



БЕЛОРУССКАЯ
НАУКА – ЗАДАЧИ
НА ПЕРСПЕКТИВУ

3

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ
РАЗРАБОТКИ ДЛЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

19

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ
АГРАРНОГО
СЕКТОРА

69

ПРОБЛЕМЫ
КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ НТД

78

Наука и инновации

№2 (264)
ФЕВРАЛЬ 2025

научно-
практический
журнал



ISSN 1614-9857
9 771818 185001
02
(online) ISSN 2256-2542

Научные
знания
для роста
благополучия
страны

Инновационные разработки НПЦ НАН Беларуси по продовольствию

«ЭНЕРДЖИ. ПРОЛОНГ»

энергетический напиток на основе натуральных
растительных компонентов без кофеина



- В составе «ЭНЕРДЖИ. ПРОЛОНГ» витамины группы В, глицин, таурин, янтарная кислота, экстракт левзеи сафлоровидной
- Напиток «ЭНЕРДЖИ. ПРОЛОНГ» не содержит компонентов, вызывающих перевозбуждение нервной системы и зависимость, обеспечивает безопасность и минимальный риск побочных эффектов, обладает пролонгированным эффектом повышения работоспособности, улучшения когнитивных функций и общего тонуса организма
- Рекомендован для лиц, испытывающих повышенные физические и умственные нагрузки, а также спортсменов, студентов и специалистов, работающих в условиях стресса
- «ЭНЕРДЖИ. ПРОЛОНГ» – энергия на весь день!

ПРОДУКТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ – СУХИЕ МУЛЬТИЗЕРНОВЫЕ ЗАВТРАКИ «ОГО GO»

Идеальное сочетание натуральности,
высокой пищевой ценности,
полезности, вкуса, удобства потребления



Почему стоит выбирать завтраки «ОГО GO»

- натуральные ингредиенты без искусственных добавок, консервантов и сахара
- высокое содержание пищевых волокон
- богатый витаминно-минеральный состав
- низкий гликемический индекс

Завтраки «ОГО GO» рекомендованы для широкого круга потребителей, включая детей, спортсменов, лиц, ведущих активный образ жизни, а также для тех, кто придерживается принципов здорового питания. Продукт может использоваться как самостоятельный завтрак, в качестве добавки к йогуртам, молоку или смузи

Завтраки «ОГО GO» – прекрасное решение для здорового старта дня



На страже качества и безопасности пищевых продуктов

НПЦ Национальной академии наук Беларуси по продовольствию проводит:

- оценку соответствия (сертификация) органической продукции и процессов ее производства;
- подтверждает соответствие моющих средств, алкогольной продукции в Национальной системе подтверждения соответствия;
- регистрирует декларации соответствия требованиям технических регламентов Таможенного союза (ЕАЭС)



Победитель в конкурсе
«Компетентность»,
организованном БГЦА
по качеству и безопасности,
в номинации «Орган
по сертификации продукции»



+375 (29) 117 22 33



<http://npcert.by>



certby@gmail.com

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

обладает правом применения комбинированного знака ILAC MRA

- проводит испытания всех видов продовольственного сырья и пищевых продуктов с целью подтверждения соответствия в Евразийском экономическом союзе и Республике Беларусь;
- занимается научно-исследовательской деятельностью;
- оказывает консультативно-методическую помощь производственным лабораториям;
- организывает семинары, научно-практические конференции, курсы повышения квалификации и стажировки



Победитель в конкурсе
«Компетентность»,
организованном БГЦА,
в номинации «Испытательная
лаборатория»



+375 (29) 118 22 33



rkik-npc@mail.ru



<http://npcert.by>





№2 (264) 2025

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

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

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

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василишина

Дизайн и верстка:

Татьяна Аверкова

Адрес редакции:

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

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

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 9,8. Тираж 460 экз.
Цена договорная.
Подписано в печать 18.02.2025.

Издатель: РУП «Издательский дом «Беларуская навука». Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013. г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №27.

© «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

Владимир Гусаков

Белорусская наука: современное состояние и задачи на перспективу ... 3

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Александр Шумилин, Ирина Филатова

Точные науки как точки роста инноваций 11

Импортозамещающий датчик для белорусского машиностроения
Высокие технологии – помощники в поиске лекарств против COVID-19

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Сергей Щербаков, Галина Мельникова

Высокотехнологичные разработки для ключевых отраслей промышленности 19

Бортовая автоматизированная система CBM-420и
Инновационное оборудование и технологии ионного азотирования
Полимеры для машиностроения
Спеченные фрикционные материалы для автотракторного и железнодорожного транспорта

ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О ЗЕМЛЕ

Алексей Труханов

Значимые достижения химии и наук о Земле 37

Качество продуктов – залог здоровья нации
Мембранные технологии на страже экологии
Геоинформационная система повышения оправдываемости численного прогноза погоды для Беларуси

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Олег Баранов, Валентина Рассадина, Жанна Анисова

Прикладные исследования для улучшения качества жизни населения 47

Бактериальные концентраты для повышения качества силосованных кормов линейки «Лаксил»
Генетика будущего: как ДНК-технологии изменяют медицину
Молекулярная генетика на службе АПК

ОТДЕЛЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ НАУК

Василий Богдан, Татьяна Гнедько

Передовые практики медицинской академической науки 61

Инновации для здоровья: от исследований до внедрения

ОТДЕЛЕНИЕ АГРАРНЫХ НАУК

Владимир Азаренко

Ключевые тренды аграрного сектора 69

Научное сопровождение животноводства
Новые сорта и технологии в плодоводстве
Микробиологический контроль агрономически вредных организмов
Гибрид кукурузы Вивален

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Юрий Адамейко, Ирина Подорожная

Проблемы коммерциализации результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь и способы их решения 78

Рассматривается законодательное регулирование и применяемые на практике способы коммерциализации результатов научно-технической деятельности. Выявлены причины, препятствующие появлению инновационной продукции, даны рекомендации по их преодолению.

«Академия наук развивает компетенции даже в тех областях, которые ранее были для нас терра инкогнита. Космос, атомная энергетика, искусственный интеллект, суперкомпьютеры, геномная инженерия и биотехнологии, наноматериалы и композиты, новые вакцины, полярные исследования и другие. И наши результаты признаются мировым сообществом».

Владимир Гусаков



БЕЛОРУССКАЯ НАУКА: современное состояние и задачи на перспективу



Владимир Гусаков,
Председатель Президиума
НАН Беларуси, академик

Беларусь – страна с высоким уровнем развития науки, которую с полным основанием можно назвать индустрией интеллекта, для которой создана современная всеобъемлющая экосистема. Сформирована междисциплинарная многовекторная структура, включающая академическую, вузовскую и отраслевую компоненты, функционирующие в тесном взаимодействии. Работают многочисленные отраслевые лаборатории, совместные кафедры, кластеры, центры и филиалы. Все это обеспечивает получение новейших результатов и наукоемкой продукции, решает задачи научно-инновационного суверенитета, импортозамещения и наращивания экспорта.

