визуализации структуры строительных конструкций

Рис. 10. Инновационные разработки Института прикладной физики НАН Беларуси

изготовления стентов колоректальных из TiNi-сплава, предназначенных для лечения злокачественных новообразований. Изделие уже прошло клинические испытания. В 2021 г. запатентована модель нового медицинского изделия из этого материала – хирургического инструмента для лечения экстрасфинктерных параректальных свищей прямой кишки.

Среди инновационных разработок ученых Института прикладной физики НАН Беларуси (ИПФ):

- серия толщиномеров для различных покрытий;
- ультразвуковой метод и устройство для измерения глубины упрочненных слоев с точностью 0,1 мм, не имеющие аналогов в мире;
- дефектоскопы и автоматизированные дефектоскопические комплексы с высокой чувствительностью к нарушениям сплошности материала;
- портативный радиолокатор для визуализации структуры строительных конструкций, обнаружения неоднородностей в них;
- портативный твердомер для неразрушающего измерения твердости изделий из сталей; уникальный специализированный прибор для неинвазивного контроля физико-механических характеристик чугуна различных марок и др. (рис. 10).

На таких знаковых объектах Республики Беларусь, как «Минск-Арена», «Минск-Чижовка», Центр фристайла, высотные здания «Парус» и «Грин-Сити» в г. Минске, внедрена разработанная в ИПФ система непрерывного автоматического мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе их строительства и эксплуатации.

Разработан метод реконструкции динамических полей концентрации электронов в ионосфере, позволяющий осуществлять реконструкцию по данным высокоорбитальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS.

В 2018 г. создан Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси для проведения научных исследований в области развития ЖКХ, формирования отраслевой научной

и инновационно-технической политики. Среди основных направлений его деятельности – экономика отрасли; «умные» технологии; новые методы и системы управления коммунальными ресурсами и обращения с отходами.

С учетом разработанной Институтом совместно с Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь Стратегии научно-технического и инновационного развития ЖКХ на 2021–2025 гг. сформирована тематика научных исследований в рамках подпрограммы «Инновационное развитие отрасли жилищно-коммунального хозяйства» государственной программы «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021–2025 гг.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ОТДЕЛЕНИЯ

Один из примеров успешной работы инновационных предприятий Отделения физико-технических наук НАН Беларуси – НПО «Центр», ведущий разработчик технологий переработки рудных и нерудных материалов, производитель уникального раскройного, литейного оборудования и центробежной техники, применяемой как в промышленности, так и в научных и медицинских целях. Здесь выполняется полный цикл работ: от научных исследований до проектирования и серийного изготовления современных технологических комплексов.

НПО Центр поставляет оборудование для переработки минерального сырья в Россию, Украину, Вьетнам, Гану, Индию, Казахстан, Узбекистан и др. Импортозамещающие технологии нашли свое применение и на предприятиях Республики Беларусь.

Так, внедрение дробилок на ОАО «Беларуськалий» обеспечило прирост товарного производства на 15%. На «Белорусском цементном заводе» впервые в стране начат выпуск высококачественной извести для цементных производств на отечественном оборудовании. Линия по использованию местных видов сырья (торфа) при изготовлении цемента внедрена на «Красносельскстройматериалы». Замена на «Полоцкстекловолокно» струйных мельниц для помола песка и эрклеза на измельчительные комплексы НПО «Центр» дала ежемесячную экономию энергозатрат на сумму более 100 тыс. долл. В 2020 г. разработана и введена в эксплуатацию на предприятии «Гранит» первая в мире технологическая линия по получению высококачественного кубовидного щебня фракции 25–60 мм для балластного слоя



высокоскоростных железнодорожных путей, что позволит существенно повысить качество и прочность железнодорожного полотна.

По поручению Главы государства в 2016 г. на базе НПО «Центр» создан уникальный для Беларуси Научно-производственный комплекс электронно-лучевой сварки, оборудованный крупногабаритными вакуумными установками (рис. 11). В 2016–2022 гг. здесь выполнен ряд работ как в интересах республиканских предприятий, так и экспортные заказы в рамках проектов по созданию лазерных установок класса мегасайенс в Российской Федерации.

Опытно-производственное республиканское унитарное предприятие «Феррит» было создано для проведения работ, связанных с твердотельной электроникой, включая выпуск магнитных материалов, разработку и изготовление продукции на их основе в виде опытных образцов и малых серий. В сжатые сроки было освоено производство необходимых ферритовых изделий по номенклатуре предприятий в Беларуси. Постоянные магниты, конвейеры, вибропитатели и т.д. благодаря высоким эксплуатационным показателям, качеству и надежности хорошо зарекомендовали себя на предприятиях радиотехнической промышленности, машиностроения и других отраслей в Беларуси, странах СНГ, Восточной Европы, дальнего зарубежья.

Основные направления деятельности Республиканского научно-производственного унитарного предприятия «Центр радиотехники НАН Беларуси» – фундаментальные и прикладные проблемы радиолокации и радиоэлектронной борьбы. В рамках подпрограммы «Военная безопасность и обороноспособность государства» ГПНИ «Цифровые



Рис. 11. Изготовление сложнотехнических элементов и узлов лазерных установок класса мегасайенс для исследований в области термоядерного синтеза

и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» успешно завершены разработка и изготовление макета навигационного приемника импульсно-фазовой радионавигационной системы длинноволнового диапазона «Чайка», значительно повышающего возможности по определению местоположения наземных объектов.

Среди последних разработок центра, выполняемых в рамках международного сотрудничества – НИОКР «Разработка технологии обнаружения космических объектов в ближнем космосе с помощью наземного радиолокатора».

Предприятие активно развивает перспективные направления, в том числе по обнаружению и визуализации живых существ за непрозрачными препятствиями, включая стены строений, разработке радиолокационных станций обнаружения сверхмалых подвижных наземных и низколетящих объектов (дронов) в широком секторе углов и др.

«Приборостроительный завод «Оптрон» специализируется на создании мехатронных систем, в том числе планетарно-цевочных редукторов и мотор-редукторов, обладающих большей нагрузочной способностью, высокими КПД и кинематической точностью и нашедших широкое применение в таких сферах, как точная механика и робототехника, в военно-промышленном комплексе, сельскохозяйственной, машиностроительной и строительной отраслях. Является разработчиком технологий и оборудования в области персональных электротранспортных средств и их компонентов: мотор-колес, литий-ионных аккумуляторных батарей, блоков управления электродвигателями.

В рамках сотрудничества с «Конструкторским бюро «Дисплей» Государственного военно-промышленного комитета Республики Беларусь разработана литиевая батарея для беспилотного летательного аппарата, изготовлена их опытная партия. Выпускаются многоэлементные литиевые аккумуляторные батареи для инвалидных колясок производства «Белорусского протезно-ортопедического восстановительного центра».

«Научно-производственный центр multifunctionальных беспилотных комплексов» создан для проведения исследований и разработок по конструированию беспилотных авиационных комплексов (БАК), включая аппараты самолетного типа (рис. 12) и на базе дирижаблей, наземных пунктов управления, аппаратно-программных и пилотажно-навигационных комплексов, а также тренажеров по подготовке операторов беспилотных летательных аппаратов.



Рис. 12. Новый БЛА «Буревестник 9» с размахом крыла 9 м

Разработаны 10 типов и модификаций БАК («Бусел», «Ворон», «Бусел М», «Бусел М40», «Бусел М50», «Бусел МБ», «Буревестник», «Дрон», «Мишень», «Буревестник МН»). Их применение позволяет решать задачи дистанционного мониторинга местности и объектов в интересах обороны, для оценки развития чрезвычайных ситуаций, охраны границ, лесных массивов, борьбы с браконьерством и др.

Научно-внедренческое республиканское унитарное предприятие «Элкерм» создано для продвижения работ по производству станций обезжелезивания, выполняемых в рамках Комплексной программы развития Оршанского района на период до 2023 г. В 2021 г. реализован договор на разработку технологии и конструкторской документации на систему очистки сточных промышленных вод производительностью до 100 м³/сутки для «БелАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». Изготовлена и поставлена станция обезжелезивания, использующая технологию прямого электролиза воды с электрохимическим окислением примесей, позволяющая производить очистку сложной по составу воды.

«ОКБ Академическое» – единственное в своем роде предприятие в Беларуси, занимающееся разработкой и изготовлением оборудования, работающего под избыточным давлением. Оно активно решает вопросы импортозамещения с концернами «Белнефтехим» и «Белгоспищепром».

НАШИ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Организации Отделения физико-технических наук НАН Беларуси концентрируют свои усилия на создании персонального, легкового и электротранспорта специального назначения; компонентов силового электропривода автомобилей, аккумуляторных накопителей энергии, в том числе нового типа – на основе натрия, водородных топливных элементов; беспилотной техники, включая летательные аппараты; экспериментальной базы для солнечной энергетики; приборов неразрушающего контроля и технической диагностики; новых видов полимерной продукции многофункционального назначения; порошковых материалов и аддитивных технологий; протезов и имплантов; цифровых двойников технических и биомеханических систем.

Среди приоритетов Отделения – участие в мегасайенс-проектах с российскими коллегами, в частности для исследования свойств материалов и их модификации излучением высокопоточного исследовательского реактора ПИК Курчатовского института в Гатчине, создания резонаторов и детекторов для коллайдера протонов и тяжелых ионов NICA Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

Вопрос становления и развития Академтехнограда – один из основных для нашего Отделения. Сейчас формируется пул участников этой работы, определяется формат их взаимодействия, а также роль Физико-технического института как координатора. И главное – формулируются задачи для «Академтехнограда», связанные с импортозамещением и обеспечением технологического суверенитета страны. В итоге «Академтехноград» должен стать интегратором научных, технологических и производственных компетенций Отделения физико-технических наук, а также основной площадкой для внедрения совместно созданных инноваций. ■



ОТДЕЛЕНИЕ
БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Инновационное развитие ряда отраслей экономики Республики Беларусь – сельского и лесного хозяйства, здравоохранения, пищевой промышленности, биотехнологического сектора и других, базирующихся на достижениях биологической науки, – является одной из приоритетных задач научных организаций, входящих в состав Отделения биологических наук НАН Беларуси. В последнее время наряду с изучением традиционных объектов животного и растительного мира, микроорганизмов особое внимание уделяется проведению комплексных исследований, связанных с обеспечением здоровья людей, решением продовольственных проблем, сохранением живой природы и биоразнообразия. Успешность реализации данных задач во многом определяется мультидисциплинарным подходом к их решению, а также широким применением инновационных методов молекулярной биологии, биофизики, генетики, микробиологии и др.

Объединение усилий представителей различных направлений, от классического естествознания и системной биологии (включая так назы-

ваемые «синтетические» науки – геномику, протеомику, метаболомику) до компьютерных технологий и инженерной науки, а также активное использование в исследовательском процессе подходов молекулярной биологии, генетики, биофизики, вычислительной техники и компьютерного дизайна обеспечивает бурный прогресс биологической науки. Сегодня она обладает не только знаниями, позволяющими понимать суть многих молекулярных механизмов функционирования живых организмов, но и инструментами, средствами и технологиями, необходимыми для изменения свойств существующих и создания новых продуктов и даже новых биологических систем с необходимыми качествами.

Среди значимых результатов в области медико-биологических инноваций следует отметить разработки коллектива Института генетики и цитологии НАН Беларуси, связанные с молекулярно-генетической диагностикой предрасположенности к социально значимым заболеваниям, таким как сердечно-сосудистые, эндокринные, костно-мышечные, а также невынашивание беременности. Несмотря на общемировые достижения в данной сфере, зачастую эффективность их прак-

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК



Валентина Рассадина,
заместитель академика-секретаря Отделения биологических наук НАН Беларуси, кандидат биологических наук



Жанна Анисова,
ученый секретарь Отделения биологических наук НАН Беларуси, кандидат биологических наук



Олег Баранов,
академик-секретарь Отделения биологических наук НАН Беларуси, член-корреспондент

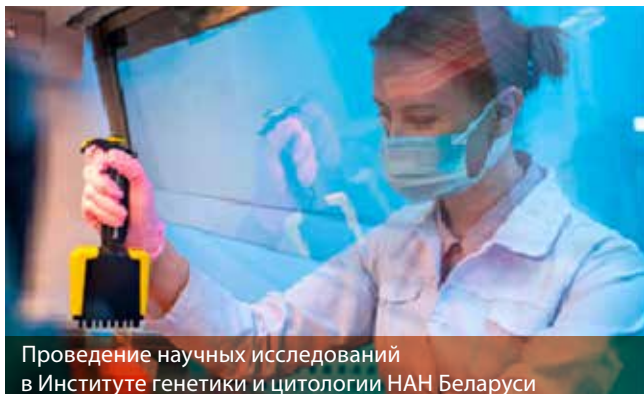
тической реализации зависит от региональных или популяционных особенностей исследуемых групп пациентов и, как правило, требует адаптации технологий и методик к текущим условиям.

Многолетнее изучение индивидуальных генетических характеристик пациентов из белорусской популяции позволило не только установить молекулярно-генетические механизмы патогенеза, но и сформировать набор диагностических ДНК-маркеров, а также актуализировать перечень мутаций, ассоциированных с развитием наиболее значимых болезней. Впервые для нашего региона по результатам тестирования генов системы гемостаза, артериального давления, ангиогенеза, регуляции функции эндотелия осуществлена многосторонняя оценка риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Детализированы генетические механизмы развития различных костно-мышечных нарушений, выявлен ряд информативных генетических маркеров, ассоциированных с патологией метаболизма костной ткани, определены комбинации аллельных вариантов данных генов, многократно повышающие вероятность возникновения заболеваний. Разработана и внедрена в кли-

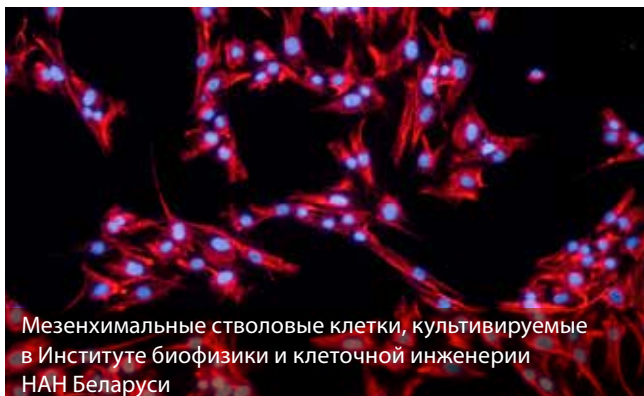
ническую практику инновационная модель прогнозирования риска патологических костных переломов, обладающая высокой диагностической и прогностической ценностью.

Еще одним актуальным аспектом стал анализ генов, связанных с нарушением физиологического процесса протекания беременности. В ходе исследований установлены неблагоприятные варианты наследственных единиц, ассоциированных с повышенным риском невынашивания плода, что дает возможность осуществлять своевременную профилактику развития патологий.

Также учеными-генетиками проведены исследования в области фармакогенетики – раздела генетики, изучающего наследственные аспекты транспорта, метаболизации и влияния лекарственных средств на организм человека. Согласно данным научной литературы, эффективность их воздействия в значительной степени (до 95%) зависит от генетических особенностей индивидуума, а реакции на препарат могут варьировать от положительной до отрицательной, включая побочные эффекты – вплоть до летальных. На основании проведенных широкомасштабных исследований Института генетики и цитологии



Проведение научных исследований в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси



Мезенхимальные стволовые клетки, культивируемые в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси



Научно-производственный центр биотехнологий и инновационная продукция Института микробиологии НАН Беларуси

НАН Беларуси разработаны протоколы определения фармакогенетических маркеров чувствительности человека к ряду лекарственных средств, применяемых для лечения сердечно-сосудистых заболеваний (варфарин, клопидогрел), диабета (метформин), остеопороза (бисфосфонаты, деносумаб), что также позволяет оптимизировать протоколы лекарственной терапии.

С использованием разработок Института генетики и цитологии выполнено более 20 тыс. тест-анализов для граждан Беларуси и сопредельных стран. В практику отечественных медицинских организаций внедрено 10 разработок, утверждены 2 инструкции по применению и 9 методических рекомендаций, получен 1 патент. Результаты исследований опубликованы в высокорейтинговых изданиях.

Значительный интерес вызывают инновации в области медико-биологических исследований, созданные в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, – биомедицинские клеточные продукты (БМКП) на основе стволовых и моноцитарных дендритных клеток, кератиноцитов и фибробластов кожи. Разработанные БМКП могут быть эффективно использованы в практике медицинских учреждений с целью восстановления тканей и органов в хирургии, стоматологии, офтальмологии, комбустиологии, урологии, травматологии, неврологии, косметологии, лечения аллергических, онкологических и аутоиммунных заболеваний. Среди последних особую актуальность имеют болезни, связанные с избыточным иммунным ответом, включая аллергические заболевания, а также некоторые инфекции, в развитии которых важная роль отводится чрезмерной реактивности защитной системы человека.

Так, в 2021 г. совместно с Белорусским государственным медицинским университетом проведены клинические испытания метода лечения тяжелых COVID-19-ассоциированных пневмоний с использованием донорских пулированных стромальных стволовых клеток. В целом показана высокая эффективность этого подхода: в группе исследования выжило на 40% больше пациентов. Еще одним примером в данной области является разработка метода лечения системной красной волчанки с поражением почек – тяжелого аутоиммунного заболевания. В отличие от стандартного протокола терапии, использованы не собственные стволовые клетки пациента, а взятые у определенного донора. Такой подход позволяет в наибольшей степени стандартизировать клеточный продукт

по его функциональным свойствам, а также значительно сократить срок начала выполнения терапии: до нескольких часов вместо 3 – 5 недель, необходимых для получения препарата аутологичных клеток.

В Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси разработаны новые для нашей страны клеточные продукты на основе толерогенных дендритных клеток и Т-регуляторных лимфоцитов, что позволило приступить к клеточной терапии таких социально значимых аутоиммунных болезней, как сахарный диабет 1-го типа и системный склероз. Для лечения онкозаболеваний могут быть использованы моноцитарные дендритные клетки, применение которых способно предотвратить или отсрочить появление метастазов, а также дает возможность в значительной степени продлить жизнь пациентам даже на поздних стадиях онкопроцесса. При помощи дендритных клеток проведен курс терапии более чем для 200 пациентов. В целом институтом зарегистрировано 5 биомедицинских клеточных продуктов и разработано 11 инструкций на методы лечения на их основе.

Одним из примеров результативности использования бюджетного финансирования является создание и функционирование уникальных коллекций декоративных, лекарственных, пищевых и технических растений мировой флоры в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси – научном объекте, составляющем национальное достояние. Общее количество представленных в коллекции таксонов, включая редкие для республики и исчезающие виды растений, превышает 15,5 тыс. единиц.

Формирование ботанических коллекций положило начало развитию новых для страны подотраслей народного хозяйства – нетрадиционного плодоводства, лекарственного и пряно-ароматического растениеводства, обеспечило активизацию отечественного зеленого строительства и декоративного садоводства, способствовало решению ряда экологических проблем.

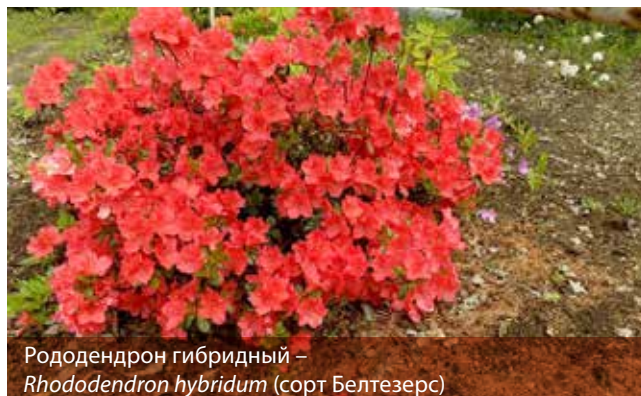
В рамках создания коллекций к первичному интродукционному испытанию привлечено более 270 тыс. образцов растений из разных регионов земного шара, что позволило собрать, регулярно пополнять и обновлять национальный генофонд декоративных, древесно-кустарниковых, лекарственных, пряно-ароматических, плодово-ягодных растений, а также резервный генофонд редких и исчезающих видов природной флоры Беларуси.



Книжное издание «Черная книга инвазивных видов животных Беларуси»



Ирис гибридный – *Iris hybrida* (сорт Юрий Пен)

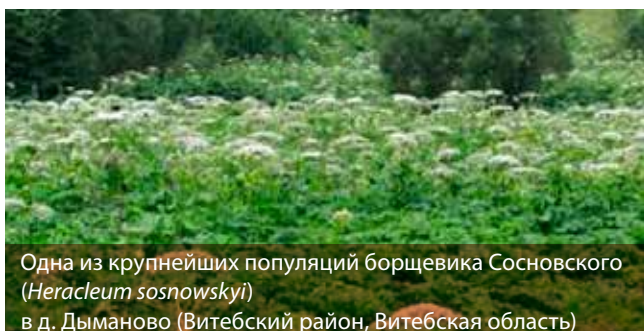


Рододендрон гибридный – *Rhododendron hybridum* (сорт Белтезерс)



По результатам выполнения научно-исследовательских работ создано 225 сортов лекарственных, декоративных и пряно-ароматических растений, отобрано более 210 интродуцированных видов, форм и сортов декоративных, плодово-ягодных, лекарственных культур, перспективных для возделывания в условиях Беларуси. Все сорта успешно прошли государственные испытания и включены в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород.

Стоит отметить, что многие из сортов Центрального ботанического сада выступают родоначальниками отечественной селекции интродуцированных видов и характеризуются высокой конкурентоспособностью как на внутреннем, так и на внешнем рынке. С их помощью решаются задачи в сфере озеленения – и не только крупных городов, промышленных центров и отдельных предприятий, но и антропогенно нарушенных территорий. Внедрение новых сортов, как показывает практика, имеет и значимый социальный эффект, включая оздоровление окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, сохранение биологического разнообразия, культурного и исторического наследия страны.



Одна из крупнейших популяций борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) в д. Дыманово (Витебский район, Витебская область)



Опытно-производственный цех по выращиванию вешенки, (Корневская экспериментальная лесная база Института леса НАН Беларуси)

Примером значимого социального эффекта реализации государственных научных программ являются мероприятия по предотвращению проникновения на территорию Беларуси и последующего распространения инвазивных видов растений и животных.

Актуальность данной проблемы особенно обострилась в последние десятилетия, что связано с резким усилением антропогенного воздействия (в основном за счет развития и расширения географии международных перевозок грузов и пассажиров) как основным фактором, способствующим инвазии чужеродных видов флоры и фауны. На интенсивность процесса их расселения также влияют глобальные климатические изменения, что в совокупности определяет это явление как глобальную экологическую проблему, имеющую целый ряд негативных последствий не только экологического, но экономического и социального характера. По заключениям международных экспертов, экспансия в глобальном масштабе представляет собой вторую по значимости (после антропогенного загрязнения окружающей среды) причину вымирания местных видов и снижения биоразнообразия. С участием организаций НАН Беларуси разработаны Национальная стратегия и План действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия страны, одной из приоритетных задач которых является минимизация негативного влияния инвазивных чужеродных видов диких животных и дикорастущих растений на состояние популяций аборигенных видов и экосистем в целом.

Результатом проведенных широкомасштабных исследований явилось издание двух монографий: «Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения» и «Черная книга инвазивных видов животных Беларуси». В них обобщены сведения о биологических и экологических особенностях наиболее агрессивных видов, широко распространившихся в экосистемах нашей страны за последние десятилетия: история их проникновения, характер негативного воздействия на природные экосистемы, экономику и здоровье людей; кроме того, даны рекомендации по предотвращению такого нежелательного явления.

НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам совместно с Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси создали базу данных по инвазивным видам растений и животных на трансграничных участках соседних государств (сайт: www.ias.by). Ресурс содержит информацию о чужеродных

видах, которые потенциально могут проникать на территорию республики, а также уже зарегистрированных здесь инвайдерах. Характеристика каждого вида включает в себя сведения о его происхождении, инвазионном потенциале, вредности, стране проникновения, пути расселения и уровне опасности для существующих на данной территории сообществ.

Среди «чернокнижников» особое внимание привлекает борщевик Сосновского, ставший своеобразным символом инвазионных растений в нашей стране. Ярко выраженные особенности его внешнего вида, высокая семенная продуктивность, способность наносить не только экологический ущерб, но и вред здоровью человека, устойчивость к профилактическим мероприятиям делают его растением-агрессором номер один. Деятельность по борьбе с ним на территории республики осуществляется в рамках реализации специального «Плана действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения вредоносного чужеродного вида – борщевика Сосновского» и «Стратегии и плана действий по борьбе с борщевиком Сосновского и другими наиболее опасными инвазивными видами растений на территории Республики Беларусь». Аналогичный комплекс мероприятий реализован и в г. Минске, в том числе с участием научных учреждений НАН Беларуси.

Для широкомасштабного внедрения созданных инноваций при учреждениях Отделения биологических наук организованы малые производства, обеспечивающие выпуск высокотехнологичной продукции и ее реализацию как на внутреннем, так и внешнем рынках.

Один из примеров – Научно-производственный центр биотехнологий, функционирующий при Институте микробиологии НАН Беларуси. Это биотехнологическое производство полного цикла, оснащенное современным технологическим оборудованием для ферментации микроорганизмов-продуцентов и получения более 60 видов биопрепаратов различного назначения, начиная от пробиотических составов для животноводства и заканчивая широким спектром биопестицидов для растениеводства. Его проектная мощность составляет 20 т сухих препаратов и 90 т жидких комплексных микробных в год.

Среди наиболее востребованных в сельском хозяйстве биопрепаратов можно отметить такие, как Фрутин (для контроля возбудителей болезней ягодных и плодовых культур), Бетапротек-



Одна из крупнейших популяций эхиноцистиса лопастного (*Echinocystis lobata*) в окрестностях г. Дубровно (Дубровенский район, Витебская область)

тин (для борьбы с кагатной гнилью сахарной свеклы, корневыми гнилями томата и огурца), Экогрин (для защиты овощных и зеленных культур от болезней в условиях малообъемной гидропоники), Фитопротектин, Бацитурин, Бактосол, Ксантрел (для защиты картофеля и овощных культур от вредителей и болезней), Мультифаг (от бактериоза овощных культур).

В ряду пробиотиков и кормовых добавок особой популярностью в животноводстве и ветеринарии пользуются смеси на основе молочнокислых и бифидобактерий в жидкой и сухой товарных формах: ДКМ, ДКМ-С, Билавет, Билавет-С, Лактимет, Синвет, Бактомаст. Налажен выпуск пробиотических составов для производства косметических средств (ИМ-Б1) и пищевой промышленности (ИМ-рго 1, ИМ-лакзим).

Интерес к пробиотикам обусловлен их биологической безвредностью, способностью усиливать защитную функцию организма, стимулировать его иммунную реактивность, нормализовать пищеварение, не вызывая при этом формирования устойчивости у патогенных микроорганизмов. В ветеринарии использование таких препаратов рассматривается как альтернатива антибиотикотерапии, позволяющая исключить употребление кормовых антибиотиков,



восстановить пищеварение и снизить общую заболеваемость сельскохозяйственных животных.

Еще один тип микробиологической продукции – биопрепараты для ремедиации земель сельскохозяйственного назначения. В данном контексте следует отметить микробный состав Полибакт (на основе агрономически ценных штаммов микроорганизмов), способствующий разложению соломы и пожнивных остатков, обогащению почвы органическим веществом, увеличению содержания в ней обменного калия, подвижного фосфора и усваиваемого азота, и Агроревитол, снижающий уровень остаточных количеств гербицидов ряда сульфонилмочевины и имидазолинонов в почве до экологически безопасного уровня. Кроме того, внедрена в производство линейка препаратов для охраны окружающей среды на основе бактерий-деструкторов.

В Институте микробиологии НАН Беларуси функционирует инновационное Опытно-промышленное производство ферментов для химико-ферментативного синтеза лекарственных субстанций и получения новейших тест-систем, осуществляющее выпуск средств (глюкозооксидазы, пуриннуклеозидфосфорилазы, уридинфосфорилазы и тимидинфосфорилазы) для клинической диагностики и получения лекарств.

Применение инновационной биотехнологической продукции широко востребовано в лесном хозяйстве. С одной стороны, это связано с увеличением эколого-ориентированной направленности развития отрасли, с другой – позволяет эффективно решать ряд задач, не подлежащих выполнению классическими методами.

Так, на производственных площадях Корневской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси организован выпуск концентрированного биопрепарата Бревисин, созданного на основе особого штамма почвенной споровой бактерии *Bacillus brevis* и продукта ее жизнедеятельности – полипептидного антибиотика бревисина. Фунгицид предназначен для защиты посевного и посадочного материала сосны и ели в лесных питомниках от инфекционных грибных болезней, обладает высокой стойкостью в естественных условиях, способствует развитию в почве микроорганизмов-азотонакопителей, снижает инфекционную нагрузку, ингибирует фитопатогенные грибы в почве, создавая благоприятные условия для роста, сохранения и повышения качества посадочного материала лесных растений. Ежегодный объем выпуска Бревисина

составляет более 150 л, что в полной мере обеспечивает потребность лесных питомников страны.

Защитными свойствами обладают также полимерные составы (Корпансил, Корпансил модифицированный), предотвращающие иссушение корневых систем при пересадке растений – основную причину снижения приживаемости лесных культур при использовании посадочного материала с открытой корневой системой. Для предприятий отрасли организован выпуск свыше 20 тыс. л композиционных полимерных составов, которые реализуются государственным лесохозяйственным учреждением для повышения эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению.

На Корневской экспериментальной лесной базе построен первый в стране опытно-производственный цех по интенсивному выращиванию грибов вешенки и сиитаке. Годовой объем их выпуска составляет более 2 т продукции в год. На базе цеха осуществляется также разработка и совершенствование технологий получения нормативно чистой продукции на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС.

Технологии, прошедшие апробацию на инновационном предприятии Корневской ЭЛБ, успешно реализованы на различных промышленных площадках, включая КСУП «Комбинат Восток», где объем производства в отдельные годы достигает более 70 т съедобных и лекарственных грибов. Лаборатория по выращиванию посевного мицелия грибов реализует различным предприятиям, а также фермерским хозяйствам и населению ежегодно более 6 т мицелия. Использование интенсивных технологий выращивания грибов на загрязненных радионуклидами территориях позволило снизить дозовую нагрузку внутреннего облучения для жителей этих регионов.

В организациях Отделения функционирует ряд инновационных структур – кластеров и республиканских центров биотехнологического и экологического профиля, которые позволяют в кратчайшие сроки внедрять в практику народного хозяйства новые разработки, осуществлять авторский надзор за реализацией научных идей и при необходимости совершенствовать новые технологии и их продукты. Воплощение в жизнь замыслов ученых-биологов – мощный импульс в деле создания принципиально нового поколения высокоценных и безопасных продуктов и технологий для сельского, лесного хозяйства, здравоохранения и охраны окружающей среды. ■



ОТДЕЛЕНИЕ
МЕДИЦИНСКИХ НАУК

ПРИОРИТЕТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНСКОЙ НАУКИ



Василий Богдан,
академик-секретарь
Отделения медицинских
наук НАН Беларуси,
доктор медицинских
наук, профессор

Передовые достижения отечественной медицинской науки во многом определяют общую эффективность и качество оказания медицинской помощи, способствуют достижению главной цели государственной политики в области здравоохранения, обеспечивают стабильность системы национальной безопасности. Формирование и реализация новых научных знаний и практических разработок, обладающих высокой положительной социальной и экономической результативностью, позволяет снизить уровень заболеваемо-

сти и смертности, увеличить продолжительность и повысить качество жизни людей.

К приоритетным направлениям научной деятельности в области медицины, фармации, медицинской техники относятся: диагностика, медицинская профилактика и лечение инфекционных, в том числе вирусной этиологии, и неинфекционных заболеваний; экспертиза качества медицинской помощи; искусственные ткани и органы; персонифицированная медицина; реабилитация; здоровье матери и ребенка; управление здоровьем и средой

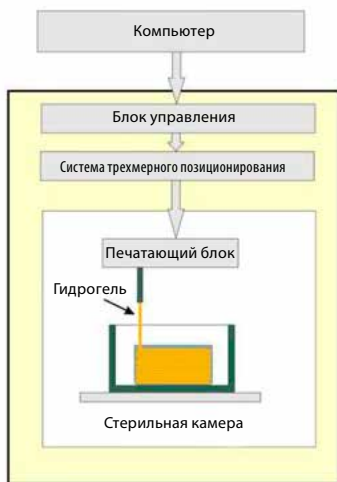


Рис. 1. 4D-биопринтер



обитания человека, безопасное питание, активное долголетие; медицинское оборудование; антибиотикорезистентность; фармацевтические субстанции, диагностические препараты и системы, лекарственные средства и иммуномодуляторы.

Для достижения максимальных результатов в медицине необходимо повышать уровень фундаментальных и прикладных исследований, формировать кадровый потенциал, совершенствовать систему междисциплинарной научной кооперации по созданию эффективных инновационных технологий персонализированного медицинского сопровождения человека на всех этапах его жизнедеятельности.

Основная задача Отделения медицинских наук – обеспечение системности и взаимосвязанности научных работ в области медицины и здравоохранения. Современные направления деятельности ученых включают изучение функционирования базовых систем организма человека в норме и при патологии; разработку новых методов профилактики, диагностики и лече-

ния социально значимых заболеваний, реабилитационных технологий, изделий медицинского назначения, лекарственных средств и биологически активных добавок; мониторинг и реабилитацию радиоактивно загрязненных земель, проведение защитных мер по преодолению отдаленных радиоэкологических и медико-биологических последствий чернобыльской катастрофы. Полученные результаты характеризуются новизной, актуальностью и комплексным подходом в реализации практических целей, формировании фундаментальных знаний и создании передовых открытий.

На базе Института физиологии НАН Беларуси в 2018 г. был создан Центр мозга, дея-

тельность которого направлена на проведение фундаментальных исследований в области естественных и искусственных нейронных сетей мозга и механизмов их функционирования, процессов долговременного и кратковременного запоминания, контроля поведения при заболеваниях и воздействии экстремальных стимулов.

В результате создан 4D-биопринтер для реконструкции нейронных сетей мозга (рис. 1) – новейшая разработка в области нейрофизиологии и искусственного интеллекта, которая была представлена на Всемирной выставке «ЭКСПО-2020» в г. Дубай (Объединенные Арабские Эмираты).

Биопринтер предназначен для послойной имплантации стволовых клеток и элементов межклеточного матрикса в область повреждения нервной ткани головного мозга. При этом обеспечиваются стерильные условия многоступенчатыми фильтрационными системами приточной вентиляции через НЕРА-фильтры с контролем содержания пылевых частиц, O₂, CO₂, температуры, влажности в операционной области для размещения в нейрохирургических клиниках.

Впервые ученые Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси и Института физиологии НАН Беларуси экспериментально создали искусственный оптоэлектронный нейрон на основе вертикально-излучающих лазеров и однофотонных лавинных фотодиодов, при объединении которых возможно образование физических рекуррентных импульсных нейронных сетей (рис. 2).



Рис. 2. Искусственный нейрон

Использование искусственного нейрона для нейроморфных и резервуарных компьютеров имеет ряд преимуществ благодаря низкой рабочей мощности, микронным размерам и возможности реализации крупномасштабных линейных и двумерных массивов искусственных нейронов невысокой стоимости.

Фундаментальные данные в области функционирования нейронных сетей мозга в норме и при патологии были реализованы при разработке и внедрении в учреждениях Министерства здравоохранения Республики Беларусь методики выявления патологии нейронных сетей ствола головного мозга у пациентов с апноэ центрального происхождения.

Впервые разработана двухуровневая функциональная модель удаленного мониторинга витальных функций пациентов и сформирована электронная база данных признаков ЭКГ-нарушений ритма и проводимости.

Проведена оценка острой токсичности кандидатного препарата отечественной вакцины против COVID-19 на четырех видах животных, изучено его влияние на их центральную нервную систему и особенности поведения.

Учеными Института физиологии НАН Беларуси экспериментально обоснована и внедрена в клиническую практику РНПЦ оториноларингологии и учреждений Министерства здравоохранения Республики Беларусь инструкция по применению технологии профилактики нарушений центральной регуляции дыхания у пациентов с синдромом внезапной остановки дыхания во сне. Данная технология апробирована в про-

цессе проведения 4-месячного проекта «SIRIUS» (РФ, США).

Совместные разработки средств индивидуальной защиты Института физиологии и Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси обеспечивают двойную защиту органов дыхания человека за счет механической фильтрации и ультрафиолетового обеззараживания вдыхаемого воздуха внутри встроенного компактного УФ-реактора (рис. 3).

Совместно с сотрудниками Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии Министерства здравоохранения Республики Беларусь академическими физиологами разработана и внедрена в лечебный процесс инструкция по применению клеточной технологии, направленной на восстановление нейронных сетей мозга после травмы или инсульта с интраназальным введением культур мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани. Метод принципиально отличается от доминирующих в мировой практике внутривенных способов введения стволовых клеток.

Также на базе Института физиологии эффективно функционирует научно-производственный участок по выращиванию и содержанию мелких лабораторных животных.

Учеными Института радиобиологии НАН Беларуси разработан способ оценки клеточного состава нативной трансплантационной аутомеси для пластики дефектов костной ткани при спондилодезах. Метод используется для морфологической оценки каче-



Рис. 3. Средства индивидуальной защиты

ственного и количественного состава трансплантационного материала. Получен акт о внедрении результатов исследования в практическое здравоохранение.

Впервые в мире учеными Института радиобиологии выявлены наномасштабные изменения структуры и механических свойств поверхности эритроцитов и лимфоцитов экспериментальных животных после кратковременного действия электромагнитного поля сверхнизкой частоты (ЭМП-СНЧ, 50 Гц, 0,79 мТл, 30 мин.), свидетельствующие о реорга-

низации мембранного скелета форменных элементов крови. Установленные закономерности важны для раскрытия механизмов развития реакции организма на нетепловое воздействие электромагнитных полей и поиска средств повышения его устойчивости при длительном нахождении в зоне их влияния.

Мировой новизной отличается комплексный количественный анализ влияния изменения условий влагообеспеченности на поведение радиоактивных изотопов цезия в системе «почва – растение», выполненный учеными Института радиобиологии. Он выступил основой для оценки вклада погодно-климатических факторов в вариабельность коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в растения (рис. 4).

Разработана полумеханистическая модель, учитывающая влажность и механический состав почвы, содержание в ней радиоактивных изотопов цезия, калия, аммония и органического вещества, а также время, прошедшее после радиоактивных выпадений. Модель поведения ^{137}Cs в системе «почва – растение» и базиру-

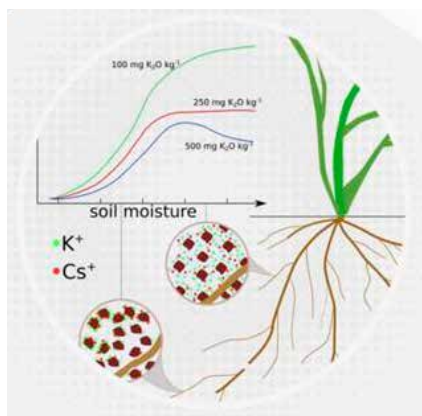


Рис. 4. Модель перехода техногенных радионуклидов в системе «почва – растение»

ющийся на ней инструментарий для оперативного прогноза коэффициентов его накопления позволяют повысить эффективность принятия управленческих решений по организации аграрного производства в зонах радиоактивного загрязнения.

Разработан метод цифровой обработки спектрограмм гамма-излучения искусственных и естественных радионуклидов, существенно улучшающий отношение сигнал/шум, что позволяет уменьшить время анализа и неопределенность результата при измерении содержания радиоактивных изотопов в образцах. Метод основан на использовании порождающей соревновательной нейронной сети с архитектурой U-net, имеет мировой приоритет и формирует основу новых подходов в гамма-спектрометрии, имеющих существенное практическое значение для совершенствования радиационного контроля и мониторинга, оценки качества материалов, проведения радиоэкологических и геологических исследований, снижения уровня воздействия ионизирующего излучения на человека при некоторых методах медицинской диагностики.

Также учеными Института радиобиологии разработаны рекомендации по применению минеральных удобрений при возделывании травосмесей на загрязненных ^{137}Cs торфяных почвах, а также комплексных минеральных добавок на основе фосфогипса в кормлении сельскохозяйственных животных, содержащихся на территории радиоактивного загрязнения.

Институтом получено регистрационное свидетельство

о включении в Государственный регистр информационного ресурса «Базы данных лесных пожаров на загрязненных территориях Гомельской области (2000–2019)». Результатом исследования динамики радиоэкологических и природно-климатических показателей при лесных пожарах стала разработка автоматизированной системы прогноза пожарной опасности с точностью до 98%. Также создан цифровой «Атлас лесных пожаров на радиоактивно загрязненных территориях» (ForestFIRE ATLAS), представляющий собой единый интегрированный банк под управлением геоинформационной системы, использующий объединенную информацию о метеорологических, радиационных показателях, данных о лесных насаждениях и пожарной обстановке. Полученные результаты важны для оценки радиационной опасности крупных пожаров в естественных природно-растительных комплексах. Разработаны рекомендации по возделыванию культур и содержанию животных в личных подсобных (фермерских, приусадебных) хозяйствах на загрязненных территориях в отдаленный период после чернобыльской катастрофы. В интерактивном виде представлено «Информационное приложение», позволяющее выполнить прогноз загрязнения продукции растениеводства и животноводства в любом населенном пункте.

В 2022 г. на базе Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси создан производственный участок по серийному выпуску антибактериального спрея, разработаны опытные образцы диагности-

ческой тест-системы для обнаружения антигена вируса

SARS-COV-2 и вируса гриппа «А» и «В» методом иммунохроматографического анализа комби-COVID-19/грипп А/В-тест, которые проходят процедуру клинических испытаний; созданы опытные образцы гидрогелевых пластырей с включением растительных экстрактов. Ученые Института впервые установили, что использование различных форм витамина Д оказывает протекторное действие при синдроме отмены кортикостероидных препаратов. Учитывая их широкое применение, особенно в неотложной терапии различных критических состояний, это открытие позволит назначать витамин Д, а также комбинированные препараты витамина Д с менахиноном-7 для купирования негативных реакций у пациентов.

Впервые показано, что наиболее выраженным антиалкогольным эффектом у крыс обладают агонисты α -PPAR рецепторов (фибраты) и смешанный агонист различных типов PPAR рецепторов – метформин. Обоснован новый подход в лечении пациентов с синдромом алкогольной зависимости с помощью фармакологической активации этих

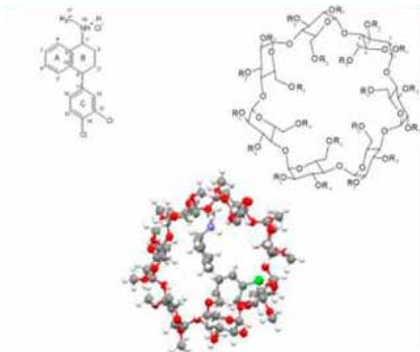


Рис. 5. Квантово-химическая модель комплекса сертралина с циклодекстринами

рецепторов. Результаты научной работы могут быть использованы для проведения доклинических исследований отдельных агонистов рецепторов пролиферации пероксисом, в частности фенофибрата и метформина, самостоятельно или в комбинации с другими препаратами для снижения влечения к алкоголю и уменьшения выраженности состояния отмены.

Доказана эффективность биомедицинских технологий, использующих наноконплекс бетулина с 2-гидроксипропил- β -циклодекстрином и двух производных имидазолила – ингибиторов цитохрома P-450 2E1, для создания новых препаратов гепатопротективного действия. Установлены механизмы комплексирования терпеноидов и флавоноидов с циклодекстринами для повышения растворимости, биодоступности и терапевтического потенциала этих соединений.

Разработаны биомедицинские технологии восстановления островковых бета-клеток поджелудочной железы и клеток печени при патологических состояниях, основанные на использовании растительных и синтетических субстанций; создана квантово-химическая модель комплекса сертралина с циклодекстринами, обладающего высокой противодиабетической активностью (рис. 5); установлены высокая противоопухолевая эффективность имидазолильных производных при гепатоцеллюлярной карциноме и их защитное действие при алиментарном стеатогепатите (по итогам 2020 и 2021 гг. данные разработки включены в топ-10 результатов деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси в обла-



Рис. 6. Стационарная и портативная модели кислородно-гелиевого ингалятора

сти фундаментальных и прикладных исследований).

Стационарная и портативная модели кислородно-гелиевого ингалятора, созданные совместно со специалистами Минского НИИ радиоматериалов, могут использоваться для профилактики коронавирусной инфекции



и в комплексном лечении пациентов с патологиями дыхательной и сердечно-сосудистой системы, вызванными инфекционными агентами (рис. 6).

Одно из важных современных направлений развития медицинской науки – трансляционная медицина. Существует необходимость ускорения трансфера результатов фундаментальных и поисковых исследований в медицине в практическое здравоохранение. Этот процесс должен стать предельно коротким, эффективным и безопасным.

Коллективы организаций Отделения медицинских наук участвуют в выполнении 118 научных исследований, большинство из которых имеет финансовую поддержку государства. Задания и научные мероприятия включены в государственные программы научных исследований «Трансляционная медицина», «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорганхимия», «Конвергенция-2025», «Природные ресурсы и окружающая среда», а также в Государственную программу по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 гг. и Программу совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Активно выполняются проекты, финансируемые Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, грантами Президиума НАН Беларуси на выполнение работ докторантами, аспирантами и соискателями Академии наук.

Основу современного этапа развития медицинской науки составляет технологический прогресс, достижения и открытия в сфере биологии, генетики и нанотехнологий. Результатом стало создание принципиально новых методов и инструментов диагностики, лечения и профилактики заболеваний. Данные объекты интеллектуального труда и научной продукции требуют документального официального признания для дальнейшей их коммерциализации в условиях расширения и активного продвижения рыночной экономики во всех сферах, включая медицину.

Для оценки результативности научных исследований и разработок традиционно используются такие наукометрические показатели, как патентная активность, опубликованность результатов в высокорейтинговых зарубежных и отечественных научных журналах, монографиях, для практико-ориентированных проектов – новые нормативные документы, опытные образцы, акты внедрения в производственный процесс и деятельность.

Исключительное право авторов на объекты интеллектуальной собственности подтверждают патенты на изобретения, полезные модели и промышленные образцы (дизайн). Учеными и специалистами организаций Отделения медицинских наук только за последние три года получено 7 таких охраняемых документов (3 – на способы, 1 – на полезную модель устройства для измерения, 3 – на новые средства). Зарегистрирован товарный знак РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси».

Практическое внедрение результатов исследований в области медицинских наук предполагает использование новых лечебно-диагностических и профилактических технологий, обеспечивающих достижение экономического и социального эффектов, положительно влияющих на демографические процессы, включая показатели продолжительности жизни, рождаемости, смертности от внешних причин.

Эффективность новых медицинских разработок заключается в их воздействии на сохранение и улучшение здоровья населения, в повышении производительности труда, сокращении расходов на социальное страхование и социальную защиту и в итоге – увеличении валового внутреннего продукта.

Учеными организаций Отделения медицинских наук за последние 3 года опубликовано 10 монографий, большинство из которых подготовлено в соавторстве по результатам многолетних комплексных исследований. 96 статей изданы в высокорейтинговых, востребованных научным сообществом журналах, 60 из них – в зарубежных англоязычных.

В перспективе ученым предстоит решать научные проблемы по созданию новых биомедицинских технологий для максимального использования потенциальных и адаптационных возможностей организма, проводить фундаментальные исследования, основанные на омиксных, геномных и клеточных технологиях, биоинформатике и биомедицине, разрабатывать новые методы профилактики, диагностики, лечения и реабилитации. ■



ОТДЕЛЕНИЕ
ХИМИИ И НАУК О ЗЕМЛЕ

ЗНАЧИМЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ И НАУК О ЗЕМЛЕ



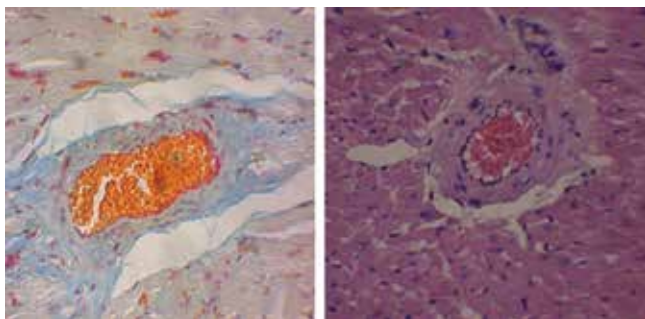
Владимир Левашкевич,
заместитель академика-секретаря
Отделения химии и наук о Земле
НАН Беларуси,
доктор геолого-минералогических наук

В организациях Отделения химии и наук о Земле за последние 3 года получены значимые результаты. В Институте биоорганической химии НАН Беларуси (ИБОХ) обнаружены новые пути конструирования терапевтически значимых противоопухолевых препаратов с использованием методов молекулярного моделирования, тонкого органического синтеза и биологического тестирования *in vitro*, которые могут служить основой для разработки оригинальных средств.

В Институте химии новых материалов создана липосомальная форма препарата «Стрептокиназа»

для лечения тромбозов вен и артерий (в том числе лечения острого инфаркта миокарда), которая обладает пролонгированным тромболитическим действием по сравнению со свободным препаратом (патент Республики Беларусь №21995 «Способ получения липосом, содержащих стрептокиназу»). На основе пектинов разработаны новые биосовместимые пористые материалы с заданными физико-химическими свойствами и регулируемой скоростью биodeградации, проявляющие высокий противоспаечный эффект и перспективные в качестве матриц для трансплантации мезенхимальных стволовых клеток.

В Институте физико-органической химии (ИФОХ) разработана новая математическая модель расчета ресурса и эффективности работы волокнистых ионитов в процессах очистки воздуха от токсичных соединений щелочной природы для различных нужд, позволяющая повысить результативность поиска оптимальных ионитов для решения конкретных практических задач, определять оптимальные и граничные условия их эксплуатации в составе воздухоочистных устройств.



Тромб в инфаркт-связанной артерии с минимальной реканализацией (слева), тромб в коронарной артерии с признаками разрушения через 7 суток после введения тканевого активатора плазминогена (альтеплазы) (справа), $\times 400$

Учеными Института природопользования подготовлен прогноз состояния окружающей среды нашей страны до 2035 г., включающий основные экологические угрозы, обусловленные природными и техногенными факторами, пути и механизмы оптимизации экологической ситуации, повышения уровня экологической безопасности республики по мере ее экономического развития, снижения рисков для населения, экономики и окружающей среды. Обоснована Стратегия в области охраны окружающей среды на период до 2035 г.

Результаты фундаментальных научных исследований подкреплены рядом охранных документов на объекты промышленной (ОПС) и интеллектуальной собственности (ОИС), патентами, статьями в ведущих научных изданиях страны и за рубежом, монографиями, хозяйственными договорами и др.

Так, в ИБОХ НАН Беларуси поддерживается 12 патентов и 29 товарных знаков Республики Беларусь на ОПС, 6 товарных знаков Российской Федерации, европейский патент №EP2 806 880 «Pharmaceutical composition as a substance for antireflux antacid

drag» (Латвия, Болгария, Польша, Румыния, Литва), евразийский патент №035792 (зарегистрирован 11.08.2020 г.) – «Лекарственное средство пролонгированного действия для лечения рассеянного склероза» и др. Действует 23 договора на предоставление права использования ОИС с роялти за последние годы более 300 тыс. руб.

В рамках выполнения государственных программ в ИБОХ в разные годы создано 6 производственно-технологических участков, на которых в 2021 г. выпущено фармацевтической продукции на сумму более 1,2 млн руб.

Основная производственная площадка Института – научно-производственный центр «ХимФарм-Синтез», который только в 2021 г. поставил на рынок Беларуси лекарственных средств на сумму более 14 млн руб. и на экспорт – свыше 700 тыс. долл.

Реализация Государственной научно-технической программы «Промышленные био- и нанотехнологии-2020» увенчалась разработкой технологий, позволяющих совершенствовать исходный неорганический материал путем введения функциональных органических модификаций и активируемых групп для роста олигонуклеотидной цепи в условиях автоматизированного синтеза. Синтезированные таким образом ДНК-праймеры и флуоресцентные ДНК-зонды являются ключевыми реагентами для количественной ПЦР, что позволило оперативно разработать реагенты для тестирования в условиях пандемии COVID-19.

Для внедрения разработок государственных программ в ИФОХ организовано опытное производство реагентов для биоаналитических приложений с выпуском товарной продукции (синтетические РНК, модифицированные олигонуклеотиды и ДНК-зонды, наборы реагентов для мечения олигонуклеотидов и др.). Объем выпущенной и реализованной продукции в 2021–2022 г. составил более 350 тыс. руб.

В Институте природопользования НАН Беларуси в филиале «Экспериментальная база Свислочь» введена в строй экспериментальная пилотная установка и ведется освоение выпуска комплексных органоминеральных гранулированных удобрений пролонгированного действия на основе торфа и стандартных минеральных удобрений, производимых в Беларуси. Создается опытно-промышленное производство удобрений мощностью 5 тыс. т/год с перспективой расширения до 5000 т/год. Начато освоение технологии получения активированных углей из кускового торфа для решения проблем охраны окружающей среды.



Волокнистый ионит в виде нетканого иглопробивного полотна

В результате выполнения государственных программ Институтом созданы программные комплексы и базы данных в области геоэкологии:

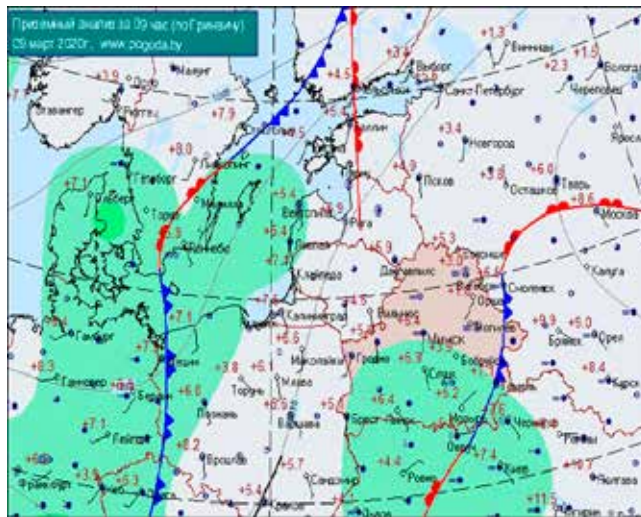
- компьютерная программа (в виде автономного web-приложения) для моделирования влияния изменения климата на фотосинтетическую компоненту биогенного стока углерода в наземных экосистемах Беларуси различного типа;
- автоматизированная информационная система «Расчет оправдываемости и дополнительная оценка качества прогнозов погоды» (свидетельство о Государственной регистрации информационной системы №В-0196-01-2020 от 17.07.2020 г.);
- база данных «Гидрохимическое состояние и рекреационная значимость водных объектов Минска» (включена в Государственный регистр информационных ресурсов; регистрационное свидетельство №1872126335 от 26.07.2021 г.);
- база данных по запасам и качественным характеристикам сапропеля органического типа на выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях;
- электронный Атлас торфяных месторождений Республики Беларусь (Брестской, Гомельской и Могилевской областей) на основе анализа их современного состояния по данным дистанционного зондирования Земли.

Охрана объектов права промышленной собственности осуществляется в Институте в режиме коммерческой тайны. За последние 5 лет создано более 30 секретов производства («ноу-хау»).

По разработанным в Институте химии новых материалов НАН Беларуси технологиям на предприятии «СветлогорскХимволокно» выпущено и реализовано модифицированной (бромирован-



Система питателей-дозаторов и смесительного устройства технологической линии по производству комплексных гранулированных органоминеральных удобрений пролонгированного действия



Автоматизированная система «Расчет оправдываемости и дополнительная оценка качества прогнозов погоды» (Weather Assessment)

ной) продукции в виде термостойких тканей для производства фильтровальных нетканых материалов и огнезащитной арселеновой ткани более 40 т на сумму свыше 1,240 тыс. долл. В рамках выполнения ГНТП «Малотоннажная химия» предложена новая технология получения УФ-светостабилизатора – динатриевой соли 4,4-азобензолдикарбоновой кислоты (ДНС), обеспечивающая получение качественного термостойкого волокна «Арселон». В 2020 г. совместно с ОАО «СветлогорскХимволокно» создано импортозамещающее конкурентоспособное производство ДНС, способное выпускать 25 т продукции в год.

Институтом общей и неорганической химии НАН Беларуси и внедрена опытно-промышленная технология хозяйственно-питьевого водоснабжения (на базе ОАО «Белшина»), полностью обеспечивающая потребности предприятия в высококачественной воде. Ежегодный расчетный экономический эффект от внедрения составляет 495 тыс. руб.

Создана и введена в эксплуатацию на Бумажной фабрике Гознака в г. Борисове технология изготовления активного бумажного упаковочного материала, продлевающего сроки хранения пищевой продукции. В 2019–2020 гг. выпущено 154,5 т на сумму около 500 тыс. руб.

Выполнение экспортных контрактов в 2019–2021 гг. обеспечило привлечение 1,487 тыс. долл. и сформировало имидж ИОНХ как надежного разработчика технологий переработки полиминеральных калийных руд. Результаты выполнения НИР опубликованы в ряде монографий. ■



Александр Коваленя,
академик-секретарь
Отделения
гуманитарных наук
и искусств, академик

ГУМАНИТАРНАЯ НАВУКА — БЕЛАРУСКАМУ ГРАМАДСТВУ

Інавацыйнае развіццё Беларусі можа быць паспяховым тады, калі ў грамадстве ўмацуецца не толькі ідэя неабходнасці ўдасканалення новых тэхналагічных укладаў, але і, самае галоўнае, разуменне важнасці гуманітарнага рэсурсу – адукацыйнага, ідэалагічнага і маральнага, паколькі менавіта ён вызначае прагрэс грамадскага развіцця і з’яўляецца яго ключавым фактарам і рухаючай сілай. Гуманітарная навука была заўсёды заклікана служыць кансалідацыі грамадства, шукаць навукова абгрунтаваныя шляхі пераадолення крызісу духоўнасці, умацоўваць гістарычную свядомасць людзей, гарманізаваць сацыяльна-вытворчыя адносіны. Менавіта гэтым мэтам служаць завершаная ў 2020 г. дзяржаўная праграма навуковых даследаванняў «Эканоміка і гуманітарнае развіццё беларускага грамадства» на 2016–2020 гг. і заданні новай праграмы на 2021–2025 гг.

Адгукваючыся на выклікі жыцця, у межах гэтай праграмы былі падрыхтаваны і ўхвалены шырокай грамадскасцю многія фундаментальныя акадэмічныя даследаванні, якія самым станоўчым чынам паўплывалі на міжканфесійную і міжнацыянальную кансалідацыю, на грамадска-палітычную моц беларускага грамадства. Сярод іх неабходна назваць фундаментальныя выданні: «Гарады і вёскі Беларусі», «Арфаэпічны слоўнік беларускай мовы», «Вклад белорусского народа в Победу в Великой Отечественной войне», «Страна в огне», «Гісторыя філасофскай і грамадска-палітычнай думкі Беларусі», першы ў Еўропе «Вялікі гістарычны атлас», першы і адзіны ў свеце 37-томны «Гістарычны слоўнік

беларускай мовы», арыгінальныя шматтомныя выданні «История белорусской государственности», «Республика Беларусь – 25 лет созидания и свершений» і шматлікія іншыя творы.

У названых і многіх іншых працах не толькі красамоўна, дакладна і пераканаўча даказана прысутнасць беларусаў у еўрапейскай і сусветнай гісторыка-культурнай прасторы, але і паказаны іх уклад у сусветную скарбонку матэрыяльнага і культурнага развіцця грамадства.

Важна адзначыць, што выяўленне і навуковае асэнсаванне археалагічных матэрыялаў, збіранне і захоўванне народных песень, казак, прыказак, прымавак, народных промыслаў – гэта не самамэта, а сродак вырашэння найважнейшай нацыянальна-ідэнтыфікацыйнай задачы. Больш за тое, матэрыялы, выкладзеныя ў фундаментальных працах, дапамагаюць не толькі ажыццяўляць рэканструкцыю светапогляднага пачатку беларускага народа, але і вызначаць яго месца ў еўрапейскай супольнасці. Прычым багацце матэрыялаў вуснай народнай творчасці раскрывае не толькі сутнасць, але і веліч народнага духу, яго імкненне да справядлівасці, шчырага суперажывання, гатоўнасці дапамагчы іншаму чалавеку, а ў цяжкую хвіліну нават да самаахвяравання дзеля ўсеагульнага дабра. Гэта той найбагацейшы нацыянальны субстрат, які спрыяе выхаванню патрыятызму і грамадзянскіх якасцей беларускага народа, дапамагае маладому пакаленню станавіцца актыўнымі будаўнікамі сучаснага грамадства.

Сусветная і айчынная гуманітарыстыка сёння сапраўды назапасілі шмат ведаў, але недастаткова генерыруюць ідэі, якія здольныя вызначаць развіццё грамадства. Задача заключаецца ў тым, каб у час сусветнай глабалізацыі і інфарматызацыі грамадскага жыцця надаць гуманітарным навукам практычную накіраванасць, не адмяняючы, а, наадварот, узмацняючы і раскрываючы іх асаблівасці і спецыфіку. Уяўляецца, што ў XXI ст. лёс чалавецтва залежыць, у першую чаргу, ад таго, ці здолее сусветнае грамадства ўсвядоміць, што не войны і рэвалюцыі, а дыялог з'яўляецца сродкам вырашэння ўсіх рэальна існуючых праблем.

Як ужо адзначалася, значэнне гуманітарных ведаў заўсёды было істотным, паколькі ацэньваць сутнасць жыцця і дзейнасці людзей немагчыма без сацыяльна-гуманітарных навук. Прадметам іх вывучэння з'яўляюцца чалавек і грамадства ў цэлым. Менавіта сэнс такіх культурна-гістарычных каштоўнасцей, як ісціна, дабро,

прыгажосць, справядлівасць, з'яўляецца прыярытэтнымі фактарам сацыяльнага развіцця грамадства і складае галоўны змест даследаванняў акадэмічных вучоных-гуманітарыяў.

Адзначым, што ў апошнія гады іх творчая праца дазволіла зрабіць значны крок у развіцці айчыннай гуманітарнай навукі. Філосафы і сацыёлагі, гісторыкі і археолагі, моваведы і літаратуразнаўцы, эканамісты і прававеды, культурологі і мастацтвазнаўцы, этнографы і фалькларысты паспяхова завяршылі выкананне 39 заданняў Дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў 2016–2020 гг. «Эканоміка і гуманітарнае развіццё беларускага грамадства».

Намаганні кіраўнікоў падпраграм і вучоных былі накіраваны на вырашэнне важнейшых для грамадства праблем:

- *распрацоўку гісторыі і тэорыі беларускай дзяржаўнасці, працэсу станаўлення беларускай нацыі, фарміравання і развіцця яе культуры, мовы і літаратуры;*
- *навуковае забеспячэнне эфектыўнага сацыяльна-эканамічнага развіцця Рэспублікі Беларусь, прымнажэння чалавечага (сацыяльна-дэмаграфічнага, інтэлектуальнага, духоўнага, адукацыйнага, культурнага) капіталу;*



Посещение Председателем Президиума НАН Беларуси академиком В. Гусаковым Музея древнебелорусской культуры



- захаванне і ўмацаванне нацыянальнай ідэнтычнасці ў кантэксце выклікаў сучаснасці і сусветных інтэграцыйных працэсаў;
- падрыхтоўку механізмаў і практычных рэкамендацый, накіраваных на павышэнне ўзроўню духоўна-культурнага, сацыяльна-эканамічнага і інавацыйнага развіцця краіны.

Дзякуючы творчым намаганням вучоных АДДЗЯЛЕННЯ ГУМАНІТАРНЫХ НАУК І МАСТАЦТВАЎ НАН БЕЛАРУСІ былі дасягнуты бачныя вынікі: апублікавана звыш 7300 навуковых прац (без уліку тэзісаў), з іх амаль 1600 – у замежных навуковых выданнях. Падрыхтавана і выдадзена 679 кніжных выданняў, у тым ліку 274 манаграфіі, 131 даведнік і энцыклапедыя, 188 зборнікаў навуковых прац. Распрацавана 86 падручнікаў, навучальных і метадычных дапаможнікаў, працоўных сшыткаў, навучальных карт. Падрыхтавана і апублікавана звыш 6500 навуковых артыкулаў



Міністр асветы Рэспублікі Беларусь А. Іванец і міністр культуры Рэспублікі Беларусь А. Маркевіч знаёмяцца з знаходкамі акадэмічных археолагаў (раскопкі гарадзішча Менка)

і дакладаў, амаль 2000 тэзісаў дакладаў. У працэсе выканання дзяржаўнай праграмы даследчыкамі былі ўстаноўлены 121 заканамернасць і 56 новых залежнасцей, распрацаваны 71 новы метады і метадыка, 4 макеты сістэм, комплексаў і матэрыялаў і 1 эксперыментальны ўзор.

Акрамя таго, кіраўнікі навуковых устаноў і даследчыкі працягвалі актыўную працу па пошуку пазабюджэтных сродкаў, якая прынесла бачныя вынікі: за 2016–2020 гг. арганізацыі АДДЗЯЛЕННЯ рэалізавалі звыш 1000 дагавораў па стварэнні навукова-тэхнічнай прадукцыі і аказанні паслуг на суму амаль 9 млн руб., выканалі звыш 60 замежных кантрактаў і грантаў на суму 425 тыс. долараў.

Значныя вынікі былі дасягнуты Інстытутам гісторыі і Цэнтрам даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры НАН Беларусі па падпраграме «Гісторыя і культура». За пяцігодку было апублікавана звыш 3 тыс. навуковых прац, з якіх 567 – у замежных навуковых выданнях. Падрыхтавана і выдадзена 320 кніжных выданняў, у тым ліку 130 манаграфій, 64 даведнікі і энцыклапедыі, 98 зборнікаў навуковых прац. Распрацавана 28 падручнікаў, навучальных і метадычных дапаможнікаў, працоўных сшыткаў, навучальных карт. Падрыхтавана і апублікавана 2875 навуковых артыкулаў і дакладаў.

Сярод найбольш значных фундаментальных гістарычных выданняў неабходна адзначыць «Вялікі гістарычны атлас Беларусі», унікальны 5-томнік «История белорусской государственности», у якім упершыню ў гістарыяграфіі прааналізаваны перадумовы, устаноўлены заканамернасці, разгледжаны і ахарактарызаваны этапы, формы, напрамкі і асаблівасці працэсу станаўлення і развіцця беларускай нацыянальнай дзяржаўнасці ад вытокаў да сучаснасці.

Завершана праца па выданні ўнікальнай навуковай энцыклапедычнай шматтомнай серыі «Гарады і вёскі Беларусі», у якой упершыню ў айчыннай навуцы адлюстраваны асноўныя звесткі гістарычнага, сацыяльна-эканамічнага і культурнага развіцця гарадоў, пасёлкаў гарадскога тыпу, аграгарадкоў, вёсак і хутароў рэспублікі з часу іх заснавання і да нашых дзён.

Сумеснымі намаганнямі нашых вучоных у першыню ў гісторыі краіны падрыхтавана і выйшла ў свет 7-томнае навукова-папулярнае выданне «Рэспубліка Беларусь – 25 лет стварэння і свэршэння», якое з'яўляецца найбуйнейшым навукова-выдавецкім праектам

у найноўшым часе. У ім прадстаўлена больш за 100 тэм, якія адлюстроўваюць дасягненні беларускага народа за 25 гадоў суверэнітэта ў працэсе дзяржаўнага будаўніцтва, сацыяльна-эканамічнага, духоўнага і культурнага развіцця.

Плэнная навукова-даследчая праца была разгорнута вучонымі-эканамістамі па падпраграме «Эканоміка», у выкананні якой удзельнічалі Інстытут эканомікі і Цэнтр сістэмнага аналізу і стратэгічных даследаванняў НАН Беларусі, было апублікавана амаль 2 тыс. навуковых работ, з якіх больш за палову – у замежных навуковых выданнях. Падрыхтавана і выдадзена больш за сотню кніг, у тым ліку 56 манаграфій, 5 зборнікаў навуковых прац. Распрацавана 15 падручнікаў, навучальных і метадычных дапаможнікаў. Падрыхтавана і апублікавана звыш 1000 навуковых артыкулаў і дакладаў.

Усяго за перыяд з 2016 па 2020 г. навукоўцамі Інстытута эканомікі праводзілася больш чым 90 навукова-даследчых работ, у тым ліку па 7 праектах з замежнымі партнёрамі. Тут распрацаваны: інстытуцыйналы механізм забеспячэння эканамічнага развіцця; канцэптуальная мадэль дасягнення ўстойлівага росту на аснове экалагізацыі эканомікі; метадычныя рэкамендацыі па ацэнцы ўзроўню эканамічнага патэнцыялу пацярпелых ад аварыі на ЧАЭС раёнаў Рэспублікі Беларусь; арганізацыйна-эканамічны механізм функцыянавання «разумнага горада»; Канцэпцыя ўдасканалення фінансавай палітыкі ў Рэспубліцы Беларусь; Канцэпцыя міжрэгіянальнай інтэграцыі і яе рэгулявання на субнацыянальным узроўні ў ЕАЭС; праект Стратэгіі міжрэгіянальнага супрацоўніцтва Рэспублікі Беларусь і Кітайскай Народнай Рэспублікі да 2035 г. У ходзе навуковых даследаванняў упершыню распрацаваны тэарэтыка-метадалагічныя асновы забеспячэння інавацыйнай успрымальнасці эканомікі, эканаметрычная мадэль залежнасці паміж структурнымі зрухамі ў эканоміцы і паказчыкамі эфектыўнасці грашова-крэдытнай палітыкі.

Акрамя гэтага вучоныя-эканамісты прымалі актыўны ўдзел у экспертна-аналітычным забеспячэнні дзейнасці органаў дзяржаўнага кіравання краіны: кожны год выконвалася больш за 300 буйных і працаёмкіх даручэнняў, звязаных з падрыхтоўкай аналітычных матэрыялаў па пытаннях функцыянавання нацыянальнай эканомікі і выпрацоўкай прапаноў па ўдасканаленні эканамічнай палітыкі рэспублікі.