Следует отметить особую роль в процессах интеллектуализации белорусской экономики и общества, которую играет Президент нашей страны – А.Г. Лукашенко, придающий мощный позитивный импульс процессам совершенствования научно-инновационной сферы. Так, в декабре 2024 г. Глава государства подчеркнул: «Инвестиции в науку и технологии стали ключевым условием благополучия государства, залогом поступательного конкурентного развития».

Исследованиями и разработками на начало 2024 г., согласно данным статистики, занимались 462 организации. При этом на статус научной организации было аккредитовано 244 юридических лица, в том числе в НАН

Беларуси – 78, в Минобразования – 35, в Минздраве – 36, Минпроме – 18, Госкомвоентпроме – 12, Управлении делами Президента Республики Беларусь – 6, Минстройархитектуры – 6.

Ведущую роль в становлении интеллектуальной экономики играет Национальная академия наук Беларуси, которая осуществляет формирование и координацию всего комплекса фундаментальных и прикладных научных исследований.

По ключевым направлениям в Академии наук реализован полный цикл – от идеи, поисковых исследований до прикладных разработок и готовой продукции. Под новые задачи в академических организациях создаются и функционируют инновационные

производства разной размерности, работающие на результат «под ключ».

Сегодня белорусская наука способна решать задачи любой сложности по широкому кругу проблем глобальной повестки. Мы имеем и развиваем компетенции даже в тех областях, которые ранее были для нас «терра инкогнита»: космос, атомная энергетика, искусственный интеллект, суперкомпьютеры, геномная инженерия и биотехнологии, наноматериалы и композиты, новые вакцины, Антарктида.

И это признается мировым сообществом. Так, по международным оценкам, Беларусь входит в группу государств с весьма высоким уровнем научного потенциала.

В прошедшем году Беларусь обрела статус космической державы, как говорится, «без изъятий и ограничений». В сотрудничестве с Госкорпорацией «Роскосмос» организован успешный полет на Международную космическую станцию первой в суверенной истории нашей страны женщины-космонавта. Научно-организационное сопровождение проекта выполняла НАН Беларуси. Знаковой является оценка, данная Главой государства в Послании белорусскому народу и Национальному собранию страны 24 апреля 2024 г.: «...Это успех интеллектуально развитой нации».

Современные достижения белорусской науки – это также и «земные» приложения широкого спектра, отвечающие мировым параметрам и характеристикам.

В их числе:

- **национальный сегмент мировой научно-образовательной компьютерной грид-сети, интегрированный в**

общее информационно-вычислительное пространство Союзного государства и общеевропейскую компьютерную сеть;

- **современные ИТ-системы, нацеленные на дистанционное регулирование производства, сопровождение и логистику товаров; внедрение компонентов и решений для электронного государства;**
- **технологии искусственного интеллекта, нейронные системы, позволяющие решать сложные инженерные задачи автоматизации, а также создания промышленной, бытовой и обучающей робототехники;**
- **новейшие технологии в области применения возобновляемых и невозобновляемых энергоисточников; научное сопровождение эффективного функционирования Белорусской АЭС; создание мобильных систем в атомной энергетике;**
- **комплекс беспилотных систем; полноформатное научное обеспечение развития электротранспорта, включая разработку компонентов – батарей, двигателей, силовых приводов, линеек транспортных средств, в том числе персональных и малых (электромобилей, мотоциклов, скутеров), а также элементов зарядной инфраструктуры;**
- **новые лекарства целевого/точечного назначения для развития персонализированной (адресной) медицины, профилактики и лечения онкологических, иммунных, инфекционных и других заболеваний;**
- **системы точного сельского хозяйства, «умные»**

машины с элементами искусственного интеллекта

(такими, как техническое зрение), функциональные продукты питания, новые сорта и гибриды сельскохозяйственных растений с улучшенными характеристиками (урожайность, устойчивость к вредителям, длительность хранения и др.), новые породы и кроссы животных и птицы;

- **высокоэффективные разработки, полученные на основе биотехнологий** (кормовые добавки и концентраты для животных, биопестициды, витаминно-минеральные смеси, вакцины и диагностикумы) и др.

Этот краткий перечень лидерских компетенций белорусской науки, безусловно, дополняется системными решениями в сфере интеллектуализации общества и обеспечения его гуманитарной безопасности, исторической памяти, а также новейшими теоретико-методологическими наработками в области государственности, экономики и культуры.

Как итог, в настоящее время реализованы многие наукоемкие проекты, получены значимые результаты, созданы базовые заделы и компетенции, ориентированные на практические потребности отраслей. Это зримые плоды совместной работы научных и образовательных организаций, предприятий реального сектора.

В подтверждение данных тезисов следует привести примеры разработок, имеющих бесспорную значимость для теории, методологии и практического воплощения процессов создания новой высокотехнологичной экономики Беларуси.

Так, Объединенным институтом машиностроения НАН

Беларуси совместно с СЗАО «БЕЛДЖИ» разработан легковой электромобиль BELGEE eX50, изготовлена опытно-промышленная партия. Делается все, чтобы на его базе было организовано серийное производство.

Также ОИМ совместно с «Белкоммунмашем» разработан инновационный трамвайный вагон с низкопольными тележками, а с «Амкодором» – гусеничный одноковшовый универсальный экскаватор с эксплуатационной массой 22–25 т.

Центром радиотехники разработана система радиолокационного распознавания типов самолетов для бортового импульсно-доплеровского радиолокатора, а также радиолокационная станция обнаружения малоразмерных целей.

Научно-практическим центром по материаловедению созданы высокоэффективные системы электромагнитной защиты для бортовых приборов ракетно-космических аппаратов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также натрий-графеновый аккумулятор для малого электротранспорта.

Приборостроительным заводом «Оптрон» разработан комплект ремоторизации и модель электромотоцикла Minsk D4.

Физико-техническим институтом создан комплекс оборудования для ионно-плазменного азотирования, внедренный в ОАО «БЕЛАЗ».

Институтом тепло- и массообмена в короткий срок создано сверхчистое кварцевое стекло для микроэлектроники (в интересах «Планара»), не уступающее по техническим характеристикам зарубежным аналогам.

Институт порошковой металлургии для ЗАО «Атлант» разработал технологию изготовления

импортозамещающего поршня компрессора холодильных установок.

Институтом технической акустики создана установка ультразвуковой сварки для герметичного соединения деталей из термопластичных полимеров, поставленная на ряд предприятий (ЗАО «Спецоргстрой», ООО «Митра», ООО «Ассомедика», ООО «Евроавтоматика» и др.).

Институтом энергетики совместно с ОАО «Витязь» разработана интеллектуальная зарядная станция для электромобилей.

Центром систем идентификации предложена усовершенствованная модель электронной торговли различными группами товаров, что позволяет добиться абсолютной прозрачности и оперативной прослеживаемости продукции от производителя до потребителя. В настоящее время Центр выполняет научное обеспечение практически всей системы электронной торговли Беларуси.

Существенные успехи получены в медицине, фармации и биотехнологиях.

Например, Институтом биофизики и клеточной инженерии разработана и выпущена опытная партия тест-системы «Аллергочип.by» для определения более 200 аллергенов; созданы кандидатная форма вакцины и лабораторная технология производства для профилактики сезонного гриппа, а также прототип вакцины для профилактики высокопатогенного «птичьего» гриппа H5N1 на основе референтного штамма.

Институтом микробиологии получена принципиально новая, прорывная, генетическая конструкция для разработки вакцин на основе матричной РНК, позволяющая в максимально корот-

кие сроки создавать линейки новых вакцинных препаратов по широкому перечню возбудителей вирусных заболеваний человека и животных, включая COVID-19.

Институтами физиологии и биоорганической химии получены опытные образцы биопрепаратов на основе кольцевых ДНК, содержащих гены – модуляторы ангиогенеза. Это открывает возможности развития нового направления регенеративной медицины на основе генотерапевтических лекарственных препаратов.

Институтом биоорганической химии разработан метод клеточной терапии нейробластомы с использованием химерных антигенных рецепторов (CAR-T-клеток).

Учеными Академии наук в кооперации с коллегами и практиками ведется селекция, оригинальное и элитное семеноводство более 60 видов сельскохозяйственных растений. Только за последние 3 года в Государственный реестр сортов Беларуси включено около 50 новых сортов, а 35 сортов и гибридов переданы в государственное сортоиспытание. Ряд из них (которые мы относим к так называемой первой группе) превосходит импортные аналоги по основным показателям.

И таких примеров, или, как принято сейчас говорить, достижений на «гребне волны», немало. НАН Беларуси специально подготовлен альбом опережающих научных разработок.

Убедительным подтверждением успехов академической науки, ее движения за горизонт познания является, без преувеличения, выставочный мегапроект «Беларусь интеллектуальная», который по поручению Главы государства стартовал с экспозиции в Минске, с успехом прошел по регионам Беларуси и демон-

стрировался на ВДНХ в Москве, вызвав широкий интерес у белорусов и россиян. Лучшие наши достижения продемонстрированы на площадке Минского международного выставочного центра на экспозиции «Моя Беларусь» в кластере «Наука и интеллект» в конце 2024 – начале 2025 г. Вся деятельность НАН Беларуси нацелена на расширение кооперации и подлинную интеграцию отраслей и сфер науки. Так, в тесном взаимодействии с Минпром решаются задачи в сфере развития электротранспорта и микроэлектроники.

Совместно с Минсельхозпродом комплексно обеспечивается продовольственная безопасность страны, создаются новые отечественные породы животных и сорта растений, новейшие технологии и системы ведения сельского хозяйства.

В сотрудничестве с Минздравом разрабатываются отечественные вакцины, новые фармацевтические субстанции. Формируются сервисы интеллектуального здравоохранения.

С Министерством образования совершенствуем процессы подготовки кадров высшей научной квалификации, в том числе по линии создания совместных кафедр, новейших учебников и лекционных курсов.

С Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды разрабатываются научные подходы для геологического картирования.

Государственный комитет по имуществу в тесном сотрудничестве с НАН Беларуси и Министерством образования подготовил и выпустил Национальный атлас Республики Беларусь.

Государственным комитетом по науке и технологиям совместно с НАН Беларуси и другими заин-

тересованными лицами разработан Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2026–2030 гг. и на период до 2045 г.; сформирован проект перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2026–2030 гг.

Это лишь некоторые примеры результативного сотрудничества ученых Академии наук, учреждений высшего образования, производственных предприятий.

В свою очередь, такая комплексная «орбита взаимодействий» прирастает значимыми результатами и векторами, которые формируются организациями отраслевой и вузовской науки.

Так, в системе Минобразования разработаны:

- комплекс-имитатор воздействия факторов околоземного космического пространства на твердотельные материалы (Институт прикладных физических проблем БГУ);
- пеногаситель для полиграфической и шинной промышленности (НИИ физико-химических проблем БГУ);
- насыщающиеся поглотители на основе магний-алюминиевой шпинели, легированной ионами кобальта (технология позволяет вырабатывать кристаллы для создания миниатюрных лазеров, безопасных для органов зрения; совместная разработка БНТУ и Института физики НАН Беларуси);
- технология упрочнения рабочих поверхностей деталей насосного оборудования для перекачки нефтепродуктов для предприятия «Белоруснефть-Промсервис» (Гомельский государственный технический университет);

- проектирование и изготовление пресс-форм для литья под давлением деталей автомобиля из алюминия под заказ «КАМАЗа» (Белорусско-Российский университет);
 - новые составы масс и технологические параметры получения керамики на основе отечественного сырья, а также технология обогащения каолинового сырья для термостойкой керамики технического назначения (БГТУ);
 - изделие медицинского назначения для внешней фиксации переломов ортопедо-травматологических больных (БНТУ – НТП «Политехник»);
 - серия ветеринарных био-препаратов для лечения и профилактики болезней сельскохозяйственных и домашних животных, выпуск налажен на НПЦ «ПроБиоТех» (БГУ), и др.
- В системе Минпрома освоен выпуск новейших образцов техники, в том числе:
- ОАО «БЕЛАЗ»:
 - электрического карьерного самосвала грузоподъемностью 120 т;
 - самосвала карьерного грузоподъемностью 136 т с электромеханической трансмиссией переменного тока;
 - шлаковоза грузоподъемностью 80 т с чашей объемом 11 м³ и тяжеловоза грузоподъемностью 150 т;
 - ОАО «МТЗ»:
 - трактора «Беларус» на базе бесступенчатой трансмиссии с двигателем Weichai (Вейчай) мощностью 330 л.с.;
 - трактора «Беларус» с центральным приводом и передним ведущим мостом увеличенной грузоподъемности

с установкой передних колес большего размера;

- гусеничного трактора «Беларус» с рядным шестицилиндровым двигателем; ОАО «МАЗ»;
- новых грузовых автомобилей уровня Евро-3, включая модели с правым расположением органов управления;
- перронного автобуса второго поколения с двигателем мощностью 300 л.с. и автоматической коробкой передач.

Работа по этим направлениям развернута в тесном сотрудничестве с учеными НАН Беларуси.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» в 2024 г. разработаны и изготовлены:

- опытные образцы изделий и систем: микросхема мультистандартной RFID-метки;
- интегральные сборки фотоприемников с зарядовой связью;
- 16-элементная кремниевая фотодиодная линейка для рентгеновских сканеров;
- микросхема LED-драйвера для автотранспортных средств.

ОАО «Планар» поставлен на производство высокопроизводительный генератор изображений с применением технологии пространственно-световой модуляции. Изготовлены и проведены приемочные испытания опытных образцов: комплекса автоматической верификации фотошаблонов; установки эмуляции переноса топологического рисунка фотошаблона на полупроводниковую пластину и т.д.

В Министерстве здравоохранения разработаны десятки новых методов оказания медицинской помощи, в том числе с использованием CAR-T-клеток для лечения острого В-лимфобластного лейкоза и В-клеточных лимфом, нейробластомы.