Знакомство с социологическими знаниями через игру, Фестиваль науки 2022



Директор Института истории НАН Беларуси В. Лакиза знакомит премьер-министра Республики Беларусь Р. Головченко с итогами раскопок на древних городищах



Книжная выставка Издательского дома «Беларуская навука», 2022 г.



Вялікую працу ажыццяўлялі вучоныя-сацыёлагі. У выкананні падпраграмы «Сацыялогія і філасофія» ўдзельнічалі даследчыкі Інстытута сацыялогіі і Інстытута філасофіі НАН Беларусі. За пяцігодку было апублікавана 1355 навуковых прац, з якіх звыш 400 – у замежных навуковых выданнях. Падрыхтавана і выдадзена 108 кніг, у тым ліку 18 манаграфій, 4 даведнікі і энцыклапедыі, 42 зборнікі навуковых прац. Распрацавана 11 падручнікаў, навучальных і метадычных дапаможнікаў. Падрыхтавана і апублікавана 1247 навуковых артыкулаў і дакладаў.

Даследаванні айчынных вучоных-філосафаў былі накіраваны на стварэнне комплекснага тэарэтыка-метадалагічнага інструментарыю, неабходнага для мадэрнізацыі сацыякультурнай сістэмы Беларусі на этапе будаўніцтва грамадства, заснаванага на ведах, для стратэгічнага планавання і экспертызы сацыякультурнага развіцця, умацавання інтэлектуальнага і сацыяльнага капіталу Беларусі і духоўна-маральнага патэнцыялу асобы грамадзяніна на аснове сучасных здабыткаў філасофскіх, між-дысцыплінарных і канвергентных ведаў.

Упершыню ў беларускай гуманітарыстыцы распрацавана канцэптальная мадэль развіцця беларускай філасофіі ў кампаратыўнай перспектыве, што дазволіла апісаць дынаміку яе стаўлення, выявіць месца ў сусветнай інтэлектуальнай прасторы. Праведзена дасканалае вывучэнне этнафіласофіі народа як неад’емнай часткі еўрапейскай культуры. Распрацавана між-дысцыплінарная метадалагічная база комплекснага даследавання і стратэгічнага прагназавання геапалітычнага і культурна-цывілізацыйнага развіцця Рэспублікі Беларусь у сучасных умовах глабалізацыі і рэгіяналізацыі свету.

Вучоныя Інстытута сацыялогіі у 2016–2020 гг. падрыхтавалі больш за 100 навукова-аналітычных запісак па пытаннях сацыяльна-эканамічнага развіцця рэгіёнаў нашай краіны, якія былі прадстаўлены ў Адміністрацыю Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь і Савет Міністраў Рэспублікі Беларусь, а таксама зацікаўленым органам дзяржаўнага кіравання.

Вялікая праца ажыццяўлена вучонымі-мовазнаўцамі і літаратуразнаўцамі па падпраграме «Беларуская мова і літаратура», у выкананні якой удзельнічаў Цэнтр даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры НАН Беларусі. Яскравым сведчаннем гэтага з’яўляюцца 1256 навуковых прац, з якіх звыш 100

надрукавана ў замежных выданнях. Падрыхтавана і апублікавана 18 манаграфій, 47 слоўнікаў, даведнікаў і энцыклапедый, 36 зборнікаў навуковых прац, 10 падручнікаў, навучальных і метадычных дапаможнікаў, а таксама апублікавана 1145 навуковых артыкулаў і дакладаў.

Вучоныя-мовазнаўцы на працягу 2016–2020 гг. праводзілі шырокамаштабнае даследаванне сістэмы сучаснай беларускай літаратурнай мовы, тэарэтычнае асэнсаванне змен і тэндэнцый, што праявіліся ў яе сістэме ў апошнія дзесяцігоддзі як адлюстраванне складаных змен у жыцці грамадства. Працягвалася даследаванне слоўнікавага складу беларускай літаратурнай мовы канца ХХ – пачатку ХХІ стст. і праца над стварэннем з улікам сучасных лексікаграфічных тэндэнцый і тэхналогій новага тлумачальнага слоўніка беларускай мовы.

Была падрыхтавана серыя тлумачальных слоўнікаў актуальнай беларускай лексікі, тэрміналагічных, разнастайных спецыяльных слоўнікаў для забеспячэння вучэбнага працэсу ў школе і ВНУ, перакладных руска-беларускіх і беларуска-рускіх слоўнікаў для ўнутраных патрэб моўнай практыкі, а таксама падручных беларуска-іншамоўных і іншамоўна-беларускіх слоўнікаў, што звязана з выхадам Беларусі як самастойнага суб’екта палітычнай, эканамічнай і культурнай дзейнасці на міжнародную арэну.

Завершана выданне «Гістарычнага слоўніка беларускай мовы» ў 37 выпусках – першага і адзінага ў айчыннай і замежнай гуманітарнай навуцы даведніка, які з максімальнай паўнатай адлюстроўвае склад і стан лексічнай сістэмы беларускай мовы XIV–XVIII стст., дае змястоўную інфармацыю аб сацыяльна-эканамічным жыцці, матэрыяльнай і духоўнай культуры нашага народа ў названы перыяд. Слоўнік не мае аналагаў у еўрапейскім і сусветным мовазнаўстве. Паспяховае і выніковае заканчэнне гэтай шматгадовай работы ўмацоўвае не толькі статус беларускага мовазнаўства і беларускай гуманітарнай навукі на міжнародным узроўні, але і нацыянальна-дзяржаўнага суверэнітэту Рэспублікі Беларусь.

Упершыню ў айчынным мовазнаўстве створаны Нацыянальны корпус беларускай мовы, які ўтрымлівае ўсе тыпы пісьмовых і вусных тэкстаў, прадстаўленыя ў адпаведных перыядах. У выніку выканання праекта распрацаваны электронны корпус тэкстаў аб’ёмам 80 млн словаўжыванняў са структур-

най і граматычнай разметкай і пашпартызацыяй і яго эксперыментальны рухавік.

Нельга не адзначыць «Арфаэпічны слоўнік беларускай мовы» – першы поўны акадэмічны слоўнік беларускай мовы, у якім праз падачу поўнай транскрыпцыі слоў прапануецца апісанне літаратурнага вымаўлення больш за 117 тыс. слоў, што бытуюць у сучаснай мове.

Вучоныя-літаратуразнаўцы ажыццявілі навукова-тэксталагічнае даследаванне творчасці класіка беларускай літаратуры Янкі Брыля. На высокім навуковым узроўні з улікам дасягненняў сучаснага літаратуразнаўства, тэарэтычнай думкі і эдыцыйнай практыкі апошніх гадоў выканана тэксталагічная падрыхтоўка да выдання першага навукова каментаванага збору твораў пісьменніка ў 10 тамах.

Трэба адзначыць, што правядзенне якасных навуковых даследаванняў вучоных-гуманітарыяў было б немагчымым без Інстытута падрыхтоўкі навуковых кадраў НАН Беларусі, Цэнтральнай навуковай бібліятэкі імя Якуба Коласа, Выдавецкага дома «Беларуская навука», якія аказваюць значную інфармацыйную падтрымку ў правядзенні навуковых даследаванняў, а таксама папулярызуюць навукова-тэхнічныя веда.

Акадэмічныя вучоныя-гуманітарыі распачалі працу па выкананні заданняў дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў «Грамадства і гуманітарная бяспека беларускай дзяржавы» на 2021–2025 гг. За гэты кароткі час зроблена нямала.

Так, падчас даследавання старажытнага Менска на рацэ Менка ў в. Гарадзішча Мінскага раёна ўпершыню былі выяўлены аб'екты IX–X стст., якія адносяцца да самага ранняга этапу засялення гэтай тэрыторыі славянскімі плямёнамі. Створаны комплекс картаграфічных матэрыялаў (карт, картасхем) па палітычнай гісторыі беларускіх зямель ад старажытных часоў да пачатку XXI ст.

Вучоныя Інстытута сацыялогіі ў працэсе пошукаў напрамкаў сучаснага грамадскага развіцця стварылі канцэптальную схему даследавання феномена лічбавізацыі грамадства, распрацавалі сацыялагічную мадэль эканамічных паводзінаў сацыяльных суб'ектаў у новых умовах. За паўтара года было праведзена амаль 50 рэспубліканскіх і рэгіянальных сацыялагічных даследаванняў. Па іх выніках у Адміністрацыю Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь, Савет Міністраў, органы дзяржаўнага кіравання накіравана звыш 70 аналітычных запісак.

Мінулы год стаў значным этапам у развіцці беларускай філасофскай школы. Вучоныя Інстытута філасофіі ўпершыню зрабілі сістэмную рэканструкцыю ключавых тэм, ідэй і паняццяў традыцыйнага светапогляду беларусаў. Створана канцэпцыя, якая апісвае ўзнікненне і развіццё філасофскіх ідэй і ўяўленняў у традыцыйнай беларускай культуры. Распрацоўка ўвайшла ў топ-10 вынікаў дзейнасці вучоных НАН Беларусі за 2021 г. у галіне фундаментальных і прыкладных даследаванняў. Вынікі працы прадстаўлены ў навукова-папулярным выданні «Трошкі бліжэй да Сонца, трошкі далей ад Месяца: беларуская народная філасофія», якое карыстаецца папулярнасцю ў шырокага чытача.

Навуковыя даследаванні, якія праводзяцца вучонымі Інстытута эканомікі НАН Беларусі, з'яўляюцца асновай для распрацоўкі стратэгіі і механізмаў забеспячэння збалансаванасці эканамічнага росту, садзейнічаюць практычнаму фарміраванню стратэгіі развіцця нацыянальнай інавацыйнай сістэмы, а таксама сферы паслуг.

Айчынным эканамістам ў выніку выканання фундаментальных даследаванняў у 2021 г. упершыню распрацавалі метадыку ацэнкі ўкладу прамысловасці ў дасягненне мэт і выкананне задач устойлівага развіцця, якая ўключае 44 паказчыкі ў разрэзе 11 мэт і 24 задач.

Сярод вынікаў плённай працы вучоных Цэнтра даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры НАН Беларусі неабходна адзначыць вялікую працу мовазнаўцаў, якія мэтанакіравана вывучалі сістэму сучаснай беларускай літаратурнай мовы і яе месца ў камунікатыўнай прасторы. У 2022 г. падрыхтаваны і выдадзены новы «Тлумачальны слоўнік беларускай літаратурнай мовы» (у 2 тамах), які ўтрымлівае звыш 65 тыс. слоў.

Вучоныя-літаратуразнаўцы распрацавалі канцэпцыю першага навукова каментаванага «Збору твораў Кузьмы Чорнага» (у 12 тамах), а таксама падрыхтавалі і выдалі 21-ы і 22-і тамы серыі «Залатая калекцыя беларускай літаратуры».

У цэлым вынікі творчай дзейнасці вучоных-гуманітарыяў спрыяюць устойліваму сацыяльна-эканамічнаму развіццю нашай краіны, умацоўваюць палітычную сістэму і дзяржаўнасць, садзейнічаюць выхаванню патрыятызму ў падростаючага пакалення, умацоўваюць пазіцыі нашай дзяржавы на міжнароднай арэне і пацвярджаюць высокі статус беларускай гуманітарнай навукі ў свеце. ■

фото Сергея ДУБОВИКА



ОТДЕЛЕНИЕ
АГРАРНЫХ НАУК

ВЫСОКОЗНАЧИМЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



Владимир Азаренко,
академик-секретарь
Отделения аграрных
наук НАН Беларуси,
член-корреспондент



Светлана Касьянчик,
заместитель академика-
секретаря Отделения
аграрных наук
НАН Беларуси,
кандидат сельско-
хозяйственных наук

Учеными Отделения аграрных наук проведены важные работы в области научных исследований.

В НИЦ по земледелию предложен метод устранения генетической конкуренции растений *F2* за счет добавления в семена *F1* 75% семян специально созданного для этих целей образца с черной окраской леммы и перикарпа (ген *Vlp*). При использовании предложенного метода установлена тенденция увеличения количества выделенных в СП-1 линий на 0,47–6,26%. Отбор элитных потомств в *F2* по колосьям в сравнении с таковым по растениям обеспечивает в СП-2 достоверно (χ^2 5,95*) больший процент высокопродуктивных линий. На основании полученных результатов под-

готовлены методические рекомендации по селекции ячменя, в которых отражены усовершенствованные приемы оценки селекционного материала.

Разработана морфофизиологическая модель (идеатип) интенсивного сорта люпина желтого. Его габитус компактный, а генеративная сфера похожа на колос, состоящий из бобов, располагающихся в пазухах верхних листьев и на кисти. Растения обладают быстрым темпом роста. Вегетационный период – 85–95 суток, потенциальная урожайность зеленой массы 400–500 ц/га, сухого вещества – 70–80 ц/га, семян – 30–50 ц/га.

Выделены перспективные образцы люпина желтого (*L. luteus* L.) колосовидного типа для включения

в дальнейший селекционный процесс по созданию устойчивых к плотному моноценозу сортов, которые по своим параметрам приближаются к модели интенсивного типа.

Выделены 5 материнских и 5 отцовских компонентов гибридов F1 ржи сортов Офелия, Голубка, характеризующихся отличной комбинационной способностью, хорошей стерильностью (материнские формы) и высоким индексом восстановления фертильности пыльцы у гибридов (отцовские формы). Подготовлены методические рекомендации по созданию системы ЦМС G-типа для озимой ржи с использованием МС-источников G-типа. Установлена перспективность гетерозисной селекции с применением ЦМС G-типа в повышении потенциальной и реальной урожайности культуры.

В Центре созданы и переданы на госсортоиспытание новые высокоурожайные сорта озимого рапса Витень, кормового ярового ячменя Мажор, яровой пшеницы Знамя продовольственного использования и озимой тетраплоидной ржи РПТ 21 (рис. 1, 2).

Ученые Института почвоведения и агрохимии впервые в Беларуси за более чем 40-летний период провели агроэколого-генетическую оценку эволюционных изменений строения, состава и свойств почв сельскохозяйственных земель под влиянием антропогенного фактора. Результаты исследований на 31 разновидности образцов используются для разработки мероприятий по экологически безопасному землепользованию с целью увеличения долгосрочной максимальной производительной

способности земель, предотвращения развития деградационных процессов в интенсивных системах земледелия, создания «Электронного реестра почв Беларуси» и агроэкологических паспортов, проведения государственной экспертизы по установлению нарушений агроэкологического мониторинга и функций почвы.

Сотрудниками Института почвоведения и агрохимии и Института защиты растений впервые в Беларуси разработан состав трехкомпонентной микробной композиции, сочетающей свойства регулятора роста, биоудобрения и биофунгицида. Ее использование обеспечивает снижение химической нагрузки на растения за счет эффективного биологического механизма минерального питания (азотфиксация и калиймобилизация), адаптационного (гормонального) эффекта и биоконтроля (защиты от корневой гнили).

В Институте защиты растений разработаны антирезистентные технологии защиты посевов сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорной растительности, предотвращающие образование устойчивости у доминантных видов фитопатогенов, фитофагов и сорняков. В отношении защиты пшеницы озимой и яровой биологическая эффективность достигает 90–95%, потери урожая зерна снижаются до экономически не ощутимого уровня.

Также разработан отраслевой технологический регламент по защите кукурузы от западного кукурузного жука, включающий комплекс фитосанитарных мероприятий по ликвидации оча-

гов на территории Беларуси и тактику применения разрешенных инсектицидов, обеспечивающий в производственных условиях снижение численности вредителя на 96–98%, сохранение урожая зерна при этом составляет 5,3 ц/га.

В Институте мелиорации разработана методика улучшения фильтрационных свойств тяжелых почвогрунтов путем рыхления почвы с омагничиванием с помощью новых конструкций водопоглощающих устройств с фильтрующей засыпкой из смеси структурообразователя и местного слабофильтрующего почвогрунта, что позволяет обеспечить требуемый водный режим и высокую продуктивность сельскохозяйственных земель. Установлено, что рыхление с магнитом мощностью 0,15 Тл улучшает структуру почвы и ее фильтрационные характеристики. В Шарковщинском районе Витебской области на дренажных системах с тяжелосуглинистыми



Рис. 1. Ячмень Мажор



Рис. 2. Сорт озимой тетраплоидной ржи РПТ 21

почвами построен опытный участок с вариантами использования таких технологий.

В НПЦ по картофелеводству и плодовоовощеводству установлено, что возбудитель раневой водянистой гнили картофеля оомицет *Pythium ultimum* Trow var. *Ultimum* обладает высокой степенью вирулентности. Наиболее поражаемыми оказались ранние и среднеспелые сорта (Лилея, Манифест, Скарб), более устойчивы среднепоздние и поздние (Рагнеда и Здабытак). Полученные данные использованы для разработки методических указаний по оценке перспективного селекционного материала на устойчивость к этой патологии.

Установлена закономерность наследования цветной мякоти и содержания антиоксидантов гибридным потомством картофеля, полученным с участием родителей с различным уровнем проявления признаков. Выделен сортообразец с цветной окраской мякоти, содержанием антиоксидантов более 1500 ед., высоким адаптивным потенциалом, устойчивый к наиболее вредным болезням. Средняя урожайность гибрида в конкурсном испытании составила 52,9 т/га, максимальная – 64,0 т/га, содержание крахмала – 14,1%. Пригоден для получения хрустящего и гарнирного картофеля (рис. 3).



Рис. 3. Клубни гибрида картофеля

Установлена распространенность и структура популяций вирусных болезней картофеля в Брестской, Минской и Могилевской областях Беларуси, составлена карта и выделены наиболее благоприятные зоны для ведения элитного семеноводства. Полученные научные результаты используются при создании на основе диких видов и межвидовых гибридов картофеля источников устойчивости к S- и M-вирусам.

Сотрудниками Центра созданы и переданы на испытание два ранних нематодоустойчивых столовых гибрида картофеля – Красавик и Умка, обладающих комплексной устойчивостью к болезням и высокой товарностью клубней (урожайность 59,9 и 64,2 т/га, содержание крахмала 12,8% и 13,1% соответственно) (рис. 4, 5).

В результате исследований, проведенных учеными Института овощеводства и Белгосуниверситета, в гибридную селекцию лука репчатого впервые включен дополнительный процесс создания мужских стерильных и поддерживающих мужскую стерильность линий на основе молекулярно-генетической идентификации типа цитоплазмы (N, S, T). На основе новых научных данных созданы 2 линии лука репчатого с мужской стерильностью S-типа для гибридной селекции (рис. 6).

В НПЦ по животноводству впервые разработана методика препаративного выделения, очистки и хранения ДНК-экспрессионных векторов со вставкой вариантов спейсера направляющей РНК, свободных от эндотоксинов и пригодных для микроинъекции в клетки млекопитаю-

щих. Это позволит приблизиться к созданию животных, подходящих для ксенотрансплантации некоторых органов (кожа, роговица глаза и т.д.).

Предложен метод молекулярно-генетического мониторинга генофонда крупного рогатого скота по локусу гена пролактина, участвующего в формировании показателей молочной продуктивности, который позволяет тестировать животных на уровне генотипа независимо от пола, возраста и стадии лактации.

Разработаны модельные генетические профили свиней материнских пород: белорусской крупной белой, белорусской черно-пестрой и белорусского заводского типа породы йоркшир по генам-маркерам количественных признаков продуктивности. Для пород с установленным высоким уровнем полиморфизма гена-маркера и продуктивности предложен модельный профиль, превышающий достигнутый показатель на 8–10 п.п. Использование модельных генетических профилей в качестве эталона позволит разрабатывать программы отбора и подбора родительских пар с учетом генотипов и аллелей генов-маркеров продуктивных качеств в тестируемых стадах животных материнских пород.

В 2020 г. завершено создание голштинской породы молочного скота отечественной селекции, которая характеризуется высокой молочной продуктивностью, выраженным молочным типом, хорошими воспроизводительными качествами и эффективным использованием в условиях промышленной технологии. Анализ развития молочного скотоводства свидетельствует,

что более 80% молока в Беларуси производится от коров новых генераций, полученных в соответствии с методиками, предложенными учеными НППЦ по животноводству (рис. 7).

Разработана, апробирована и внедрена в производство технология контроля и использования генетических ресурсов в молочном скотоводстве и свиноводстве, позволяющая проводить мониторинг генофонда, разводимого в республике по селекционно значимым параметрам. Сформирована база данных генетически сертифицированного поголовья. Индексная система оценки животных позволяет более объективно характеризовать их племенные и репродуктивные качества с учетом экономической значимости.

В Институте экспериментальной ветеринарии создано 10 новых ветеринарных препаратов, в числе которых:

- «Нуклеозан», предназначенный для стимуляции интерфероногенеза и противoinфекционной устойчивости у молодняка крупного рогатого скота (уменьшает длительность лечения пневмоэнтеритов у телят на 4,3 дня, число повторно заболевших животных снижается на 23%);
- «Вирококцид», губительно воздействующий на паразитических простейших (кокцидии) и гельминтов (стронгилоид, стронгилят желудочно-кишечного тракта, трихоцефал) с эффективностью 97–100% (дается с кормом, нет сроков ожидания);
- средство с высокой биоцидной активностью, низкими токсическими и коррозионными

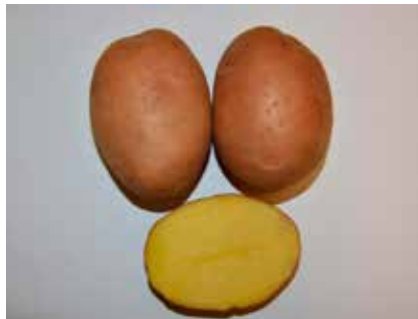


Рис. 4. Сорт картофеля Красавик



Рис. 5. Сорт картофеля Умка

свойствами для дезинфекции животноводческих помещений, а также для профилактики гнойно-некротических процессов дистальных отделов конечностей крупного рогатого скота «Альдечас» (обеспечивает снижение микробного прессинга на животных, позволяет профилактировать респираторные заболевания молодняка и гнойно-некротические поражения копыт у крупного рогатого скота).

В Институте рыбного хозяйства впервые изучено влияние композиций, составленных из растительных эфирных масел, на возбудителей бактериальных инфекций рыб – аэромоноза и протеоза. На основании полученных данных созданы композиции эфирных масел с высоким антибактериальным действием, а впоследствии будет разработана фитобиотика для борьбы с аэромонозами, протеозами и смешанными инфекциями рыб.

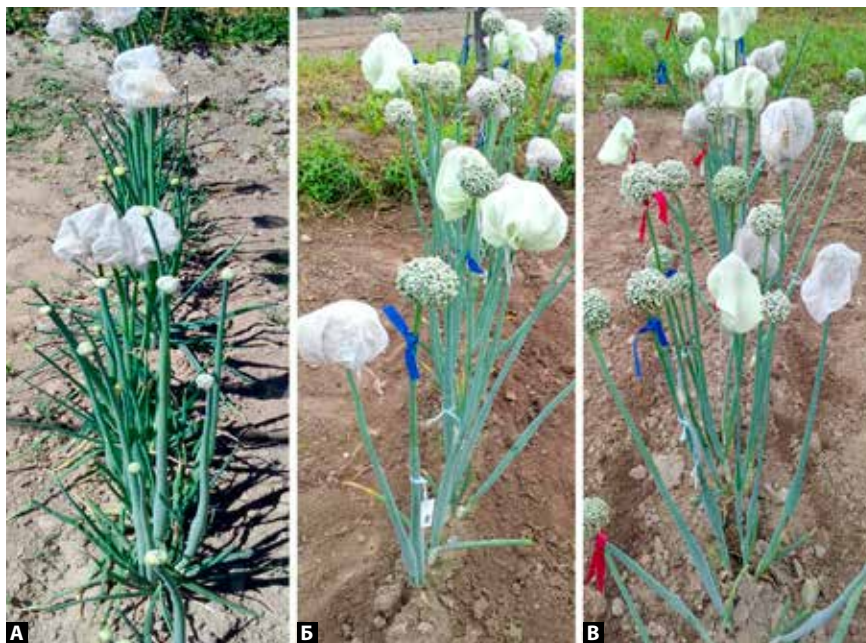


Рис. 6. Индивидуальная изоляция соцветий образцов лука репчатого начата в первой декаде июня (А); в третьей декаде июня – начале июля оценена фертильность цветков растений в семьях лука репчатого: фертильные фенотипы помечены синей лентой (Б), мужские стерильные – красной (В)



Рис. 7. Коровы новых заводских линий в СПК «АК «Снов»

В Институте плодоводства завершена работа по созданию сортов абрикоса Лявон (ранний срок созревания, не имеет отечественных и зарубежных районированных аналогов, зимостойкий, высокая устойчивость к клостероспориозу и монилиозу, регулярное плодоношение, средняя урожайность 8,0 т/га при плотности 1250 дер./га) и Камея (зимостойкий, вступает в плодоношение на 3-й год после посадки в сад, средняя урожайность – 8,1 т/га при плотности 1250 дер./га, плодоношение регулярное) (рис. 8).