В частности, разработаны и внедрены:

- метод диагностики развития атеросклероза у пациентов с гипо- и гипертиреозом, основанный на неинвазивном определении поражения стенки артерий (РНПЦ «Кардиология»);
- метод молекулярно-генетической идентификации вариантов вируса SARS-CoV-2 (Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья);
- новые липосомальные формы систем адресной доставки тромботических препаратов (БГМУ при участии Института химии новых материалов НАН Беларуси).

В системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия (БГСХА, Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Гродненский государственный аграрный университет) разработаны:

- технологии возделывания основных полевых культур, линейки сортов и гибридов рапса, кукурузы, колосовых зерновых;
- рекомендации по вопросам ветеринарной медицины и зоотехнии, а также по оптимизации технологических параметров приготовления консервированных кормов;
- линейка инновационных научно-технических продуктов по уходу за садом интенсивного типа.

Организациями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды разработаны:

- геоинформационная система подземных вод территории Хойникского района (ГИС-портал «Прес-

ные подземные воды Хойникского района»);

- для бассейна р. Припять с помощью ГИС-технологий составлены карты основных водоносных горизонтов (комплексов) для хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- изучены кристаллические породы участка «Ляцкое» (определены текстурно-структурные и петролого-геохимические особенности всех выделенных здесь разновидностей пород) (НПЦ по геологии);
- создан опытный образец программного комплекса для оценки гидрометеорологической обстановки в бассейнах рек Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования Земли и наземных наблюдений (Белгидромет).

По линии Государственного военно-промышленного комитета необходимо отметить создание:

- автоматизированной системы управления войсками и оружием (комплект средств управления самоходных артиллерийских орудий «Бутон», АСУ боевыми действиями «Панацея», командно-штабная машина «Редут-223»);
- новой ракетной техники и технологий (зенитный ракетный комплекс «БУК-МБ2», зенитная управляемая ракета, наращивание боевых возможностей РСЗО «Полонез» и др.);
- средств радиолокации и радиоэлектронной борьбы (обнаружитель-пеленгатор сигналов мультикоптеров «Шапель», обнаружитель мультикоптеров «Звонок», блокиратор сигналов Фумигатор» и др.).

В Минобороны выполнены разработка перспективных и модернизация существующих образцов вооружения и военной техники, роботизированных и беспилотных комплексов, средств автоматизации, в том числе методов обучения нейронных сетей распознавания объектов интереса (Военная академия); создание имитационной модели системы обработки сигналов и информации радиолокационного комплекса (НИИ Вооруженных сил).

МВД разработан гражданско-правовой механизм защиты имущественных и личных неимущественных прав в контексте интеграционных процессов в государствах – участниках ЕАЭС (Академия МВД).

В Министерстве по чрезвычайным ситуациям созданы многофункциональный тренажерный комплекс по ликвидации последствий ДТП с участием транспортных средств с электроприводом; испытательный комплекс «Термоманекен» для определения теплозащитных свойств элементов защитной экипировки спасателей-пожарных; опытные образцы пожарных автолестниц с высотой подъема свыше 52 м.

Минэнерго спроектирована первая в Беларуси подстанция закрытого типа напряжением 110/20 кВ «Береговая» с классом низшего напряжения 20 кВ для электроснабжения многофункционального комплекса «Северный Берег».

В Минспорта разработаны тензометрические датчики для оценки мощности движений спортсменов, а также тренажер для обучения юных спортсменов технике лыжных передвижений (Белорусский государственный университет физической культуры).

В Государственном комитете по стандартизации проведены исследования в сфере технического регулирования и обеспечения гарантий качества и безопасности обрабатываемых товаров в ЕАЭС с учетом интересов Республики Беларусь, а также анализ международного и европейского законодательства в части маркировки пищевой продукции.

В Минкультуры проведены исследования и разработки общегосударственного и отраслевого назначения, в том числе разработана концепция развития хорового искусства XXI века, а также предложены социально-культурные инновации как средство организации культурного отдыха молодежи.

В системе Мининформа изучено формирование инновационного медиапространства как фактора устойчивого социокультурного развития белорусского общества (аналитический центр «Есоом» ООО «Медиафакт-ЭКО»).

Минэкономики научно обоснован проект Национальной стратегии устойчивого развития на период до 2040 г. и концепции Программы социально-экономического развития на 2026–2030 гг.; подготовлены методические рекомендации по разработке стратегий развития отраслей экономики (видов экономической деятельности) производственной сферы на долгосрочную перспективу (Научно-исследовательский экономический институт).

Приведенный ряд можно продолжить, поскольку по итогам 2024 г. получены сотни новейших разработок. В рамках одной публикации все достижения перечислить невозможно даже обобщенно.

При этом важно подчеркнуть, что одна из ключевых задач – под-

готовка кадров высшей научной квалификации. Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь в 2024 г. присудила ученую степень 356 соискателям, из них 48 – доктора наук, 308 – кандидата наук. Ученое звание профессора присвоено 36 соискателям, доцента – 339 соискателям.

НАН Беларуси работает в режиме постоянного совершенствования и оптимизации применительно к актуальным потребностям экономики в соответствии с поручениями Главы государства. Учеными успешно решаются ключевые задачи научного обеспечения развития реального сектора и социокультурной сферы, увеличиваются предложения отраслям – это IT-решения, искусственный интеллект, современные лазеры, микроэлектроника, геномные и биотехнологии и др.

Эффективно используется кадровый потенциал науки, модернизируется материально-техническая база, применяются инновационные кластерные формы междисциплинарного взаимодействия, растут объемные и удельные показатели развития. Задачи возрастают в количественном выражении и усложняются в качественном.

Вместе с тем, наряду с крупными достижениями НАН Беларуси видит спектр актуальных проблематик и вопросов, требующих неотложного решения. Среди них – необходимость ускорения формирования компетенций и современных программно-аппаратных комплексов, в том числе для спутников дистанционного зондирования Земли собственного, белорусского изготовления; создание линеек новейших материалов с повышенными характеристиками для различных

отраслей промышленности; мало-размерных микронэлектронных чипов и схем, а также программного обеспечения для ключевых сфер экономики, систем искусственного интеллекта (систем компьютерного зрения, машинного обучения, нейронных сетей и др.); новейших квантовых технологий и квантовых компьютеров; опережающих систем и роботизированных комплексов для предприятий машино- и приборостроения; легковых электромобилей массового пользования и представительского класса, не уступающих мировым достижениям; высокоэффективных натрий-графеновых накопителей электроэнергии различной размерности и назначения как альтернативы литий-ионным; выведение новейших опережающих, высокопродуктивных и ценных сортов сельскохозяйственных растений и др.

Таким образом, наука не может останавливаться на достигнутом. Ученые призваны постоянно стремиться к новому, к фундаментальным открытиям и прикладным разработкам, обеспечивающим решение актуальных для страны задач.

- *На повестке сегодня:*
- *повышение роли науки и уровня взаимодействия организаций реального сектора с научными организациями;*
- *рост потенциала, активности и результативности научных школ;*
- *ускорение динамики прохождения исследований от идеи до внедрения;*
- *усиление мотивации работников научной сферы;*
- *привлечение молодых специалистов и совершенствование системы подготовки научных кадров;*

- *обновление и развитие материально-технической базы научных учреждений.*

Нам всем необходимо приложить максимум усилий, чтобы обеспечить динамичный рост научного потенциала страны.