На основе пыльцевого анализа в Институте впервые представили методику определения ботанического происхождения меда, которая позволяет установить регион его происхождения, подтвердить натуральность и безопасность, а также обеспечить защиту внутреннего рынка страны от фальсифицированного продукта. Также впервые подготовлен морфопалинологический атлас основных медоносных растений Республики Беларусь, который включает описание 73 культур.

В Институте системных исследований в АПК пред-

ставлены методические подходы к оценке сбалансированности экспорта и импорта по продуктовой и географической направленности, позволяющие анализировать 3 взаимосвязанные группы факторов и показателей (эффективность экспортно-импортных операций, диверсификация, обеспеченность внутреннего рынка) с целью выработки перспективных направлений внешней торговой стратегии. Показано, что существует потенциальная возможность увеличить долю государств – членов ЕАЭС в импорте Беларуси до 30% в общей его стоимости.

В НПЦ по механизации сельского хозяйства обоснованы

основные параметры механизма отделения некондиционных клубней картофеля струей сжатого воздуха. В качестве параметра оптимизации принята точность сортирования. По результатам многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии и построены поверхности отклика, позволяющие определить рациональное значение выбранных факторов: скорость вальцового конвейера 0,4 м/с, давление в пневматической системе 524,3 кПа, диаметр форсунки 4,9 мм, при этом точность сортирования составила 99% (рис. 9).

В Центре впервые разработано программное обеспечение по обнаружению опасных зон повреждаемости клубней картофеля на рабочих органах серийных машин для уборки и послеуборочной доработки возделываемых сортов. Даны методологические рекомендации по настройкам и регулировкам серийно выпускаемых машин для уборки и послеуборочной доработки картофеля. Результаты исследований планируется использовать при разработке технических требований к таким агрегатам.

В НПЦ по механизации сельского хозяйства создан лущильник дисковый ЛДР-9, агрегати-



Рис. 8. Абрикосы сорта А) Камея, Б) Лявон

руемый с тракторами класса 5, предназначенный для лущения стерни и полупаровых обработок зяби. Рабочие органы машины выполнены в виде литых цельнометаллических сферических дисков с проушиной снаружи и крючком внутри, благодаря которым диски собираются в цепочку и устанавливаются на раме в виде ромба. Такое исполнение обеспечивает лучшее копирование рельефа и повышает надежность технологического процесса (рис. 10).

Разработан программно-аппаратный комплекс системы идентификации и контроля физиологического состояния животных ИКФС «МАЙ-СТАР» для автоматического сбора сведений об их физиологическом состоянии и хозяйственно-биологических параметрах для комплексной оценки здоровья, продуктивности и других качеств, необходимых для управления стадом, проведения селекционной работы, правильной организации кормления, трафика в рамках поточно-цеховой системы и суточного графика доения.

На Опытной научной станции по сахарной свекле совместно с фирмой «Kutnowska Hodowla Buraka Cukrowego Sp.zo.o» (КНВС, Польша) соз-

дан диплоидный гибрид сахарной свеклы А-13608 урожайно-сахаристого направления. Он обладает высокой технологичностью благодаря равномерной густоте и расположению головки корнеплода в почве, имеет высокие технологические качества, что положительно влияет на снижение потерь сахара при переработке, толерантен к церкоспорозу. Данный гибрид обеспечил урожайность 75,2 т/га, сахаристость 17,1%, сбор очищенного сахара – 11,6 т/га (рис. 11).

В Полесском институте растениеводства выведен первый отечественный сорт сорго кормового с урожайностью зеленой массы 420–450 ц/га, высоким адаптивным потенциалом, стабильной кормовой продуктивностью, надежным семеноводством. Его использование позволит увеличить количество и качество кормов и сократить импорт семян.

Создан и передан в госсортиспытание раннеспелый гибрид кукурузы, предназначенный для выращивания на зерно и зеленую массу на всех типах почв. Он отличается быстрым стартовым ростом и высоким темпом накопления вегетативной массы в начальный период развития. Обладает хорошими



Рис. 9. Макетный образец автоматической сортировальной машины

показателями засухоустойчивости, жаростойкости, устойчивостью к предуборочному полеганию, интенсивной влагоотдачей зерна в предуборочный период, высокими холодостойкостью и потенциальной зерновой и кормовой продуктивностью.

В Институте мясо-молочной промышленности впервые разработана отечественная технология производства замороженных концентрированных заквасок бифидобактерий и поливидовых заквасок для биопродуктов, созданы технологические решения выпуска биотворога и биосметаны на их основе.



Рис. 10. Дискový лущильник с шириной захвата 9 м ЛДР-9



Рис. 11. Гибрид сахарной свеклы А-13608



Рис. 12. Производство коньяков из выдержанных коньячных спиртов

Впервые предложена инновационная технология производства различных видов сыров с применением баромембранных методов подготовки смесей для сыроделия. Ее использование в производстве позволяет регулировать состав сырья, концентрируя желаемые и удаляя нежелательные компоненты; обеспечивать микробиологическую безопасность и сохранение нативных свойств; сократить технологический процесс и максимально увеличить степень переработки сырья. При этом выход качественных полутвердых сыров увеличивается на 15% в сравнении с традиционной технологией.

В НПЦ по продовольствию впервые разработана комплексная научно обоснованная методика обнаружения пальмового масла или его фракций в пище-

вых продуктах и количественного определения компонентов жирового состава в них, установления маркеров, указывающих на присутствие нежелательных фракций с использованием хроматографического и изотопно-спектрального анализа соответствия подлинности продуктов и выявления фальсификаций.

Впервые обоснована возможность целенаправленного изменения физико-химических свойств крахмала в результате классификации крахмальных гранул. Разработаны технологические схемы и методики их классификации по размеру механическим и химическим способом, что позволит обеспечить глубокую переработку крахмалсодержащего растительного сырья, получить продукт с улучшенными свойствами. Составлен атлас сканирующих электронных микрофотографий гранул крахмала различного ботанического происхождения, который отражает их морфологию (размер и форму).

Учеными НПЦ по продовольствию и Белорусского государственного экономического университета определена закономерность формирования наноразмерных структур (наносом) из линейных сульфатированных полисахаридов и глицеридов ненасыщенных жирных кислот как носителей неполярных витаминов. Установлены зависимости режимов введения комбинаций водорастворимых и жирорастворимых витаминов и ультразвуковой обработки при получении наносомных поливитаминов. Описана возможность обогащения кондитерских продуктов наносомным препаратом витаминов E, B1, B6, B12. Разработаны рецептур-

ные составы зефира, мармелада на агаре и желатине, сахарного и сдобного печенья с введением витаминно-сбалансированных субстанций на основе наноструктурных липидных систем, обеспечивающих адекватную суточную потребность взрослого человека в витаминах E, B1, B6 на 25–80% при употреблении 100 г продукции.

В НПЦ по продовольствию усовершенствована технология переработки сахарной свеклы, что позволило повысить эффект очистки диффузионного сока на 2%, снизить расход вспомогательных материалов на 0,1 кг/на 100 т свеклы.

Создана технология сокращенного цикла производства коньяков из выдержанных коньячных спиртов, которые отличаются стабильностью и высокими органолептическими характеристиками (внедрена на ОСП «Вино-водочный завод «Колос» ОАО «ДОРОРС») (рис. 12).

От 100 до 130 разработок ученых-аграриев ежегодно внедряются в практику агропромышленного комплекса. Объем продукции, производимой благодаря этому, составляет ежегодно более 1 млрд руб. Кроме того, создаются собственные производства. Так, в Институте мясо-молочной промышленности организован экспериментальный выпуск сухих молочных продуктов и ингредиентов.

Об эффективной работе ученых-аграриев можно судить и по следующим фактам: за последние 3 года заключено 25 лицензионных договоров; получено 77 охранных документов; опубликовано 49 книжных изданий, в том числе 30 монографий и более 960 научных статей. ■

НАН БЕЛАРУСИ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОЦЕНКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК [001.32(476)(062.552) + 001.893(476:100)]:303.443.2



Оксана Сикорская,
завотделом научного
формирования фондов
Центральной научной
библиотеки им. Я. Коласа
НАН Беларуси



Мария Бовкунович,
научный сотрудник
отдела научного
формирования фондов
Центральной научной
библиотеки им. Я. Коласа
НАН Беларуси

Со времени своего основания Национальная академия наук Беларуси сохраняет позиции главного научного учреждения страны, что подтверждается таким объективным, наглядным, легко проверяемым индикатором, как количественное и качественное отражение публикационной активности ученых организации в международных наукометрических системах Scopus (издательство Elsevier) и Web of Science Core Collection (WoS CC) (компания Clarivate Analytics).

Специалисты Центральной научной библиотеки НАН Беларуси проводят библиометрические исследования уже на протяжении более 15 лет. И за весь этот период отечественная Академия наук демонстрирует самые высокие показатели в стране по числу публикаций, ссылок и индексу Хирша ежегодно (табл. 1).

Количественный анализ позволил выявить тенденцию постоянного увеличения числа публикаций авторов НАН Беларуси, представленных в Scopus и Web of Science Core Collection (рис. 1).

Неотъемлемой частью информационных технологий стали научные рейтинги по публикационной активности ученых, организаций, стран в целом. Их многомерный характер, когда каждый показатель ранжируется отдельно, позволяет получить открытую и доступную информацию, сравнивать их на различных уровнях.

Авторы данной статьи на протяжении ряда лет, используя материалы Scopus и WoS CC, ежегодно обновляют рейтинги научных организаций Беларуси по основным библиометрическим показателям, которые с 2019 г. представлены в автоматизированной системе информационного обеспечения библиометрической оценки научной продуктивности исследовательских организаций и ученых БОНУС (<http://bonus.basnet.by>).

Ежегодно неизменными лидерами среди учреждений НАН Беларуси в Scopus остаются Институт

		Scopus (1961–2022 гг.)	WoS CC (1990– 2022 гг.)
Общее число публикаций	Беларусь	59 936	51 372
	НАН Беларуси	28 036	24 460
	% публикаций НАН	46,77 %	47,61 %
Общее число ссылок	Беларусь	652 884	496 151
	НАН Беларуси	284 455	236 611
	% ссылок НАН	43,56 %	47,68 %
Индекс Хирша	Беларусь	230	209
	НАН Беларуси	159	145

Таблица 1. Показатели публикационной активности в наукометрических базах данных (на август 2022 г.)

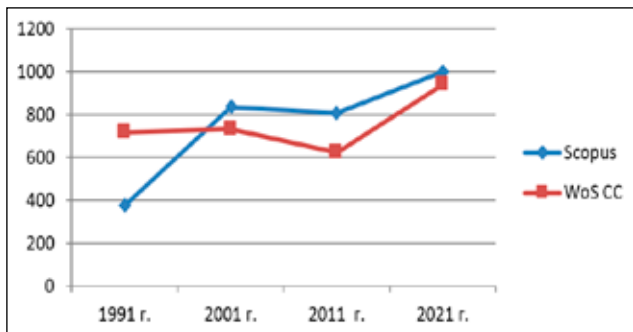


Рис. 1. Динамика публикаций НАН Беларуси: 1991–2021 гг. (данные Scopus и WoS CC на август 2022 г.)

физики им. Б.И. Степанова (8469 публикаций, 131 480 ссылок, h-index 132), Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова (3115 публикаций, 17 892 ссылки, h-index 55), НПЦ по материаловедению (2937 публикаций, 24 794 ссылки, h-index 70) (табл. 2).

Следует отметить, что наукометрические системы Scopus и WoS CC содержат огромный массив загруженных данных. Вручную проводить их переработку и анализ достаточно сложно: это требует больших временных затрат, компетенций и профессионализма специалистов, составляющих алгоритмы поиска и т.д.

Поэтому правообладателями международных наукометрических систем были созданы специализированные веб-инструменты оценки исследований, которые помогают разработать стратегию их проведения, – InCites Benchmarking & Analytics (InCites) на основе данных WoS CC и SciVal на основе Scopus.

По функциональной структуре между указанными системами нет существенной разницы: они позволяют проводить визуализацию поисковых

результатов по организациям с определением их сильных сторон, представлять детальные анализы путем выбора необходимых комбинаций областей исследований и метрик, а также осуществлять оценку эффективности сотрудничества на уровне учреждений, стран и т.д. При этом каждая из баз данных содержит свою систему индикаторов оценки научной продуктивности.

С целью представления публикационной активности исследователей НАН Беларуси нами были выбраны уникальные показатели, первый блок из которых основан на данных SciVal, второй – на данных InCites за пятилетний период, который представляет наиболее актуальную информацию.

Показатели SciVal

За период 2016–2020 гг. опубликовано 4568 статей ученых НАН Беларуси, из них 36,8% – открытого доступа; всего получено 41 475 ссылок, среднее цитирование на одно исследование составило 9,1, индекс Хирша – 67.

Для определения значимости публикаций в SciVal введен индекс нормированной цитируемости FWCI (Field-Weighted Citation Impact) – взвешенный по области знаний показатель, который учитывает одновременно научное направление, год публикации, а также предоставляет возможность оценить актуальность научных работ среди аналогичных по базе данных Scopus.

Значение FWCI больше 1.00 означает, что цитирование документа выше среднемирового уровня. Данный показатель для публикаций НАН Беларуси составил 1.11.

Приоритетными сферами академических исследований за последние 5 лет остаются физика, материаловедение, технические науки.

Показатель Prominence Percentile (процентиль актуальности) выражает степень интереса мирового научного сообщества к выбранной теме. Его значение от 99 до 100 свидетельствует, что тема входит в 1% наиболее актуальных в мире.

Только 336 статей (7,35%) из числа анализируемого блока академических публикаций имеют высокий процентиль актуальности.

Топ-5 тематических кластеров SciVal, включающих публикации НАН Беларуси, представлен такими предметными областями, как:

- вторичные батареи; электрические батареи; литиевые сплавы (процентиль актуальности – 99,933);
- фотокатализ; фотокатализаторы; солнечные элементы (99,866);

	Количество публикаций в Scopus
Институт физики им. Б.И. Степанова	8469
Институт тепло-и массообмена имени А.В. Лыкова	3115
Научно-практический центр по материаловедению	2937
Институт биоорганической химии	1749
Объединенный институт проблем информатики	1146
Институт физико-органической химии	1101
Институт математики	857
Институт общей и неорганической химии	761
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого	758
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны	564

Таблица 2. Рейтинг организаций НАН Беларуси по количеству публикаций в Scopus (на август 2022 г.)

- алгоритмы; компьютерное зрение; модели (99,799);
- графен; углеродные нанотрубки; нанотрубки (99,732);
- Т-лимфоциты; новообразования; иммунотерапия (99,666).

Основной массив публикаций НАН Беларуси выполнен при международном сотрудничестве – 70,8%, работы национального уровня составляют 11%, на уровне организации – 12,8%, одним автором написано только 5,4% статей.

Больше всего статей ученых НАН Беларуси за 2016–2020 гг. опубликовано в высокорейтинговых журналах открытого доступа издательства Springer «Journal of High Energy Physics» (105 статей) и «European Physical Journal C» (68), а также «Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics» (84) издательства Elsevier.

Отметим, что данные публикации оказались самыми высокоцитируемыми.

Показатели InCites

Из наиболее значимых способов применения опционального аналитического инструмента InCites можно выделить бенчмаркинг, определение сильных и слабых сторон научной деятельности организации, анализ публикационной стратегии.

Общие показатели НАН Беларуси за 2016–2020 гг. в системе InCites составили 4608 публикаций, из них 40% открытого доступа, всего получено 40808 ссылок, среднее цитирование на одну публикацию – 8,8, индекс Хирша – 78.

В системе InCites разработан показатель нормализованной средней цитируемости по предметной области CNCI (Category Normalized Citation Impact), который отражает отношение числа цитирований конкретной статьи к средней цитируемости публикаций таких же типа, года и тематики. Если тематик у публикации несколько, берется среднее значение CNCI, равное 1, соответствует цитируемости на среднем мировом уровне (табл. 3). Данный показатель является индикатором результативности научных исследований вне зависимости от предметной области, позволяя сравнивать «физиков» и «лириков», подходит для анализа в динамике по стране или организации вне зависимости от ее размера.

Анализ соавторства ученых НАН Беларуси показал, что наиболее высокоцитируемые публикации подготовлены при международном научном сотрудничестве с развитыми странами – лидерами мировой науки (США, Германией, Великобританией и др.), при этом доминирующими направлениями научных

	CNCI за период 2016–2020 гг.
Академфарм	2,97
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны	1,6
Институт физики им. Б.И. Степанова	1,2
НПЦ по материаловедению	1,14
Институт истории	0,91
НПЦ по биоресурсам	0,87
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича	0,79
Институт природопользования	0,76
Национальная академия наук Беларуси (без уточнения организации)	0,76
Институт биофизики и клеточной инженерии	0,74

Таблица 3. Топ-10 научных учреждений НАН Беларуси по показателю нормализованной средней цитируемости

исследований стали физика, материаловедение, технические науки (табл. 4).

Для оценки периодических изданий, в которых публиковались авторы НАН Беларуси за исследуемый период, использован показатель квартиль Q по импакт-фактору базы данных Journal Citation Reports на платформе Web of Science, который обновляется ежегодно. Квартиль – это категория научных журналов, которую определяют библиометрические показатели, отражающие уровень цитируемости, то есть востребованность журнала научным сообществом.

В результате ранжирования каждый журнал попадает в один из четырех квартилей: от Q1 (самый высокий, к которому принадлежат наиболее авторитетные иностранные издания) до Q4 (самый низкий). Система позволяет наиболее объективно оценить

Материаловедение, междисциплинарное	546	345	65	60	21	20	18
Прикладная физика	381	240	42	37	17	20	35
Физика, конденсированные состояния	270	194	41	24	10	16	18
Физика полей и частиц	461	457	438	437	439	438	438
Оптика	243	111	23	15	9	37	5
Физическая химия	199	111	22	27	8	7	3
Биохимия и молекулярная биология	128	72	5	12	13	3	3
Физика, междисциплинарная	149	107	43	41	35	42	39
Спектроскопия	138	60	6	11	0	1	1
Химия, междисциплинарная	135	81	12	11	6	6	6
	Беларусь	Россия	Германия	Польша	США	Франция	Великобритания

Рис. 4. Научные направления публикаций НАН Беларуси, выполненных при международном сотрудничестве (по данным InCites)



качество – уровень журнала вне зависимости от предметной области.

Так, публикации НАН Беларуси размещены в 262 наименованиях журналов первого квартиля (Q1), 256 – Q2, 189 – Q3, 199 – Q4. Высокий процент академических публикаций в престижных научных журналах первого и второго квартилей объясняется участием авторов в международных исследовательских проектах.

Благодаря функции визуализации в InCites можно получить подробный отчет по научной продуктивности организации, например набор ключевых слов высокоцитируемых публикаций НАН Беларуси.

В результате проведенного библиометрического анализа было выявлено, что основные показатели публикационной активности НАН Беларуси находятся на уровне среднемировых. Определены сильные тематические кластеры исследований в сравнении с общемировой структурой, что важно для понимания состояния конкретной области науки.

Устойчивый рост академических публикаций открытого доступа способствует скорейшему продвижению научных знаний на мировой уровень, тем самым укрепляя исследовательский имидж страны, организации, ученого. ■

Авторы выражают благодарность
Белорусскому фонду
фундаментальных исследований
(БРФФИ) за финансирование
исследования (проект № 20220935).

ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ОТДЕЛЕНИЯ АГРАРНЫХ НАУК НАН БЕЛАРУСИ



Римма Муравицкая,
зав. научно-библиографическим отделом обслуживания удаленных пользователей Белорусской сельскохозяйственной библиотеки им. И.С. Лупиновича НАН Беларуси



Дмитрий Бабарико,
замдиректора по научной работе Белорусской сельскохозяйственной библиотеки им. И.С. Лупиновича НАН Беларуси

Эффективность научных исследований – одна из самых актуальных проблем, решаемых сегодня мировым научным сообществом. Существует множество методик, позволяющих определить актуальность исследования. Самый очевидный успех – факт внедрения изобретения или технологии в производство, однако далеко не каждое изыскание способно в кратчайшие сроки завершиться результатом, который можно использовать в промышленности или сельском хозяйстве. Помимо этого, существуют фундаментальные работы, которые и не предполагают практического применения. Именно для них разрабатываются методики, позволяющие определить востребованность научных разработок по косвенным признакам. Один из методов – расчет наукометрических показателей исследования на основе опубликованных научных

статей. Соотношение их количества и процента заинтересованности их содержанием со стороны других ученых и дает ту самую величину эффективности, которая, при всей ее условности, широко используется в мире.

Основная проблема этой методике заключается в зависимости от степени включенности работ определенного автора или авторского коллектива в международную систему обмена знаниями.

В Республике Беларусь роль центров по внедрению результатов труда ученых в международное информационное пространство и анализу наукометрических данных играют научные библиотеки. Белорусская сельскохозяйственная библиотека – ведущая в сфере АПК – прилагает немало усилий не только для обеспечения ученых самой актуальной информацией, но и интеграции их достижений в мировой научный процесс.

Стоит отметить, что библиотека использует новые формы взаимодействия с читателями и способы их обслуживания, предоставляя широкий спектр библиотечно-информационных услуг. Ежегодно в постоянном режиме осуществляется информационная поддержка порядка 650 специалистов аграрной отрасли, которые получают информацию, собранную из разных источников, по 2 тыс. постоянно действующим тематическим запросам. Получив требуемые библиографические сведения, пользователи изучают их, отмечают заинтересовавшие их и направляют запросы на доставку полных текстов документов. В течение года в библиотеку поступает свыше 20 тыс. таких заявок.

Но в современном мире роль библиотеки уже не сводится только к хранению и трансферу информации – она стремится участвовать во всех стадиях творческой деятельности ученого: от снабжения его необходимыми данными, помощи при написании научной работы до оценки результатов исследований и разработок. Выполняя функцию сопровождения научной публикации автора, Белорусская сельскохозяйственная библиотека внедрила в свою практику комплекс услуг, направленных на поддержку публикационной активности ученого. К их числу относятся:

- подбор перечня научных изданий для опубликования результатов исследовательской деятельности;
- создание или поиск профиля автора в системах идентификации ученых, наполнение библиографической информацией и редактирование (РИНЦ AuthorID, Web of Science ResearcherID (Publons) и/или ORCID ID);

- регистрация цифрового идентификатора объекта (DOI);
- доработка библиографического списка пользователя (редактирование описания документа, уточнение элементов библиографического описания);
- составление *references* (библиографического списка пользователя на латинице);
- проверка текстовых электронных документов на наличие заимствований с использованием системы «Антиплагиат.Эксперт»;
- размещение изданий в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ);
- определение наукометрических показателей публикационной активности авторов и организаций (число публикаций, индекс цитируемости, индекс Хирша и др.).

Белорусские ученые, как правило, желают публиковаться в изданиях, которые входят в базы данных РИНЦ, Scopus и Web of Science. Однако не все авторы умеют работать с этими ресурсами и могут правильно подобрать площадку для размещения статьи. Библиотека приходит на помощь своим пользователям: организует выездные презентации информационных ресурсов, сервисов и собственных услуг, где подробно рассказывает, как автор может самостоятельно подобрать себе научное издание; на своем сайте в разделе «Индексы научного цитирования и публикационная активность» (<https://belal.by/agrarnaya-nauka/indeksy-nauchnogo-tsitirovaniya>) выставляет много полезной информации по поиску и подбору изданий для опубликования научных работ; проводит индивидуальные консультации.

Для наиболее точного обозначения авторства труд исследователя, помимо собственных фамилии и имени, сопровождается его идентификаторами, такими как AuthorID в РИНЦ, Author ID в Scopus, ResearcherID (Publons) в Web of Science и ORCID ID. Ученому это дает возможность повысить видимость результатов его научной деятельности в Интернете, найти информацию о потенциальном сотрудничестве, быстро получить сведения о публикациях и прочих исследовательских результатах для составления заявок на гранты, резюме и т.д. Белорусская сельскохозяйственная библиотека помогает автору создавать или осуществлять поиск профиля в системах идентификации ученых, наполняет его библиографической информацией и редактирует. Например, библиотека оказала помощь в создании идентификаторов заведующему отделом молекулярной биологии Института экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеселского, доктору ветеринарных наук, профессору Александру Лысенко:



РИНЦ AuthorID: 1049558,
Scopus AuthorID: 24390792700,
Web of science ResearcherID
(Publons): AAF-4674-2019,
ORCID ID: 0000-0002-9840-5246.

Для обеспечения эффективного поиска в веб-пространстве и автоматической интеграции публикаций с базами данных существует обязательный международный цифровой идентификатор научной статьи – DOI (The Digital Object Identifier). С 17 августа 2020 г. Белорусская сельскохозяйственная библиотека по решению Бюро Президиума НАН Беларуси ответственна за применение DOI для издаваемых научных материалов с префиксом Академии наук. Будучи подключенной к международной системе библиографических ссылок Crossref [1], за 2 года ею были присвоены цифровые идентификаторы материалам 67 научных изданий (704 индекса) с последующей отправкой данных в Crossref. DOI прежде всего нужен авторам для повышения авторитетности публикации, быстрого поиска документа в Интернете, облегчения процедуры и учета цитирования, ускорения процессов обмена научной информацией.

Неотъемлемая часть любой научной работы – библиографический список использованной литературы, который позволяет охарактеризовать источниковедческую базу исследования и установить фактическую достоверность приводимых в тексте сведений. Однако на практике ученые нередко сталкиваются с проблемами при правильном оформлении своих трудов. С 2017 г. сотрудники библиотеки отредактировали 453 библиографических списка к научным работам, 44 из которых относились к диссертационным; 132 перечня источников были созданы на латинице (references).

В последние годы большинство издательств требуют от авторов отчета о проверке научной или учебной работы в системе поиска заимствований. В связи с этим библиотека еще в конце 2016 г. приняла решение приобрести доступ к линейке основных продуктов российской компании АО «Антиплагиат» для выявления индивидуальной авторской мысли, отраженной в содержании научного труда. Относительно новым для нас по форме продуктом стала система «Антиплагиат.Эксперт». Тем не менее поток обращений в библиотеку для работы с данной системой значительно растет год от года, а всего с 2017 г. с ее помощью было проверено 3524 работы.

Возрастающая роль научных изданий в развитии аграрной науки, так же, как и в выстраивании основных научных приоритетов, определила новые

направления, связанные с продвижением отечественных аграрных изданий в российское информационное пространство [2]. Белорусская сельскохозяйственная библиотека, взяв на себя эту функцию, размещает на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU издания – журналы и сборники научных работ Издательского дома «Белорусская наука» и научно-практических центров и институтов НАН Беларуси. Сегодня только журналов, издаваемых «Белорусской наукой», в РИНЦ представлено более 400 выпусков. Их доступность на ресурсе eLIBRARY.RU дает ряд преимуществ для каждого автора: повышает статус самого ученого и его научных работ, а главное, позволяет увеличить его наукометрические показатели публикационной активности. Например, по данным РИНЦ, самым цитируемым журналом Издательского дома «Белорусская наука» в течение долгих лет остаются «Доклады Национальной академии наук Беларуси». В 2017 г. на ресурсе было представлено 965 статей, которые были процитированы 3708 раз. Благодаря работе библиотеки в 2022 г. количество публикаций достигло 1808, а ссылок на них – 8345.

Белорусская сельскохозяйственная библиотека ежегодно проводит анализ публикационной активности ученых и научных организаций Отделения аграрных наук НАН Беларуси. Цель – выявление наиболее цитируемых авторов и авторских коллективов, а также выработка рекомендаций по повышению наукометрических показателей. Вся информация размещается и регулярно обновляется на сайте библиотеки в разделе «Индексы научного цитирования и публикационная активность», где представлены результаты исследований в базах данных РИНЦ, Scopus и Web of Science [3].

Согласно данным РИНЦ, последние 5,5 года лидером по количеству публикаций, их цитирований и индексу Хирша неизменно был Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (2017 г. – 1239 публикаций, 760 цитирований и 12 индекс Хирша; 2022 г. – 3698, 9958 и 58 соответственно). Весомый вклад в эти достижения внесли работы его руководителя Н.А. Попкова, академика НАН Беларуси И.П. Шейко и члена-корреспондента В.М. Голушко. Их наукометрические показатели из года в год росли, тем самым увеличивая рейтинг организации в целом. Например, у И.П. Шейко в 2017 г. было 99 публикаций, которые были процитированы 49 раз. Индекс Хирша составлял 4 единицы. В 2022 г. количество статей достигало уже 310, а их цитирований – 260; соответственно индекс Хирша вырос до 16 единиц.

В исследуемый период лидерские позиции также наблюдались у Института экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (2017 г. – 268 публикаций, 661 цитирование и индекс Хирша 11; 2022 г. – 1184, 3060 и 22) и Института почвоведения и агрохимии (2017 г. – 76, 400 и 11; 2022 г. – 1355, 2767 и 20).

По данным Scopus, самые высокие показатели числа публикаций и индекса Хирша все это время были у Института почвоведения и агрохимии (41 публикация в 2017 г. и 46 – в 2022-м; индекс Хирша с 7 единиц в 2017 г. поднялся до 10 в 2022-м). Немалая заслуга в этом академика НАН Беларуси И.М. Богдевича. В Scopus в 2022 г. было представлено 12 работ этого ученого, которые были процитированы 322 раза. Автор получил индекс Хирша, равный 7. Большой интерес у зарубежных коллег вызвала статья 2009 г., на которую было сделано 109 ссылок:

Document

ICRP Publication 111 – Application of the Commission's recommendations to the protection of people living in long-term contaminated areas after a nuclear accident or a radiation emergency

Authors of Document Lochard, J., Bogdevitch, I., Gallego, E., (...), Weiss, W., International Commission on Radiological Protection

Source of the Document Annals of the ICRP 2009, 39(3), с. 1–4, 7–462

Cited by 109.

По количеству цитирований публикаций в Scopus лидирует Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (278 цитирований в 2017 г. и 588 – в 2022).

Показатели по данным Web of Science практически совпадают с таковыми от Scopus. Самые высокие по числу публикаций и индексу Хирша в течение всего времени оставались у Института почвоведения и агрохимии (44 публикации в 2017 г. и 79 в 2022; индекс Хирша с 6 единиц в 2017 г. поднялся до 10 в 2022). Значительную роль в этом сыграл вклад академика Национальной академии наук Беларуси И.М. Богдевича. В Web of Science в 2022 г. было представлено 17 работ этого ученого, которые были процитированы 229 раз. Автор получил индекс Хирша, равный 6. Наибольший интерес на этом ресурсе вызвала статья 2007 г., которая была процитирована 88 раз:

Документ: An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident

Автор: Fesenko, SV; Alexakhin, RM; (...); Zhuchenka, YM
Science of the total environment

Том: 383

Выпуск: 1–3

Страницы: 1–24

Опубликовано: Sep 20 2007

Количество цитирований: 88.

По количеству цитирований научных статей также лидирует Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (265 цитирований в 2017 г. и 489 – в 2022).

Результаты исследования демонстрируют, что показатели публикационной активности по информации РИНЦ гораздо выше в сравнении с аналогичными данными в базах Scopus и Web of Science. Связано это с тем, что авторы предпочитают размещать свои работы в русскоязычных изданиях, которые в основном и представлены на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU. Это обусловлено отсутствием языкового барьера и, как следствие, более тесным научным сотрудничеством ученых Беларуси и России.

Проводя анализ отечественных публикаций по степени их востребованности в зарубежных индексах цитирования, можно отметить области, которые вызывают особенный интерес у зарубежного читателя. Это прежде всего научные сферы, в которых ученые нашей страны имеют уникальный опыт по сравнению с их зарубежными коллегами, – радиология и почвоведение. Также на фоне больших усилий, которые НАН Беларуси прилагает для развития животноводства в республике, значительным спросом пользуются публикации по вопросам ветеринарии и различных аспектов животноводства. Но в целом научным учреждениям аграрного профиля нужно активнее стремиться к росту публикационной активности отечественных исследователей-аграриев в международных наукометрических системах Scopus и Web of Science.

Сегодня международная научная коммуникация – один из действенных инструментов повышения престижа и узнаваемости белорусской науки, а научная кооперация – один из способов налаживания гуманитарного диалога между государствами. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Р. Муравицкая. Идентификатор цифрового объекта в публикациях НАН Беларуси / Р. Муравицкая, Д. Бабарико // Наука и инновации. 2021. №7 (221). С. 81–83.
2. О.В. Третьякова. Продвижение научного журнала в международном информационном пространстве: проблемы и решения / О.В. Третьякова // Экон. и социал. перемены: факты, тенденции, прогноз. 2015. №3 (39). С. 204–223.
3. Р. Муравицкая. Аграрная наука в информационном измерении / Р. Муравицкая, В. Бабарико-Омельченко // Наука и инновации. 2019. №5 (195). С. 20–23.

Аэрокосмические горизонты ИТМО



по данной тематике начались с теоретического и экспериментального исследования процессов тепло- и массообмена в капиллярно-пористых средах, в том числе для эффективной тепловой защиты космических аппаратов. Еще в советские годы здесь проводились изыскания, направленные на создание новых типов и конструкций плазмотронов, решение стационарных и нестационарных задач теплообмена, исследование кинетики многостадийных процессов термического разложения композиционных материалов и их тепловых свойств, работоспособности и тепловой защиты стенок с транспирационным охлаждением для газофазного ядерного двигателя. И сегодня здесь продолжается изучение процес-

сов нагрева, абляции и термического разложения различных классов материалов, их оптических, термopочностных и теплофизических свойств в широком диапазоне температур и тепловых потоков, химического состава и давления окружающей среды, скорости нагрева, моделируются натурные условия работы элементов тепловой защиты летательных аппаратов и ракетно-космической техники.

В последнее десятилетие аэрокосмическая тематика получила новый импульс развития, поскольку для более глубокого освоения просторов Вселенной требуются эффективные образцы авиационной и космической техники. ИТМО не остается в стороне от этой задачи, уверенно занимая лидирующие позиции в данной области науки. ■

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, отметивший в этом году свое 70-летие, представляет собой крупнейшее в республике научное учреждение, занимающееся разработкой энергоэффективных и безопасных технологий и техники, приборов, материалов для различных целей, включая аэрокосмические приложения. Работы Института



ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ КОСМОСА



Фото Сергея Дубиника

Николай Павлюкевич,
главный научный сотрудник
ИТМО имени А.В. Лыкова,
член-корреспондент

Работы ученых ИТМО имени А.В. Лыкова по космической тематике начались в 60–70-х гг. прошлого столетия. В лаборатории математической теории переноса в течение нескольких лет выполнялись теоретические исследования теплообмена в ядерных ракетных двигателях в рамках закрытой программы «БОН-БН» Академии наук БССР совместно с НИИ тепловых процессов (теперь Исследовательский центр им. М.В. Келдыша, РФ). Поскольку в ядерных реакторах гетерогенного класса имеется замедлитель нейтронов, выделяющий значительную часть тепла и содержащий большое количество каналов охлаждения для прокачки теплоносителя, ученым предстояло решить сложные сопряженные задачи теплообмена. Это предопределило разработку соответствующих методов математического моделирования (Т.Л. Перельман, О.В. Дихтиевский, Н.В. Павлюкевич, С.И. Шабуня). За работы в данной области в 1980 г. Н.В. Павлюкевич награжден орденом «Знак Почета», а О.В. Дихтиевский – медалью «За трудовую доблесть».

В ИТМО были созданы новые лаборатории, научная тематика которых тесно связана с развитием авиационной и ракетно-космической техники. Сотрудниками Института разработаны плазмотроны собственной конструкции для отработки высоких параметров по теплозащите (Е.А. Боровченко, Ф.Б. Юревич, О.И. Ясько, Л.И. Шараховский и др.), решены нестационарные задачи теплообмена при взаимодействии плазменных потоков с поверхностью облучаемых материалов (В.В. Чупрасов, В.Л. Сергеев, В.В. Торпов, Г.А. Сурков), исследована работоспособность тепловой защиты стенок с трансперационным охлаждением для газофазного ядерного двигателя (С.М. Аринкин, М.С. Третьяк и др.). Благодаря А.В. Лыкову была издана первая в СССР книга «Тепловая защита» Ю.В. Полежаева и Ф.Б. Юревича, в которой представлены результаты исследований, проведенных в ИТМО. Эта книга и сегодня является учебным пособием для научных и инженерно-технических работников по вопросам тепловой защиты ракетно-космической техники.

В настоящее время разрабатываются плазменная

техника и теплозащитные композиции в рамках программы Союзного государства «Нанотехнология-СГ», целью которой является создание в НПО им. С.А. Лавочкина теплозащитных композиций с присадкой полученных в ИТМО углеродных материалов (В.В. Чупрасов, М.С. Третьяк, С.А. Танаева, Л.Е. Евсеева).

Результаты исследований новых перспективных материалов, проведенных на плазменных установках Института, в том числе на торцевом холловском ускорителе, используются при прогнозировании и отработке тепловой защиты для космической техники (В.С. Ермаченко, В.В. Чупрасов, М.С. Третьяк и др.).

В ИТМО под руководством члена-корреспондента В.М. Асташинского разработаны технологии создания композиционных керамических покрытий для космических аппаратов, которые могут применяться для противометеорной защиты (В.М. Асташинский, В.А. Васецкий, П.П. Храпцов и др.). Большое значение имеет также численное моделирование динамики удара микрометеорных частиц. При скоростях соударения порядка 100 км в секунду плотность энергии на три порядка выше, чем при взрыве. В Институте созданы модели и ведутся расчеты (на основе двумерных уравнений газовой динамики) высокоскоростного (25–50 км/с) удара микрометеоритов по экранной защите космических аппаратов (А.С. Сметанников, Г.С. Романов, Ф.Н. Боровик).

В лаборатории пористых сред под руководством доктора технических наук Л.Л. Васильева разработаны и испы-

таны в составе космических аппаратов тепловые трубы, предназначенные для отвода тепла от тепловыделяющих элементов и оборудования (Л.Л. Васильев, Л.П. Гракович, М.И. Рабецкий), а также сублимационный теплообменник для костюма космонавта (Л.Л. Васильев, А.С. Журавлев, Л.Е. Канончик, А.Г. Кулаков).

Для отработки систем терморегулирования космических аппаратов негерметичного исполнения в условиях орбитального полета вокруг Земли (БелКА) в лаборатории теории переноса создан универсальный программный комплекс, который используется на ОАО «Пеленг». С помощью данного программного продукта можно задавать параметры системы обеспечения теплового режима и бортового тепловыделяющего оборудования (А.И. Шнип, В.В. Кондрашов, А.А. Бринь, О.А. Мароч).

В поле зрения ученых ИТМО – новые типы двигателей для космических аппаратов (руководитель – академик О.Г. Пенязьков). Разработаны экспериментальные образцы кольцевой камеры с вращающейся детонацией турбореактивного двигателя, интегрированного с кольцевым детонационным усилителем тяги (О.Г. Пенязьков, М.С. Ассад, И.И. Чернухо и др.). Среди новинок – компактные плазмодинамические системы для маневренных двигателей, в том числе с управляемым вектором тяги путем установления заданной конфигурации электромагнитных полей (В.М. Асташинский, Е.А. Костюкевич, А.М. Кузмицкий, Г.М. Дзагнидзе и др.).

Ключевыми инструментами для изучения дальнего и ближ-

него космоса являются оптические телескопы с большой апертурой зеркал. В Институте под руководством члена-корреспондента П.С. Гринчука разработан полный цикл получения карбидокремниевой керамики, которая обладает наилучшим сочетанием свойств с точки зрения формирования подложек оптических зеркал, предназначенных для перспективного использования в космосе (П.С. Гринчук, М.В. Кияшко, А.В. Акулич, Д.В. Соловей, М.Ю. Лях, М.О. Степкин, М.Д. Шашков).

Для применения в этой отрасли (крупногабаритные параболические зеркала наземных и космических телескопов, оптические элементы лазерных гироскопов и др.) разработана технология высококачественной обработки оптических и полупроводниковых деталей, основанная на локальном управляемом съеме материала с поверхности при помощи магнитореологической полировальной жидкости под воздействием магнитного поля. Имеющаяся в Институте линейка оборудования для прецизионной обработки поверхностей ответственных изделий специального назначения диаметром до 1,5 м превосходит по своим характеристикам лучшие мировые аналоги. Точность формы получаемой поверхности может достигать величины $\lambda/100$, а ее качество – 1,5 Å (А.Л. Худoley, Г.Р. Городкин, Л.К. Глеб, П.Н. Кумейша, М.М. Лаптик, Н.А. Кумейша).

Таким образом, Институт тепло- и массообмена имеет богатый арсенал технологий, необходимых для глубокого исследования космоса, и готов решать задачи по его дальнейшему освоению. ■



КОСМИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗЕМНЫХ ЗАДАЧ

Космическая тематика в работе Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова занимает особое место – неслучайно именно ИТМО стал со стороны Беларуси главной организацией – исполнителем научно-технической программы Союзного государства «Технология-СГ», направленной на получение материалов, устройств и систем ракетно-космической техники. Среди компетенций Института – создание высококачественной оптики, материалов с уникальными свойствами, разработка элементов для новых типов двигателей, проведение испытаний теплозащиты спускаемых аппаратов и многое другое, что позволяет нашей стране вносить свой вклад в освоение космоса. Давняя мечта человечества в современных реалиях тесно связана не только с экономическими и научными возможностями государств, но вызывает стратегическо-философские вопросы: для чего нам нужен космос? в каком направлении двигаться? насколько оправданны значительные затраты на него при массе нерешенных проблем на Земле? Об этом – наш разговор с академиком Олегом Пензьяковым, директором Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси.

– Институт, который вы возглавляете, работает с 1952 г. – времени одержимости космосом, мечтой, которую удалось осуществить спустя 5 лет с запуском первого спутника и немногим позже, в 1961 – первым полетом человека. Кажется бы, с тех пор технологии, материалы, подходы шагнули очень далеко, но при этом человек так и не продвинулся дальше к звездам, более того, были свернуты лунные программы, которые сейчас с трудом пытаются возродить в новом формате. Что, на ваш взгляд, тормозит продвижение?

– Космос – это дорогостоящее направление, не все страны могут позволить себе им заниматься. Понятно, что в 60-е гг. прошлого века, когда мы были в другой стране, существовало противостояние двух больших систем – СССР и США. Большое количество программ и задач было связано с военным освоением космоса, системами слежения и обнаружения, связи, и по тем временам финансирование было очень большим, как и количество занятых в этой сфере специалистов в странах теперь уже бывшего СССР. Кроме того, это было время становления. Первый спутник, полет Гагарина, выход в открытый космос, посадка на Луну, потом на Венеру. Все этим горели. Сейчас эта тематика – лишь один из приоритетов, у нас достаточно дел и на Земле.

После распада СССР решение многих стратегических задач на постсоветском пространстве замедлилось. В США и ЕС за это время было выполнено много амбициозных проектов, связанных с созданием спутниковых систем для наблюдения за дальним космосом. Работающие

на орбите телескопы «Хаббл» и «Гершель», запущенные НАСА и Европейским космическим агентством и позволяющие получать снимки Вселенной в различных спектральных интервалах, дали возможность по-новому взглянуть на процессы ее зарождения. Благодаря новому телескопу – «Джеймсу Уэббу» – появились уникальные снимки высокого разрешения различных участков Вселенной. Было запущено гигантское количество научных спутников, информация с которых позволила модифицировать физические модели развития Вселенной, найти несостыковки в существующих моделях ее развития – это привело к достаточно серьезному скачку в фундаментальной физике.

На территории стран бывшего СССР это направление развивалось не так активно по чисто экономическим причинам. Например, в России серьезные возможности появились только последние полтора десятка лет, большое внимание они обращают на разработку новых космических систем, их совершенствование. Сейчас идет разговор о строительстве собственной лунной станции, есть амбициозные планы по разработке ядерного плазменного буксира, который будет заниматься транспортировкой грузов в космическом пространстве, допустим, с орбиты Земли на орбиту Луны. Рассматриваются варианты создания новой космической станции: Российская Федерация уже объявила, что собирается прекратить эксплуатацию МКС. Сделано большое количество научных программ, экспериментов. Но несмотря на то, что акценты меняются, в целом космический вектор развития не потерял актуальности. И все более-менее продвинутые страны тем либо иным способом связывают свое будущее с освоением ближнего и, потенциально, дальнего космического пространства.

– Для чего нам вообще нужен дальний космос? Вы были в числе спикеров XXXI Международного конгресса Ассоциации участников космических полетов, который проходил в Беларуси в 2018 году, представляли белорусские разработки. Звучал ли там ответ на этот вопрос?

– Жизнь человечества подвержена большому количеству разнообразных угроз. В долгосрочном плане жизнь на Земле в любом случае конечна, и рано или поздно она в том виде, который есть, исчезнет. Кроме того, происходит изменение климата, постоянно существует опас-

ность столкновения с большими астероидами. Такие случаи уже были, и это приводило к кардинальному изменению жизни на Земле и исчезновению видов, а к одному из них человек, собственно, и относится. Космос всегда нас влек как одна из возможностей спасения как отдельного человека, так и человечества в целом. Есть гипотеза, что на Марсе когда-то была жизнь, а теперь эта планета безжизненна. Такая же ситуация рано или поздно случится на Земле, скажем, когда на Солнце выгорит ядерное топливо или произойдут изменения, на которые мы повлиять не сможем, как бы ни хотели. Условия могут стать такими, в которых мы будем не в состоянии поддерживать жизнедеятельность. Космос же предлагает человечеству некий вариант переселения на другие планеты, их освоения. Да, пока это звучит как фантастика, но в действительности изменения могут произойти очень быстро. В контексте того, что создано за последние годы, при соответствующем развитии технологий все может быть и построено, и послано к звездам. Необходимый задел уже сделан. Собственно, поэтому и занимаются дальним космосом. И это один из серьезных мотивов его познания, кроме того, что это очень интересно. Чтобы куда-то лететь, надо, как минимум, знать, куда лететь. Можно воспринимать это как естественный эволюционный процесс. В общем, это достаточно серьезные вопросы, которые надо поднимать, и люди, занятые космической деятельностью, рано или поздно такие вещи обсуждают – иногда в техническом контексте, иногда в философском.