Мы стоим на пороге нового пятилетия – следующего этапа развития науки. Особое внимание в ближайшее время следует уделить формированию новых программ научных исследований, научно-технических и государственных программ. Акцент необходимо сделать на системность, результативность научных исследований, а также эффективность использования полученных результатов для формирования высокотехнологичных секторов экономики.

При разработке нового комплекса программ задания должны быть целевыми, имеющими как фундаментальную составляющую, так и практическую направленность. Следует обеспечить широкое участие в программах всех заинтересованных министерств и ведомств.

Предстоит повысить активность отраслевых госорганов в научных исследованиях в качестве заказчиков и особенно в их финансировании. Кадровые и финансовые ресурсы должны концентрироваться на единых приоритетах научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Должны быть четко сформулированы критерии оценки результативности научной деятельности, оптимизированы условия и порядок финансирования.

Все это – определяющие факторы формирования высококонкурентной экономики и нового, передового типа формации – высокоинтеллектуального общества.

В этой связи необходимо предусмотреть:

- *переход в основном на кластерную основу организации научной и инновационной деятельности;*
- *расширение взаимодействия университетской, академической и отраслевой науки, развитие системы совместных с промышленными предприятиями междисциплинарных кластеров, научных и отраслевых лабораторий, научно-технических центров;*
- *прямую работу с отраслями экономики на основе хозяйственных договоров, совместных планов, дорожных карт и комплексов работ;*
- *оптимизацию мер поддержки талантливых молодых ученых и специалистов;*
- *расширение перечня научно-технических программ и проектов Союзного государства;*
- *развитие существующих и формирование новых научных школ на основе фундаментальных исследований мирового уровня.*

Нам необходимо делать ставку на опережающие разработки и технологии, укрепление сотрудничества между научными центрами и производственными предприятиями, как отечественными, так и зарубежными, чтобы Беларусь обеспечила свой технологический суверенитет и лидерство в научно-инновационной сфере. ■

Отделение физики, математики и информатики

Физика, математика и информатика — науки, в значительной степени определяющие развитие инноваций практически во всех секторах экономики, включая современные космические технологии и технологии искусственного интеллекта.



Точные науки как точки роста ИННОВАЦИЙ



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



Ирина Филатова,
ученый секретарь Отделения физики,
математики и информатики НАН Беларуси

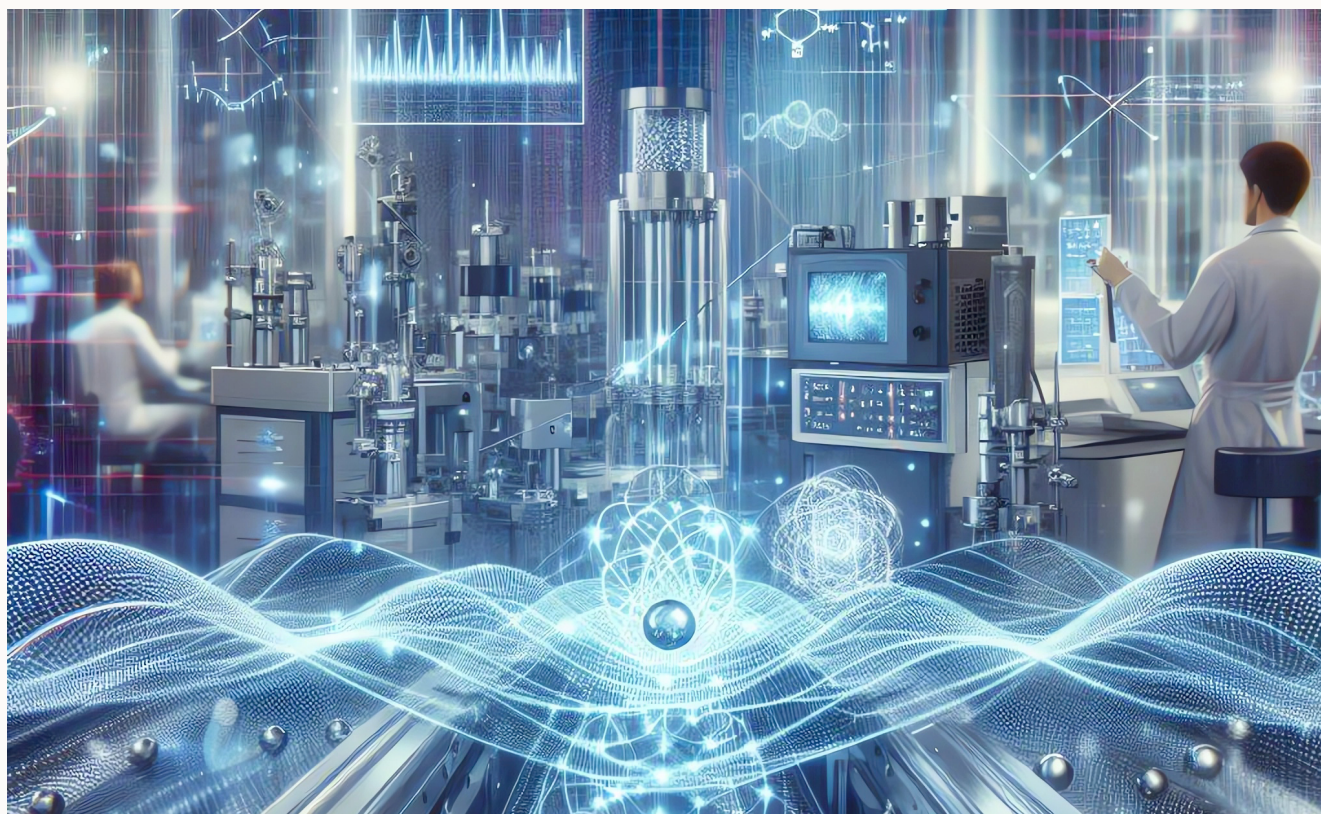
Отделение физики, математики и информатики НАН Беларуси выполняет и координирует исследования в области современной физики, математики и информатики по приоритетным научным направлениям, формируемым с учетом тенденций развития мировой науки, научно-технического потенциала и потребностей народного хозяйства.

В состав Отделения входят ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Институт физики имени Б.И. Степанова, Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий, Центр геофизического мониторинга, Институт математики, Объединенный институт проблем информатики, Центр систем идентификации, Геоинформационные системы, ОАО «Минский НИИ радиоматериалов».

Организации Отделения наряду с проведением научных исследований и созданием новых технологий активно участвуют в инновационной деятельности, разрабатывают и выпускают высокотехнологичную конкурентоспособную продукцию для нужд внутреннего рынка и на экспорт. Так, например, в 2023 г. только Институтом физики произведено продукции на 4,48 млн руб.,

НИИ радиоматериалов – на 6,12 млн руб. Научными центрами создается широкий спектр наукоемких изделий: от лазерных источников и систем на их основе, оптических и оптоэлектронных элементов и модулей, импортозамещающих датчиков на основе МЭМС-технологий до специализированного программного обеспечения, востребованного в реальном секторе экономики нашей страны. Продукция поставляется на такие отечественные предприятия, как «ИНТЕГРАЛ», «Планар», «Пеленг», «МАЗ», «БелАЗ», «Витязь», НТЦ «ЛЭМТ», ММЗ имени С.И. Вавилова, РУП «Белтелеком», 558 Авиационный ремонтный завод и др.