– Какие новые принципы и технологии, на ваш взгляд, нужны для продвижения космической тематики? Какими вы видите перспективы Института в этом направлении? Какие компетенции необходимо развивать?

– Поскольку космос – это уже массовое явление, в нем, как и в экономике, рассматриваются задачи, как сделать дешевле, качественнее и миниатюрнее. Снижение веса аппаратов при сохранении функциональных возможностей требует применения новых материалов, датчиков, приборов, работающих лучше, чем предыдущие. Нуждаются в развитии и подходы, связанные с интерпретацией космических данных: для обработки снимков используются достаточно сложные математические программы, чтобы представлять их в нужном для потребителя виде. Еще одно существенное направ-

ление сейчас – формирование ноосферы, среды, в которой живет человек. Фактически она занимает пространство до 10 км от поверхности Земли. Космические аппараты и системы используются для того, чтобы создавать комфортные условия для людей, но чтобы эта техника работала правильно, с поверхности Земли также должен осуществляться серьезный мониторинг происходящих процессов, например изменений качества воздуха, наличия в нем примесей и так далее. Если это проводить в режиме реального времени и соединять полученные данные со спутниковыми, можно получать адекватную и полную текущую информацию о состоянии среды и процессах в ней. Это необходимо для обеспечения качества жизни человека. Многие еще нужно сделать для того, чтобы развивать системы анализа качества воздуха, воды, состояния почвы и т.д. Возьмем, например, сельское хозяйство, вклад которого в ВВП Беларуси значителен. Сейчас популярно отслеживать состояние полей на основе анализа космических снимков. Но то же самое можно делать и на поверхности при помощи специальной мобильной станции, которая ставится в поле на глубину 1 метр, и на каждом отрезке этой системы есть датчики, позволяющие получать раз в 10 минут информацию о состоянии почвы на разных уровнях: ее влажности, наличии CO₂, кислотности. А верхние датчики, расположенные над поверхностью земли, будут вести мониторинг созревания урожая на том или ином участке. У нас уже готова такая локальная система интеллектуального земледелия, планируем запустить ее в опытную эксплуатацию. Подобные системы должны сопрягаться с космическими – тогда мы будем иметь более полную и адекватную информацию о том, что происходит на Земле.

– Космическая отрасль высокозатратная. Сопоставима ли отдача от нее с вложениями, особенно если говорить о Беларуси, небольшой стране?

– Космос – это эксклюзивная область, она создает и оттачивает технологии, которые потом находят применение на Земле, потребляются многими областями народного хозяйства. Современная связь, Интернет, телевидение, навигация, логистика невозможны без большого количества спутниковых аппаратов. Сюда же можно отнести системы дистанционного наблюдения за Землей, снятие рельефов, работу систем информирования населения или специальных служб о чрезвычайных

ситуациях – пожарах, выбросах вредных веществ и т.д. Сейчас плотность спутникового присутствия такая, что информацию можно получать в почти поминутном диапазоне. И, например, Россия ставит задачу по созданию еще более плотной группировки аппаратов дистанционного зондирования Земли. Конечно, в них есть масса технологических аспектов, обеспечивающих работу в космосе: системы питания, управления, связи, терморегулирования, охлаждения, двигатели, датчики, особые материалы. Для того чтобы удешевлять конструкции, делать более легкие аппараты, формируются специальные программы по созданию более продвинутых элементов. И потом все это большое разнообразие приборов и материалов находит и другие, гражданские приложения. В этом смысле космос вносит значительный вклад в развитие экономики на Земле.

Что касается Беларуси, то у нас нет значительных или неоправданных трат на космос. Наш спутник недорогой, а предприятия, работающие на космическую отрасль, выпускают продукцию, которая потребляется Китаем, Россией, странами Персидского залива. И это позволяет нормально функционировать большим коллективам, создавать высокотехнологичные приборы и быть на уровне. Если у нас есть технологические возможности, позволяющие производить оборудование для космоса и его продавать, то почему бы это не развивать? Вопрос сохранения этих компетенций имеет экономическое обоснование: отдачи тут однозначно больше, чем затрат.

– Работа для космической отрасли невозможна без международной кооперации, в том числе в рамках научно-технических программ Союзного государства. Как в ней задействован ИТМО? Какие новые задачи ставятся перед Институтом?

– В Союзной программе «Технология-СГ» ИТМО выступал в качестве головной организации и руководил процессом, кроме того, 6 из 26 заданий выполнялись в Институте. В год на реализацию программы тратилось примерно 400 тыс. долл., что давало возможность работать 6 большим группам специалистов. Полученные ими разработки в итоге легли в основу большого количества контрактов – еще один пример того, что вложенные средства, поддержание компетенций и навыков в конце концов окупаются. Соотношение бюджетных и внебюджетных ресурсов,

направляемых на деятельность Института, составляет примерно 30 на 70. То есть на каждый рубль, вложенный государством, мы даем 2–3 рубля «живых» контрактных денег.

Что касается новых программ, то сейчас обсуждается «Ресурс-СГ», она может начаться в конце следующего года. Для нас предусматриваются задания по материалам, датчикам, созданию роботизированных систем для освоения космоса. Есть интересная идея робота-строителя, который будет возводить в невесомости, как паук паутину, объекты типа решетки, арматуры, буквально вытягивая из себя материал и передвигаясь по нему дальше по мере его затвердевания. Имеется проект создания роботизированной универсальной платформы, которая сможет ходить и по Земле, и по поверхности Луны, Венеры или других планет, будет снабжаться разными видами аппаратуры под различные задачи. Для нее предусмотрены особые электродвигатели, которые будут работать от солнечных панелей, с очень хорошими характеристиками. За них будет отвечать наш Центр электромеханических и гибридных силовых установок мобильных машин. Он известен как один из участников создания белорусского электромобиля, а теперь будет работать над аналогом для космоса. Важно, что такие проекты привлекают молодежь. Надо создавать условия, выстраивать систему координат для наиболее продвинутых ребят. Ведь наука – это профессиональное цеховое ремесло, одни люди учатся у других только в работе и общении. Ученый должен постоянно выполнять сложные работы, совершенствовать подходы. У нас есть школа, есть коллектив, компетенции, которые мы стараемся удержать, чтобы быть интегрированными в мировую среду. Это удерживание не очень простое, но мы на это мотивированы. ■



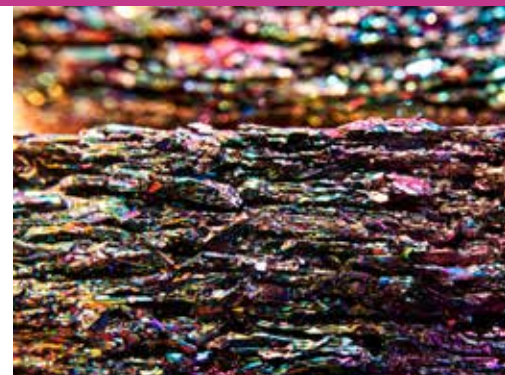
Карбид кремния – удивительный материал, образованный двумя самыми распространенными элементами земной коры – углеродом и кремнием, на основе которых зиждутся материальные основы жизни и которые имеют широкое практическое применение, в частности являются базовым строительным кирпичиком современной электроники. Его предсказали и пытались получать уже в середине XIX в. В 1891 г. Эдвард Ачесон разработал способ получения кристаллического SiC в промышленном масштабе, и этот метод используется до сих пор. Первые исследования материала, который долгое время считался вторым по твердости в природе, выполнил Анри Муассан, обнаруживший его микроскопические количества в образцах из метеоритного кратера возле Каньона Смерти в Аризоне. В 1905 г. этот минерал в честь его открывателя был назван муассанитом и, возможно, с легкой руки ученого получился почти универсальным по спектру своих приложений и не менее ценным, чем алмаз. Интересно отметить, что муассанит в настоящее время распространен в ювелирной промышленности как один из лучших синтетических заменителей бриллиантов (рис. 1).

Когда мы ведем речь о карбиде кремния, необходимо различать монокристаллическую его разновидность, применяющуюся преимущественно в электронике и ювелирном деле, и поликристаллическую, выступающую основой для получения полноразмерных керамических изделий, в состав которых дополнительно могут входить кремний, углерод и другие соединения.

Универсальность материала привлекла внимание сотрудников Института тепло- и массообмена и стала важным мотивом для исследований в области его синтеза, повышения комплекса физико-механических свойств керамики

КАРБИД КРЕМНИЯ:

ОТ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА ЗЕМЛЕ ДО ЗВЕЗДНОГО НЕБА НАД ГОЛОВОЙ



Павел Гринчук,
заведующий
отделением те-
плофизики ИТМО
имени А.В. Лыко-
ва, член-корре-
спондент

Андрей Акулич,
научный
сотрудник
лаборатории
радиационно-
конвективного
теплообмена
ИТМО
имени А.В. Лыкова

Михаил Степкин,
инженер-технолог
лаборатории
радиационно-
конвективного
теплообмена
ИТМО
имени А.В. Лыкова

Михаил Кияшко,
научный
сотрудник
лаборатории
радиационно-
конвективного
теплообмена
ИТМО
имени А.В. Лыкова

Дмитрий Соловей,
старший научный
сотрудник
лаборатории
радиационно-
конвективного
теплообмена ИТМО
имени А.В. Лыкова,
кандидат
технических наук

на его основе. И хотя карбид кремния известен уже более века, по мнению специалистов, крайне высокая твердость и плохая механическая обрабатываемость сдерживают его массовое применение. Значительным достижением ИТМО стала разработка уникальной многостадийной технологии, которая позволяет быстро и точно изготавливать изделия сложной геометрии из этого сверхтвердого материала.

Чем же хорош карбид кремния? Прежде всего уникальным сочетанием физико-химических свойств. Керамика на его основе обладает высокой механической прочностью, износостойкостью, твердостью (что делает ее важным абразивным материалом), а также стойкостью к термоударам, обусловленной низким коэффициентом термического расширения и большим коэффициентом теплопроводности, высокой температурой плавления (2830 °С, самый легкий материал в диапазоне 3000 °С и выше, за исключением графита), значительным сопротивлением окислению (жаростойкостью) до 1600 °С, а также инертностью к химическому и радиационному воздействию. В то же время монокристаллический карбид кремния – отличный полупроводник. Именно на кристаллах SiC были впервые обнаружены два важнейших для полупроводниковой электроники явления – электролюминесценция и выпрямительные свойства p-n-структур [2, 3]. Сегодня на карбиде

кремния базируется значительная часть силовой электроники. В США созданы рабочие прототипы электронных компонентов на основе SiC, которые работоспособны длительное время при температуре 500 °С и давлении около 100 атм., что соответствует условиям на поверхности Венеры [4].

Остановимся кратко на перечислении сфер применения карбида кремния. Высокая твердость материала делает его великолепным абразивом [5]. В паре с алмазом этот минерал трудится в буровом инструменте для добычи нефти и газа [6]. Сочетание прочности, легкости и твердости делают его перспективным для бронезащиты живой силы и техники [7]. Прототипы таких

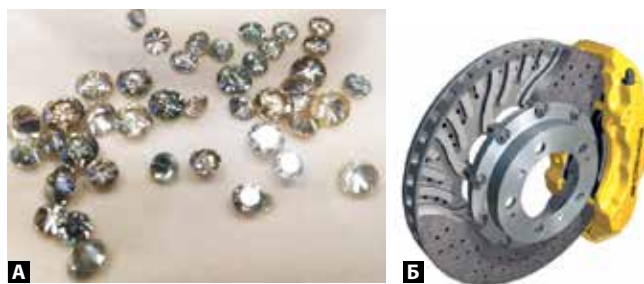


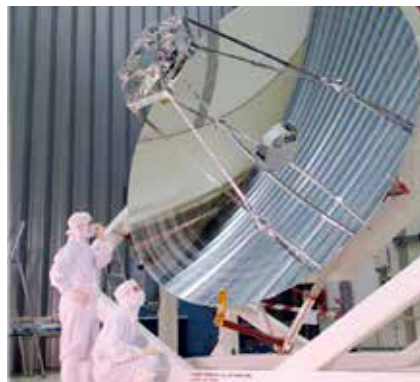
Рис. 1. Сферы применения карбида кремния:
А) ограненные кристаллы муассанита (монокристаллического карбида кремния) ювелирного качества;
Б) керамические тормоза C/SiC для Porsche 911 GT2 [1]

Рис. 2. Прототипы бронезащиты из карбида кремния, созданные в ИТМО имени А.В. Лыкова



пластин были созданы и в ИТМО (рис. 2). Высокая температура плавления в сочетании со стойкостью к термоударам сделали изделия из карбида кремния очень востребованными в промышленности и высокотехнологичных производствах. Из этого материала изготавливаются насадки для газопламенных горелок [8]; пористые фильтры для фильтрации жидкой стали и других металлов; пористые матрицы для нанесения катализаторов; высокотемпературные теплообменники, в том числе микроканальные; тигли для плавки цветных металлов; высокотемпературные нагреватели для электрических печей сопротивления. Прорабатываются вопросы использования конструктивных элементов из карбидокремниевой керамики для тепловой защиты спускаемых космических аппаратов [9]. Из карбида кремния выпускаются огнеупоры для футеровки печей, утилизирующих радиоактивные отходы, и установок-электролизеров для получения алюминия. Сочетание указанных свойств с высокой радиационной стойкостью делает перспективным применение карбида кремния в ядерной энергетике – для производства оболочек ТВЭЛ (в рамках концепции толерантного топлива), а также в качестве защитного покрытия микротрещин для высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторов. К тому же в сфере длительного захоронения ядерных отходов на смену пеналам из толстостенной нержавеющей стали, кото-

Рис. 3. Зеркало из карбидокремниевой керамики диаметром 3,5 м, созданное для миссии Гершель Европейского космического агентства (2009 г.)



рые относительно быстро теряют свою герметичность, приходят аналоги из карбида кремния.

Отдельно следует упомянуть выдерживающие экстремальные нагрузки торможения пары трения из этого материала, которые почти 20 лет назад появились на серийных суперкарах и начинают использоваться в авиации [1]. Предпринимались попытки создать керамические автомобильные турбины из карбида кремния [10], однако в силу высокой сложности изготовления их производство не стало серийным. Здесь же стоит упомянуть и подшипники, которые в силу высоких нагрузок и агрессивных условий эксплуатации также делаются из карбида кремния.

Существует ряд приложений, в которых от карбида кремния требуются не только brutальные способности, позволяющие пройти через огонь и воду, а более тонкие качества. Речь идет о зеркалах. Так, разработчики космических и наземных телескопов стремятся к увеличению диаметра главного большого зеркала. Ключевым моментом их создания выступает возможность уменьшения массы изделия при условии сохранения качества и формы поверхности. Традиционные материалы, такие как стекло и стеклокерамика, уже подошли к пределу эксплуатации в силу ряда причин [11]. Одним из новых материалов, наиболее подходящих для создания космической оптики, опять же является карбид кремния.

В 2009 г. Европейским космическим агентством была запущена миссия Гершель, телескоп для которой обладал самым совершенным на тот момент зеркалом из карбида кремния диаметром 3,5 м (рис. 3). Для охлаждения датчиков, работавших в инфракрасном диапазоне, на орбиту была выведена и большая емкость с жидким гелием. Проект был завершен через несколько лет, когда закончился гелий, но созданное зеркало осталось инженерным шедевром. Его удельную массу удалось уменьшить с 200 кг/м^2 (космический телескоп Hubble, 1990) до 27 кг/м^2 (миссия Hershel, 2009) при переходе от стеклокерамики к карбиду кремния, что важно для инструментов, выводимых в космос. Но технология изготовления зеркал такого уровня – коммерческая и технологическая тайна разработчиков, хранящаяся в строгом секрете. Ученым Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова удалось ее разгадать и создать информационные зеркала из карбида кремния диаметром до 200 мм (рис. 4 а, б, в), которые можно масштабировать на большие размеры.

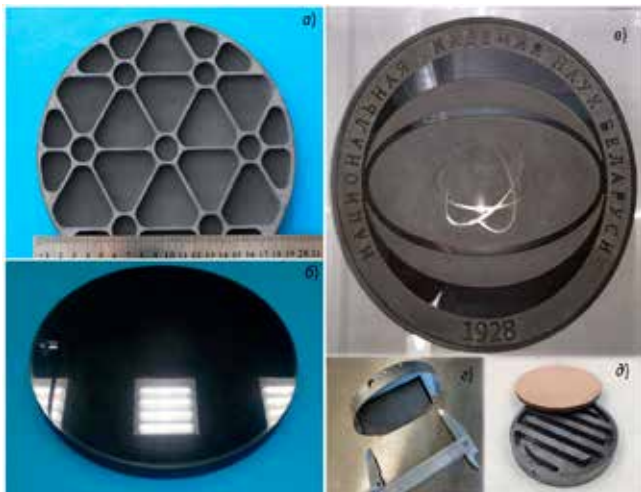


Рис. 4. Зеркала из карбида кремния, созданные в ИТМО: а, б – информационное зеркало для космической оптики диаметром 200 мм, удельной массой 17 кг/м^2 , со структурой облегчения на тыльной стороне подложки; толщина ребер структуры облегчения составляет 1,8 мм; в – демонстрация возможностей тонкой обработки карбида кремния по разработанной технологии – памятный сувенир к юбилею Национальной академии наук Беларуси; г, д – прототип силового лазерного зеркала с каналами для водяного охлаждения

Еще одна наработка специалистов ИТМО – прототипы силовых зеркал из карбидокремниевой керамики (рис. 4 г, д) для работы с мощным лазерным излучением плотностью в десятки и даже сотни гигаватт на квадратный метр. Такую нагрузку способны выдержать только конструкции с внутренним жидкостным охлаждением. И опять самый перспективный материал в этой сфере – карбид кремния [12].

Полученная в ИТМО уникальная технология изготовления изделий сложной геометрии позволила существенно ускорить создание конкретных разработок [13, 14]. На рис. 5



Рис. 5. Образцы изделий сложной геометрии из карбидокремниевой керамики, изготовленные по технологии ИТМО

представлены их образцы – от конструктивных элементов микродвигателей и теплообменных аппаратов до тиглей. Технология позволяет создавать даже такие тонкие конструкции, как винтовое соединение из керамики.

Изыскания по данному материалу ведутся широким фронтом. Так, из керамоматричного композита карбид кремния – углерод был разработан экспериментальный образец суперконденсатора – накопителя электрической энергии. Это стало возможно благодаря формированию в материале наноструктурированного графеноподобного углерода. Были достигнуты достаточно высокие характеристики по удельной емкости электроэнергии, которую можно собирать в данном изделии.

Мультидисциплинарность и разноплановость задач, решаемых Институтом тепло- и массообмена, позволили изучить ряд нюансов получения карбида кремния и изделий на его основе. Этот материал богат как своими приложениями, так и многогранностью качеств, поэтому работы в данном направлении продолжаются. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. W. Krenkel, F. Berndt. C/C–SiC composites for space applications and advanced friction systems // *Materials Science and Engineering*. 2005. Т. 412, № 1–2. С. 177–181.
2. А. А. Лебедев. Центры с глубокими уровнями в карбиде кремния (обзор) // *Физика и техника полупроводников*. 1999. Т. 33, № 2. С. 129–155.
3. А. А. Лебедев и др. Электроника на основе SiC // *УФН*. 2019. Т. 189, № 8. С. 803–848.
4. P.G. Neudeck, et al. Prolonged silicon carbide integrated circuit operation in Venus surface atmospheric conditions // *AIP Advances*. 2016. Т. 6, № 12. С. 125119.
5. А. Н. Краснов, А. М. Цывьян. Абразивный инструмент из микропорошков карбида кремния на керамической связке // *Стекло и керамика*. 2007. № 8. С. 33–35.
6. N.A. Bondarenko, Osipov A.S., Mechnik V.A., Petrusha I.A., Gazha G.P. (2007). Drilling tool equipped with heat-resistant cutting inserts // *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. 2007. № 4(25). P. 14–18
7. И. Ю. Келина и др. Ударопрочная керамика на основе карбида кремния // *Огнеупоры и техническая керамика*. 2010. № 1–2. С. 17–24.
8. Sanders W.A., Johnston J.R. High Velocity Burner Rig Oxidation and Thermal Fatigue Behavior of Si3N4- and SiC Base Ceramics to 1370 Deg C. 1978. № NASA-TM-79040.
9. Grinchuk P.S., Tretyak M.S., Chuprasov V.V. Thermal protection material on the base of silicon-carbide ceramics // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – IOP Publishing, 2020. Т. 709, № 4. С. 044112.
10. H. Kaya. The application of ceramic-matrix composites to the automotive ceramic gas turbine // *Composites science and technology*. 1999. Т. 59, № 6. С. 861–872.
11. П. С. Гринчук и др. Высокотеплопроводная карбидокремниевая керамика для крупногабаритной космической оптики // *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2019. Т. 63, № 2. С. 223–234.
12. В. Ю. Хомич, В. А. Шмаков. Крупногабаритные зеркала в силовой оптике // *Успехи физических наук*. 2019. Т. 189, № 3. С. 263–270.
13. P.S. Grinchuk et al. Advanced technology for fabrication of reaction-bonded SiC with controlled composition and properties // *Journal of the European Ceramic Society*. 2021. Т. 41, № 12. С. 5813–5824.
14. P.S. Grinchuk et al. High productive machining of C/SiC preceramics // *International Journal of Applied Ceramic Technology*. 2021. V. 18, № 6. С. 2293–2305.



ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПЛАЗМА В НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ



Валентин Асташинский,
заведующий отделением физики
плазмы и плазменных технологий
Института тепло- и массообмена
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,
член-корреспондент

Бурное развитие физики плазмы связано с формулировкой в начале 50-х гг. прошлого века идеи магнитного удержания плазмы для реализации управляемого термоядерного синтеза, созданием термоядерного взрывного устройства (водородной бомбы), а также с началом освоения человеком космического пространства и необходимостью изучения процессов вхождения космических аппаратов в атмосферу Земли. В настоящее время это направление современной науки является одним из приоритетных и обеспечивает разработку новейших нау-

коемких технологий практически во всех важнейших сферах человеческой деятельности: от наноразмерных систем в микроэлектронике до космических приложений, включая машиностроение и металлургию, плазмохимию, энергетику, оборону, здравоохранение и биомедицину, экологию и т.д.

В Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси исследования в области физики низкотемпературной плазмы были начаты с середины 50-х гг. На первом этапе изучались процессы переноса энергии и вещества при высоких температурах (2000–15 000 К).

Были выполнены теоретико-экспериментальные работы по диагностике плазменных потоков и процессов их взаимодействия с твердым телом, радиационно-конвективному теплообмену при гиперзвуковом обтекании осесимметричных затупленных тел, решению стационарных и нестационарных задач теплообмена при взаимодействии плазменных потоков с поверхностью аблирующих материалов, исследованию работоспособности тепловой защиты стенок с транспирационным охлаждением для газозащитного ядерного двигателя. Кроме того, были проведены испытания различных композиций стекло-, асбо- и органоуглепластиков, углерод-углеродных композиций, графитов, металлов, керамик и других материалов в потоках низкотемпературной плазмы. Одновременно разрабатывались и создавались плазмотроны, обеспечивавшие получение потоков газа с параметрами, моделирующими натурные условия траектории спуска космических аппаратов, и служившие экспериментальной базой для всех перечисленных исследований.

Второй этап работ был связан с использованием плазменных технологий для решения широкого круга народнохозяйственных задач. Был разработан процесс плазмохимического получения ацетилена и технического водорода из природного газа в водородной плазме в совмещенном плазмотроне-реакторе, реализованы плазменные процессы получения полых стеклянных и керамических микросфер в плазмохимическом реакторе из порошкообразного сырья. На базе дуговых плазмотронов созданы исследовательские установки для изготовления углеродных нанотрубок и нановолокон из промышленного углеводородного сырья производительностью 50–120 г/ч с многостенными нанотрубками. Изучение плазменных процессов термической переработки многокомпонентных дисперсных материалов и диспергированных растворов в низкотемпературной плазме при наличии физико-химических превращений позволило получить методики теплового расчета плазменных (шахтной, камерной и двухкамерной) печей с плазмотронами постоянного и переменного тока.

Заметные успехи были достигнуты в последнее десятилетие в области развития плазменных и плазмохимических методов очистки и утилизации отходов, создания новых плазменных реакторов для обработки дисперсных материалов и растворов, переработки и уничтожения техногенных отходов (медико-биологических, химических, токсичных и радиоактивных), термической переработки отходов с целью получения топливных ресурсов.

Важным направлением исследований Института является экспериментальное изучение теплофизических характеристик образцов теплозащитных материалов, в первую очередь для перспективных космических аппаратов, в высокоэнергетических плазменных потоках. Плазмотронная установка ЭДПГ непрерывного действия позволяет проводить натурные экспериментальные исследования по испытанию новых теплозащитных материалов, определению их теплофизических свойств, динамике прогрева и уноса материалов систем тепловой защиты, в том числе в двухфазных

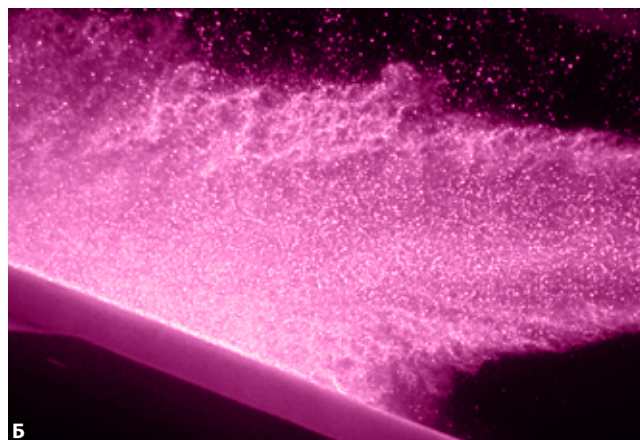


Рис. 1. Высокоэнергетическая плазмотронная установка ЭДПГ: А – экспериментальный стенд; Б – воздействие двухфазного плазменного потока на образец тепловой защиты

потоках плазмы, в широком диапазоне плотности мощности воздействия – 30–100 Вт/см² (рис. 1). Так, в 2017 г. в рамках проекта «ЭкзоМарс» с НПО им. С.А. Лавочкина были выполнены исследования по изучению теплофизических свойств систем теплозащиты десантного модуля, в том числе в условиях воздействия двухфазных плазменных потоков, а также ударной стойкости элементов экранной защиты модуля при воздействии высокоскоростных метеоро-техногенных тел, ускоряемых созданной принципиально новой двухступенчатой легкогазовой магнитоплазменной установкой.

С начала 2000-х гг. в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси получили дальнейшее развитие приоритетные исследования в области физики квазистационарных сильноточных плазодинамических систем, что позволило сформировать новое научное направление, связанное с разработкой принципов получения высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков в квазистационарных плазменных ускорителях,

в которых реализуется ионно-дрейфовое ускорение замагниченной плазмы. Эти научные результаты имеют приоритетный характер и определяют мировой уровень в данном направлении научных исследований. В частности, в физику плазменных ускорителей введены новые представления о ключевом влиянии ионно-обменных процессов в каналах квазистационарных плазменных ускорителей, образованных проницаемыми для плазмы и магнитного поля электродами, на ускорение, течение и сжатие замагниченной плазмы в присутствии собственных электромагнитных полей сложной конфигурации; разработана научная теория, связывающая характер распределения разрядного тока с ионно-обменными процессами в канале ускорителя. Генерируемые квазистационарными ускорительно-компрессионными плазодинамическими системами нового поколения высокоэнергетические компрессионные плазменные потоки по совокупности параметров (скорость плазмы – 50÷200 км/с, температура и концентрация

заряженных частиц плазмы – 3÷15 эВ и 1016÷1018 см⁻³ соответственно, длительность разряда – 100÷500 мкс) превосходят все существующие в настоящее время типы плазменных ускорителей.

Для изучения физических процессов в таких системах были разработаны новые оптические методики и оборудование, позволяющие проводить исследования высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков интерференционно-теневыми методами с пространственно-временным разрешением, такие как:

- *двухлучевой автоколлимационный интерферометр, который отличается от мировых аналогов компактностью, виброустойчивостью, минимальным количеством оптических элементов и размещением их на одной оси. Это обеспечивает простоту монтажа прибора на установках практически любой конфигурации и удобство его юстировки, что, в свою очередь, позволяет использовать его для динамического контроля в технологических процессах;*

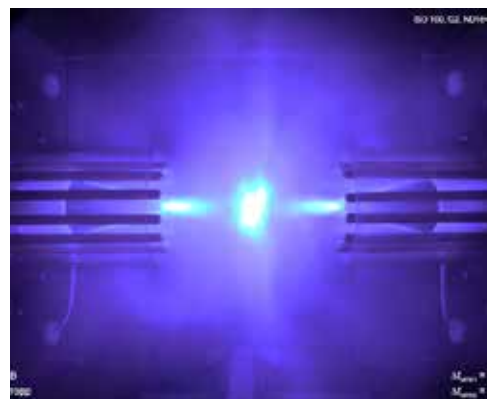


Рис. 2. Формирование квазистационарных высокоэнергетических плазменных образований при столкновении компрессионных плазменных потоков



Рис. 3. Принципы поверхностной плазменной металлургии

- кюветный интерферометр, предназначенный для исследования течений оптически прозрачных сред, ограниченных стенками канала, обладает высокой вибростойкостью и точностью измерений;
- сдвиговый интерферометр, имеющий широкий диапазон изменения чувствительности, что позволяет применять его для изучения динамических процессов в средах с высокими градиентами рефракции. Эти устройства являются основой для дальнейшего развития интерференционно-теневых систем различного целевого назначения;
- оптический датчик импульсного давления, отличающийся от известных устройств компактностью, минимальным количеством компонентов и их расположением вдоль одной оптической оси, чем достигается его невосприимчивость к вибрациям. Датчик позволяет по частоте модуляции интерференционной картины, образованной взаимодействием лазерного пучка, отраженного от измерительного торца акустического элемента с излучением в резонаторе лазера, найти

временную зависимость скорости вызванного импульсом давления сдвига воспринимающего торца акустического элемента и, в свою очередь, рассчитать временной ход давления.

С использованием высокоточных плазодинамических систем впервые при столкновении газоразрядных и эрозионных компрессионных плазменных потоков были сформированы квазистационарные сферические газоразрядные и эрозионные плазменные образования, устойчиво существующие более 50 мкс. Было показано, что, изменяя динамические характеристики взаимодействующих потоков, можно управлять параметрами, протяженностью и местоположением формируемого плазменного образования. В Институте создан уникальный квазистационарный сильноточный плазменный ускоритель КСПУ П-12х2 (рис. 2), который предназначен для генерации высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков для решения ряда задач управляемого термоядерного синтеза (заполнение магнитных ловушек, моделирование условий на первой стенке реактора и др.), для эффективной модификации поверхностных свойств

материалов, а также для создания плазменных двигателей космического назначения.

Воздействие компрессионных плазменных потоков на различные материалы открывает принципиально новые возможности для управляемой модификации их поверхностных свойств. Совместно со специалистами кафедры физики твердого тела БГУ было предложено новое научное направление – поверхностная плазменная металлургия, в рамках которого разрабатываются методы эффективной структурно-фазовой модификации поверхностных свойств различных материалов при плазменно-энергетическом воздействии на них компрессионными потоками, что приводит к глубокому (15–100 мкм) плавлению поверхностного слоя, в том числе с легирующими тонкими покрытиями, жидкофазному перемешиванию в расплавленном слое легирующих элементов с подложкой и одновременному синтезу новых упрочняющих соединений – интерметаллидов, нитридов, карбидов и их твердых растворов (рис. 3). Такой энерго- и ресурсосберегающий подход, недоступный для других методов обработки, позволяет существенно улучшать эксплуатационные

характеристики материалов, широко используемых в промышленности (конструкционные и инструментальные стали, твердые и легкие сплавы, полупроводники и др.).

Реализация принципов поверхностной плазменной металлургии позволила впервые установить закономерности формирования глубокого (до 50 мкм) модифицированного слоя в образцах конструкционных и инструментальных сталей при воздействии на них компрессионных плазменных потоков (плазмообразующий газ – азот) с легирующими добавками титана, молибдена и хрома. Было показано, что при воздействии компрессионным плазменным потоком на пластины твердого сплава Т15К6 создается полностью проплавленный поверхностный слой (глубиной до 10 мкм), представляющий собой обогащенный вольфрамом твердый раствор (W, Ti) С с ячеистым концентрационным распределением металлов, за которым следует образовавшаяся область контактного плавления зерен карбидов. Проведенные на ЗАО «Амкодор-Уникаб» производственные испытания инструмента, изготовленного из этого сплава и применяемого в токарно-винторезных станках с ЧПУ, показали существенное

увеличение (более чем в 7 раз) его работоспособности: вместо 30 деталей при стандартной обработке – 216 деталей при использовании компрессионного потока.

При воздействии последнего на образцы титана ВТ 1.0 с предварительно нанесенным тонким слоем хрома получено существенное улучшение трибологических свойств поверхности, заключающееся в увеличении ее твердости в 1,5–2,5 раза и уменьшении коэффициента трения до 4,5 раз при глубине легированного слоя 15–20 мкм, а также установлены основные закономерности существенного улучшения эксплуатационных характеристик алюминия и его сплавов. Показано, что воздействие на них компрессионными плазменными потоками с добавками титана и молибдена приводит к формированию в модифицированном слое упрочняющих фаз (нитридов и интерметаллидов), позволяющих повысить микротвердость поверхностного слоя в зависимости от режимов обработки в 4–7 раз.

Впервые при направлении на пластины кремния потока, нагруженного металлическими мелкодисперсными частицами (Ni, Cu, Ta и др.), в течение длительности одного разряда (~100 мкс) магнитоплазменного компрессора были синтезированы поверх-

ностные объемные субмикронные структуры и покрывающие их наноструктурированные металлические кластеры, представляющие собой сферические образования (диаметром 50–200 нм), состоящие из наночастиц размером 10–30 нм. Их осаждение происходит на заключительной стадии разряда при завершении кристаллизации расплавленного слоя кремниевой подложки, что в совокупности и приводит к формированию наноструктурированных металлических покрытий на уже синтезированных цилиндрических структурах.

Принципы поверхностной плазменной металлургии были использованы при разработке и создании не имеющих аналогов элементов экранной противометеорной защиты космических аппаратов повышенной стойкости, содержащих двухслойные композиционные покрытия (вязкий металлический слой и слой из твердого керамического материала), модифицированные в результате воздействия компрессионного плазменного потока. Данные исследования были выполнены в рамках программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» (2013–2017 гг.) совместно с коллегами из лаборатории сварки, родственных технологий и неразрушающего контроля НИПИ БНТУ (рис 4).

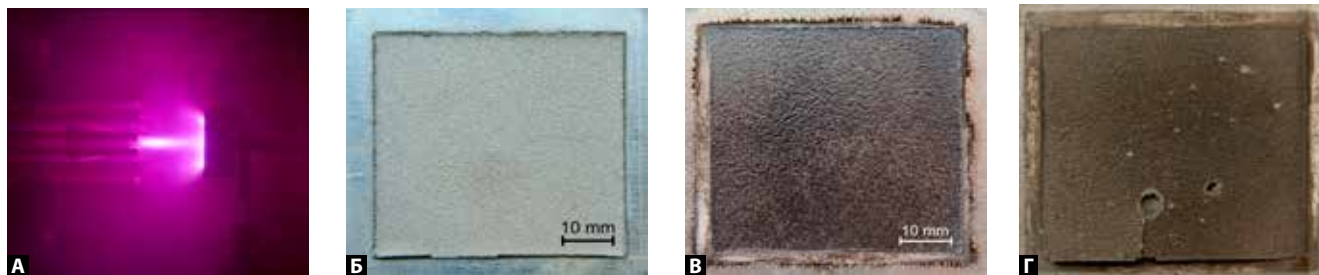


Рис. 4. Технологические принципы создания элементов экранной противометеорной защиты повышенной стойкости:

А – модификация элемента защиты при воздействии КПП; Б – элемент экранной защиты до воздействия КПП;

В – модифицированный элемент экранной защиты; Г – элемент экранной защиты после испытаний на баллистической установке

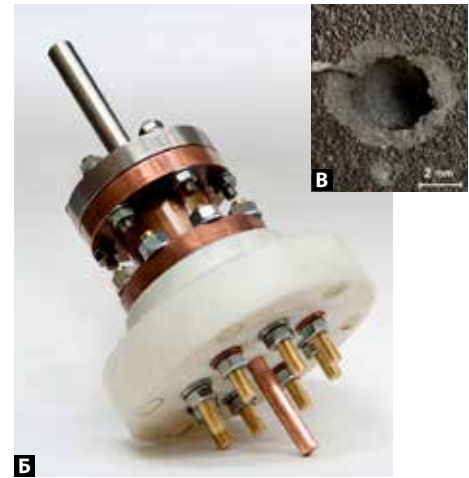
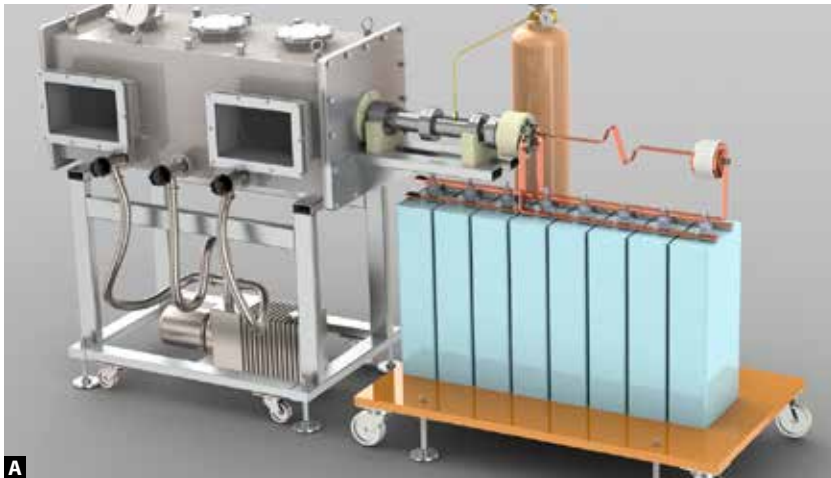


Рис. 5. Комбинированная магнитоплазменная баллистическая установка:

А – схема установки;

Б – активный (металлический) блок;

В – фрагмент элемента экранной защиты после воздействия графитового шарика диаметром 2,5 мм со скоростью 4,8 км/с

Для испытаний ударной стойкости элементов экранной противометеорной защиты в Институте была создана уникальная комбинированная магнитоплазменная баллистическая установка (рис. 5).

В ИТМО создаются компактные плазодинамические системы для получения маневренных двигателей космических аппаратов, в том числе с управляемым вектором тяги. В рамках научно-технической программы Союзного государства «Разработка комплексных технологий создания материалов, устройств и ключевых элементов космических средств и перспективной продукции других отраслей» («Технология-СГ», 2016–2020 гг.) были получены физические принципы создания и изготовлен не имеющий аналогов электро-разрядный тяговый элемент с секционированным внешним электродом для плазменного микродвигателя космического назначения, позволяющий управлять пространственной ориентацией вектора тяги за счет установления задан-

ной конфигурации электромагнитных полей, формируемых самосогласованным образом распределенными токами электроразрядной системы, и характеризующийся отсутствием подвижных механических узлов и внешних магнитных систем. Показано, что при изменении начального напряжения накопителя энергии с 1 до 3,5 кВ отклонение тягового плазменного потока от оси системы составляет 3–15 °С.

Дальнейшее развитие работ в области высокоэнергетических плазодинамических систем нового поколения позволит решить и ряд перспективных научных задач. Среди них разработка принципов ускорения макрочастиц высокоэнергетическими компрессионными плазменными потоками в квазистационарных плазодинамических системах, создание высокоинтенсивных плазменных источников излучения, создание и комплексные исследования квазистационарных магнитных ловушек (квадрупольного типа с $\beta \sim 1$) для

удержания высокоэнергетической плазмы, а также способов ее нагрева, предназначенных для решения задач управляемого термоядерного синтеза и для глубокой модификации (обработки) полной поверхности многопрофильных деталей, разработка компактных электроразрядных плазодинамических систем для двигателей беспилотных и космических аппаратов, в том числе с управляемым вектором тяги, а также мощных маршевых двигателей для межпланетных перелетов.

Таким образом, сотрудники отделения физики плазмы и плазменных технологий проводят фундаментальные исследования высокоэнергетических плазменных потоков, которые открывают новые возможности для создания приоритетных технологий в различных сферах человеческой деятельности, в том числе для аэрокосмических приложений. ■

Материалы рубрики подготовили
Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ,
Юлия ВАСИЛИШИНА

Vladimir Gusakov

National Academy of Sciences of Belarus: past and present 4

The material related to the Day of the National Academy of Sciences presents the scientific potential of academic science, its leading scientists and scientific schools in various areas.

Alexander Shumilin

Science is an inexhaustible source of innovation 16

The Department of Physics, Mathematics and Informatics of the National Academy of Sciences of Belarus presents the results of fundamental research and development.

Sergei Shcherbakov

On the way to technological sovereignty 22

The article presents the advances and innovations of the Department of Physical and Technical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus. Its organizations having focused on replacing critical imports of production equipment, components, materials, as well as increasing the export of high-tech products successfully cope with this task.

Valentina Rassadina, Zhanna Anisova, Oleg Baranov

Main scientific and innovative results in the field of biological sciences 32

The main achievements of Belarusian scientists of the Department of Biological Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus are presented.

Vasily Bogdan

Priorities and prospects of academic medical science 39

Achievements and priority areas of research in the field of public health are shown.

Vladimir Levashkevich

Significant achievements of chemical science and Earth sciences 45

Significant achievements of the institutes of the Department of Chemistry and Geosciences are presented.

Alexander Kovalenia

Humanitarian science for the Belarusian society 48

The achievements of domestic humanities are presented on the occasion of the celebration of the Day of the National Academy of Sciences.

Vladimir Azarenko, Svetlana Kasyanchik

Highly significant developments for agriculture 54

There is given an overview of the research results got by the organizations of the Department of Agrarian Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus.

Oksana Sikorskaya, Maria Bovkunovich

National Academy of Sciences of Belarus in specialized systems for evaluating scientific research 61

The authors analyze the research results related to the scientometric data of the domestic scientists' publication activity, the citation of their articles and the degree of interest in the scientific problems developed at the international level.

Rimma Muravitskaya, Dmitry Babariko

Publication activity of the Department of Agrarian Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus 64

Analysts of the largest agricultural scientific library share the results of the introduction of scientific achievements of agricultural scientists into the world information space, the degree of interest of foreign colleagues in their developments and other aspects of scientometric statistics.

Iryna Yemelyanovich

Aerospace Horizons of the Heat and Mass Transfer Institute 68

Nikolai Pavlyukevich

Thermophysical research for space 69

There is given an overview of researches conducted by the A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute scientists on space subjects.

Julia Vasilishina

Space possibilities of terrestrial tasks 71

In his interview, the academician Oleg Penyazkov, Director of the A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, talks on the space exploration key issues in our country and the developments carried out in this area by the specialists of the Institute.

Pavel Grinchuk, Andrey Akulich, Mikhail Stepkin, Mikhail Kiyashko, Dmitry Solovey

Silicon carbide: from extreme tasks on Earth to the starry sky overhead 75

There are shown the achievements of the Department of thermal physics of the A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute in the silicon carbide production and products.

Valentin Astashinsk

Plasma technologies to study the Universe 78

Aerospace applications developed by members of the Laboratory of Plasma Physics and Plasma Technologies are presented.



Выбранае / Александр Сержпудоўскі ; уклад., камент. Уладзіміра Касько і Кастуся Цвіркі ; прадм. Уладзіміра Касько. – Мінск : Беларуская навука, 2022. – 652 с. [2] л. іл. – (Беларускі кнігазбор : БК. Серыя П, Гісторыка-літаратурныя помнікі).

ISBN 978-985-08-2905-4.

У аднатомнік знакамітага беларускага этнографа і фалькларыста

А. К. Сержпудоўскага (1864–1940) уключаны зборнікі «Казкі і апавяданні беларусаў-палешукоў», «Казкі і апавяданні беларусаў Слуцкага павета», «Прымхі і забабоны беларусаў-палешукоў», этнаграфічныя нарысы, артыкулы.

Сто дзясяты том кніжнага праекта «Беларускі кнігазбор».



Стражи Отчизны : князья и магнаты Белорусской земли / И. В. Саверченко. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 319 с.

ISBN 978-985-08-2910-8.

В доступной форме освещаются социально-политические события и становление государственных институтов в конце XIV – первой половине XVII в. Рассматривается ожесточенная борьба с внешними врагами – немецкими крестоносцами, монголо-татарами и шведами, отмечается укрепление военного и экономического потенциала государства, показана защита суверенитета и независимости страны.

Главные герои книги – могущественные правители Великого Княжества Литовского – Витовт и Казимир Ягайлович, Александр Добрый и Сигизмунд I Старый, а также влиятельные магнаты и государственные деятели – Остафий Волович и Лев Сапега. Прослеживается их многогранная деятельность, направленная на развитие страны, формирование правового государства и судебной системы.

Рассчитана на широкий круг читателей.



Механизмы инновационного развития экономики Республики Беларусь /

Д. В. Муха [и др.] ; науч. ред. Д. В. Муха ; Ин-т экономики НАН Беларуси. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 446 с. – (Белорусская экономическая школа).

ISBN 978-985-08-2912-2.

В монографии представлено комплексное научное исследование, посвященное проблемам инновационного развития экономики Беларуси, разработке действенных механизмов, инструментов и мер государственной политики (научной, научно-технической, промышленной, инвестиционной и др.), направленных на повышение восприимчивости организаций к нововведениям и инновациям, стимулирование инновационного развития страны и повышение результативности и эффективности научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Книга адресована научным сотрудникам, преподавателям учреждений высшего образования, аспирантам и магистрантам, работникам органов государственного управления.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу

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

принимает заказы на печать

- бланки формата А₅, А₄, А₃
 - грамоты ● дипломы
 - канцелярские книги
 - блокноты ● блоки для записей
 - календари ● буклеты
 - проспекты (с разработкой дизайна)
- тираж от 1 экземпляра*

Получить информацию об изданиях и оформить заказы можно по телефонам:

*(+37517) 396-83-27,
370-64-17, 267-03-74.*

*Адрес: ул. Ф. Скорины, 40,
220141, г. Минск,
Республика Беларусь
belnauka@mail.ru
www.belnauka.by*



Туманность Тарантул, расположена в Большом Магеллановом облаке – галактике-спутнике Млечного Пути, находящейся на расстоянии около 170 тыс. световых лет от Земли. Это одна из самых ярких и активных областей звездообразования в нашем окружении. На снимках, полученных космическим инфракрасным телескопом «Джеймс Уэбб», видны множество невидимых ранее протозвезд, которые еще скрыты в пылевых оболочках, а также огромная центральная полость, созданная излучением массивных звезд.