Ученые активно занимаются освоением инноваций, в том числе и в рамках созданных отраслевых лабораторий. Так, отраслевой лабораторией разработки



критических технологий производства МЭМС- и СВЧ-электронных компонентов ОАО «Минский НИИ радиоматериалов» выполнены работы в интересах промышленных предприятий нашей страны и Российской Федерации в 2023 г. на сумму 1,5 млн руб. В целом объем продукции (работ, услуг) составил 2,9 млн руб.

Специалистами отраслевой лаборатории проектирования и разработки фотошаблонов для обеспечения выпуска изделий микро-, опто- и СВЧ-электроники и МЭМС-технологий ОАО «Минский НИИ радиоматериалов» в 2023 г. изготовлено инновационных устройств на 1,1 млн руб.

Отраслевой лабораторией испытаний лазерной и оптоэлектронной техники Института физики им. Б.И. Степанова выполнено научно-исследовательских, опытно-конструктор-

ских работ и услуг для предприятий республики («Планар», «Пеленг», «Витязь», НТЦ «ЛЭМТ», АО «СоларЛС», ОАО «ММЗ имени С.И. Вавилова», РУП «Белтелеком», «ИНТЕГРАЛ», «558 Авиационный ремонтный завод» и др.) на 2,2 млн руб., в том числе объем услуг по измерению параметров изделий лазерной и оптоэлектронной техники и калибровке средств измерений характеристик оптического излучения достиг 0,25 млн руб.; выдано 173 протокола таких измерений.

За последние два года учеными Отделения физики, математики и информатики получен ряд знаковых результатов, среди которых можно отметить следующие.

Создан сканирующий гиперспектральный лидар, позволяющий проводить дистанционную экспресс-диагностику состояния и качества сельскохозяй-

ственных объектов, продукции аграрной отрасли. Данное устройство представляет собой универсальный мобильный комплекс и может использоваться как в полевых условиях, так и в производственных помещениях. Будучи уникальным для стран СНГ, он выгодно отличается более низкой стоимостью по сравнению с зарубежными аналогами, при этом общий технический уровень соответствует лучшим мировым достижениям.

Разрабатываются уникальные СВЧ-фотодиодные модули для систем радиолокации и радиоэлектронной борьбы. Заключены контракты с предприятиями Госкомвоенпрома на общую сумму более 1,5 млн руб. (ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»). Сконструирован переносной автоматизированный импортозамещающий

метеорологический комплекс с широкими возможностями применения, в том числе в системах точного земледелия, специального назначения, в сложных климатических условиях Антарктики.

Внедрен в производство усилитель-формирователь импульсов тока накачки лазерных диодов для радиолокационных датчиков, заключен долгосрочный договор поставки таких изделий в Российскую Федерацию на десятки миллионов российских рублей. Инновация вошла в топ-10 результатов НАН Беларуси за 2023 г. (ОАО «Минский НИИ радиоматериалов»).

Разработаны эффективные методы усиления бактерицидного действия лекарственных препаратов за счет использования фотосенсибилизирующих свойств их протопорфирринов (топ-10 результатов академических ученых в области фундаментальных и прикладных исследований за 2024 г.); совместно с ведущими медицинскими специалистами предложены и внедрены в медицинскую практику новые методы антимикробной фотодинамической терапии гнойно-воспалительных и эрозивных заболеваний.

Освоен серийный выпуск экспортоориентированных высокотехнологичных лазерных систем с диодной накачкой нового поколения для применения в дальнометрических комплексах, системах целеуказания, в промышленном производстве, медицине, научных исследованиях, системах зондирования атмосферы и др., а также прецизионных оптических элементов лазерного качества. Объем отгруженной продукции в 2023 г. достиг 4,2 млн руб., в том числе 2,2 млн руб. – благодаря экс-

порту (Институт физики имени Б.И. Степанова).

Объединенным институтом проблем информатики разработан программно-алгоритмический комплекс низкоорбитального контроля состояния ионосферы над территорией Республики Беларусь в составе космической системы радиометрического контроля околоземного пространства. Применен новый высокоточный способ оценки концентрации электронов, основанный на ретрансляции спутниковых сигналов GPS и ГЛОНАСС от малого космического аппарата. Данная система позволяет прогнозировать наступление магнитной бури на период до двух суток.

С помощью технологий искусственного интеллекта и молекулярного моделирования обнаружен набор малых молекул, способных связываться с функционально важными участками белков коронавируса SARS-CoV-2 и блокировать его репликационный цикл, что открывает перспективу создания эффективных противовирусных лекарственных средств широкого спектра действия (Объединенный институт проблем информатики).

Подготовлен экспериментальный образец установки по ультрафиолетовому обеззараживанию молока. Исследования, проведенные совместно с Институтом мясо-молочной промышленности, свидетельствуют о двухсоткратном снижении содержания в этом продукте бактерий. Обработка молока осуществляется при пониженной температуре, что позволяет сохранить полезные питательные вещества и микроэлементы, сэкономить затраты на электроэнергию до 50% (Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий).

Сформирован программный комплекс расчета тепловых и механических свойств композиционных порошковых материалов для прогнозирования эффективного коэффициента теплопроводности и модулей упругости композиционных порошковых материалов. Он используется совместно с Институтом порошковой металлургии при разработке новых композиционных материалов и покрытий различного типа на их основе: фрикционных, износостойких, теплозащитных (Институт математики).

Активно развивается система электронных ветеринарных сертификатов VET.EPASS, обеспечивающая сопровождение такими документами поставок животноводческой продукции от более 500 отечественных товаропроизводителей в Россию и транзитом – в другие страны. Расширен функционал информационной системы в области ветеринарии и ее интеграция, что позволит в 2025 г. реализовать глубокую прослеживаемость товаров животного происхождения в цепочке «от поля до прилавка» (Центр систем идентификации).

Разработано программное обеспечение обнаружения тепловых аномалий и создан информационный ресурс для предоставления информации о них в сети Интернет. По результатам Республиканского профессионального конкурса «Лидеры цифровой экономики–2024» проект был отмечен дипломом I степени в номинации «Программный продукт года. Экология и охрана окружающей среды», а организация-разработчик – УП «Геоинформационные системы» удостоена гран-при. Использование данных космической съемки обеспечивает регулярный мониторинг зем-

ной поверхности, в том числе в труднодоступных районах и на трансграничных территориях. Информация о тепловых аномалиях доступна подразделениям МЧС на всех уровнях функционирования в режиме, близком к реальному времени – скорость ее получения не превышает 12 мин с момента завершения приема данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) со спутника.

В целом за 2023 г. УП «Геоинформационные системы» переданы данные ДЗЗ высокого разрешения 22 организациям и органам госуправления страны, объем импортозамещения составил 6,92 млн долл.

Сформирована система мониторинга для регистрации техногенных и боевых взрывов, позволяющая определять степень воздействия промышленных взрывов на объекты социальной инфраструктуры, а также локацию разрыва боевых снарядов как на территории Беларуси, так и сопредельных государств. Кроме задействования на объектах добычи полезных ископаемых комплекс используется для решения задач специального назначения (Центр геофизического мониторинга).

Разработки в области физики, математики и информатики – основа развития техники и тех-

нологий, составляющих фундамент экономики государства в целом. В современном мире без таких понятий, как искусственный интеллект, роботы, микроэлектроника, лазеры, фотоника, космос, невозможно представить дальнейшее успешное развитие общества. Достижения ученых, работающих в данных областях науки, повышают авторитет страны, способствуют росту ее интеллектуального потенциала и уровня жизни граждан, создают условия для новых направлений технологического развития сильной и процветающей Беларуси. ■

Импортозамещающий датчик для белорусского машиностроения

Открытое акционерное общество «Минский НИИ радиоматериалов» – ведущая организация Национальной академии наук Беларуси в области проектирования и изготовления микроэлектронных комплектующих на полупроводниковых материалах АЗВ5, а также датчиков с использованием технологий микромеханики (МЭМС-технологий) и электронных систем на их основе.

В институте последовательно реализуется стратегия активной коммерциализации результатов научной деятельности. Особое внимание уделяется импортозамещению, качеству и конкурентоспособности создаваемой инновационной продукции. Например, для предприятий металлургической промышленности разработан дифференциальный датчик магнитного поля для контроля дефектности круглого стального проката. Данное устройство решает проблему регулярной замены на металлургических предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации (ОАО «БМЗ», АО «ОЭМК им. А.А. Угарова», г. Старый Оскол и др.) комплектующего изделия зарубежных корпораций (Fluke (США), PRÜFTECHNIK NDT GmbH (Германия) и др.) стоимостью порядка 6 тыс. евро, тем самым обеспечивая выполнение базовой технологической операции контроля качества и стабильную работу цехов



Дифференциальный датчик магнитного поля для контроля дефектности круглого стального проката

стального проката металлургических предприятий в условиях отсутствия поставок оригинальных импортных комплектующих.

Датчик является инновационной разработкой и не имеет аналогов в Республике Беларусь и странах СНГ. Прибор представляет собой дифференциальный зонд (сенсор) магнитного поля, состоящий из микрокатушек, изготовленных по разработанной прецизионной технологии, и позволяет оперативно в онлайн-режиме обнаружить трещины металлопроката.

При эксплуатации датчик имеет непосредственный контакт с поверхностью круглого стального проката, вокруг которого он вращается со скоростью до 1200 об/мин, при этом пруток металлопроката поступательно движется со скоростью до 2 м/сек. Таким образом, учитывая условия эксплуатации, это расходный элемент.

Данное устройство существенно превосходит зарубежные аналоги по таким параметрам, как надежность и долговечность. Лучшие значения этих показателей достигаются за счет ноу-хау, разработанных при его проектировании. Инновации касаются материалов, контактирующих с поверхностью круглого стального проката, и корпуса, а также особенностей крепления отдельных элементов корпуса, конструкции и технологии изготовления микрокатушек дифференциального зонда на основе многослойных печатных плат.

Датчик обладает повышенной устойчивостью к ударным нагрузкам при воздействии на него отдельных заусенец, капель застывшего металла на поверх-

ности стального проката, способен пройти по ней в режиме трения порядка 10 тыс. км. Разработанная конструкция корпуса изделия обеспечивает устойчивость к истиранию (гарантированный ресурс) в течение не менее 4 месяцев непрерывной эксплуатации, в то время как зарубежные аналоги – 3 месяца, что создает дополнительные экономические выгоды потребителям.

Спроектирован и изготовлен специализированный стенд, формирующий неоднородное магнитное поле с частотой 10 кГц для имитации дефектов металлопроката, настройки датчика по соотношению «сигнал/шум» и проверки его работоспособности. Создание и внедрение данного устройства имеет важное практическое значение, так как в условиях санкционного давления решает задачу импортозамещения критически важных комплектующих для структурообразующих предприятий Республики Беларусь и Российской Федерации. Разработка вошла в топ-10 результатов деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси по итогам 2022 г., а в 2024 г. стала победителем Республиканского конкурса творческих работ, посвященных Году качества, в номинации «Физика, математика и информатика – основа качественной обработки, передачи, хранения и защиты информации».

Датчики поставляются по договорам с ОАО «БМЗ» и АО «ОЭМК им. А.А. Угарова» (г. Старый Оскол), что вносит существенный вклад в экономическое развитие института. ■

Ю. Кернасовский,
директор Минского НИИ радиоматериалов

Высокие технологии – помощники в поиске лекарств против COVID-19

Вспышка коронавирусной инфекции, зарегистрированная в конце 2019 г. и вызванная вирусом SARS-CoV-2 (этиологическим агентом COVID-19), стала причиной серьезной обеспокоенности мирового сообщества, так как число инфициро-

ванных людей и летальных случаев постоянно увеличивалось со значительным географическим распространением. В связи с этим были предприняты многочисленные попытки разработать эффективную противовирусную вакцину и найти новые терапевтиче-

ские средства против COVID-19. Для решения нами были применены инновационные методы компьютерного конструирования лекарств, включающие технологии молекулярного моделирования и искусственного интеллекта, позволяющие значительно сокра-

тить сроки создания лекарственных препаратов и существенно уменьшить финансовые расходы.

Определение в 2020 г. пространственной структуры основной протеазы (M^{Pro}) SARS-CoV-2 – фермента, играющего чрезвычайно важную роль в жизненном цикле вируса, создало предпосылки не только для понимания его функции и механизма действия, но и для разработки новых эффективных ингибиторов на основе прямых методов компьютерного конструирования лекарств, использующих данные о структуре молекулярной мишени. В частности, 25 марта 2020 г. в Банк данных белков была депонирована структура M^{Pro} SARS-CoV-2 в комплексе с молекулой X77 – мощным ингибитором как SARS-CoV, MERS-CoV, так и SARS-CoV-2. В связи с этим нами был осуществлен виртуальный скрининг потенциальных ингибиторов фермента, направленный на идентификацию соединений с фармакофорными свойствами ингибитора X77, выполнена *in silico* оценка их потенциальной анти-SARS-CoV-2 активности и идентифицированы молекулы, перспективные для создания новых эффективных препаратов для терапии COVID-19. Проведенные изыскания включали следующие этапы:

- построение модели фармакофора, описывающей совокупность структурно-функциональных свойств ингибитора X77, которые обеспечивают эффективность его взаимодействия с активным центром M^{Pro} SARS-CoV-2;
- фармакофорный анализ 213,5 млн малых молекул из библиотек веб-сервера Pharmit (<http://pharmit.csb.pitt.edu>), позволяющего прово-

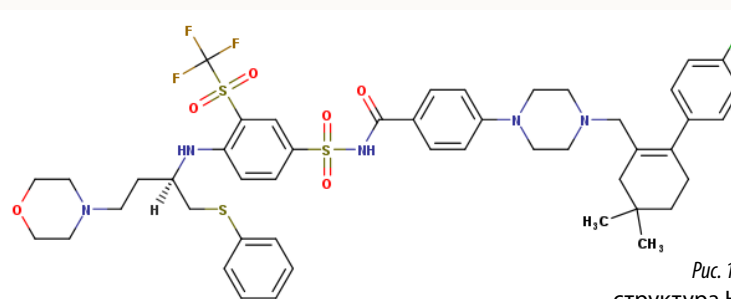


Рис. 1. Химическая структура Навитоклакса

дить интерактивное исследование химического пространства с целью поиска потенциальных лекарств на основе сходства фармакофорных моделей соединений с известными ингибиторами белковой мишени;

- молекулярный докинг и молекулярную динамику отобранных соединений с M^{Pro} SARS-CoV-2;
- расчет величин свободной энергии связывания с последующей идентификацией молекул, перспективных для разработки эффективных противовирусных препаратов.

В результате реализации этого комплексного вычислительного подхода нами были обнаружены 5 соединений, перспективных для синтеза и биомедицинского анализа. К сожалению, не было возможности провести их синтез и тестирование на анти-SARS-CoV-2 активность за относительно небольшой промежуток времени. В связи с этим было принято решение использовать стратегию перепрофилирования лекарств, под которой понимается процесс определения новых терапевтических показаний для зарегистрированных ранее препаратов. Для реализации этой стратегии была сформирована библиотека биологически активных молекул, которая включала 28 860 одобренных для применения в клинике препаратов и лекарственных веществ,

находящихся на различных стадиях доклинических и клинических испытаний. Методами молекулярного моделирования проведен виртуальный скрининг созданной молекулярной библиотеки для обнаружения потенциальных ингибиторов консервативного домена HR1 белка S SARS-CoV-2, играющего ключевую роль в слиянии мембран вируса и клетки хозяина. В результате анализа *in silico* были обнаружены 9 молекул, способных, согласно расчетным данным, связываться с доменом HR1 SARS-CoV-2 и блокировать функциональную активность коронавируса. Биомедицинское тестирование этих молекул, проведенное в Университете Фудань (Шанхай, Китай), позволило выявить соединение-лидер – противоопухолевый препарат Навитоклакс (рис. 1), который проявляет высокую ингибиторную активность по отношению к различным штаммам SARS-CoV-2 и их вариантам, в том числе к штаммам Дельта и Омикрон, а также к родственным коронавирусам SARS-CoV и MERS-CoV. На моделях *in vitro* показано, что Навитоклакс селективно связывается с доменом HR1 белка S, блокируя проникновение вируса в клетки хозяина. Кроме того, известно, что этот противоопухолевый препарат имеет много уникальных достоинств, включая низкую стоимость, хорошую пероральную биодоступность, экономичную

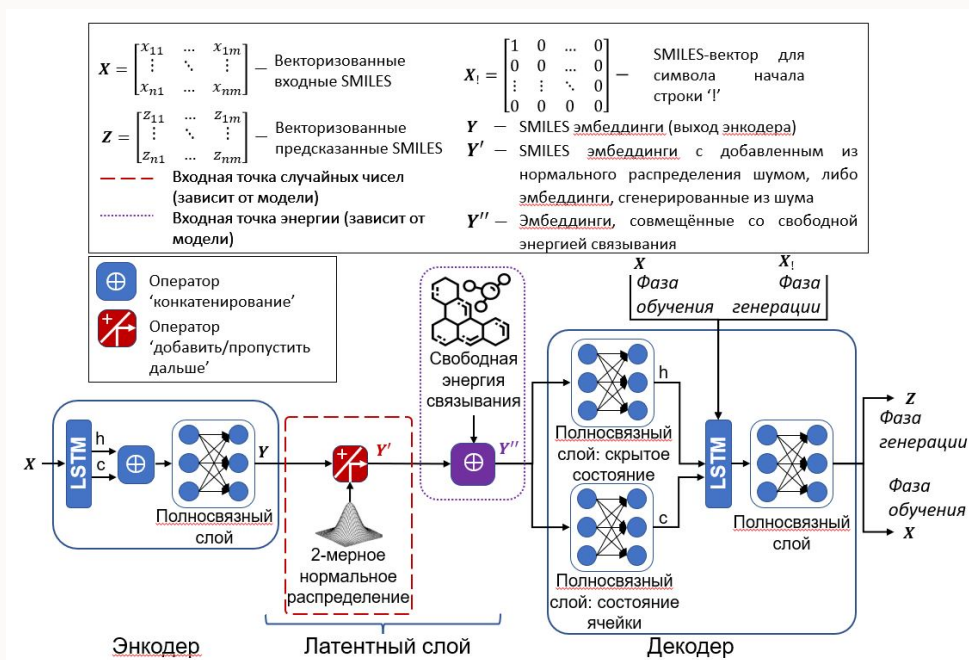


Рис. 2. Высокоуровневая архитектура разработанной нейронной сети

технологию производства и всесторонне охарактеризованную безопасность *in vivo*. Поэтому он может быть быстро перепрофилирован и использован в качестве эффективного препарата против SARS-CoV-2 и других известных коронавирусов человека для клинического применения в ближайшем будущем.

В другом исследовании с применением технологий искусственного интеллекта нами были разработаны две генеративные модели автоэнкодера для конструирования новых лекарственных веществ, способных ингибировать каталитическую активность M^{Pro} SARS-CoV-2. Построена архитектура нейронной сети (рис. 2), сформирована виртуальная библиотека потенциальных ингибиторов фермента, выполнен виртуальный скрининг соединений из этой библиотеки и предсказаны значения свободной энергии связывания комплексов лиганд/M^{Pro}. Обучение нейронной сети и ее тестирование показали, что созданные модели автоэнкодера позволяют генерировать малые молекулы с высокой противови-

русной активностью и приемлемыми фармакологическими свойствами. С помощью разработанной нейронной сети осуществлен *de novo* дизайн 95 775 потенциальных ингибиторов M^{Pro} SARS-CoV-2 с последующей оценкой *in silico* их ингибиторной активности. В результате проведенных исследований отобраны 7 соединений, которые характеризуются низкими значениями свободной энергии связывания, близкими к величинам, полученным с помощью идентичного вычислительного протокола для двух мощных ингибиторов M^{Pro}, задействованных в расчетах в качестве позитивного контроля. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования идентифицированных соединений в работах по созданию новых препаратов против COVID-19, терапевтическое действие которых основано на ингибировании ферментативной активности M^{Pro} SARS-CoV-2.

Таким образом, в результате исследований, проведенных с помощью технологий молекуляр-

ного моделирования и глубокого обучения, нами обнаружен набор лекарственных веществ, способных ингибировать функционально важные консервативные области белков SARS-CoV-2 и блокировать репликационный цикл вируса. Среди этих соединений следует особо выделить противоопухолевый препарат Навитоклакс, формирующий многообещающую базовую структуру для создания эффективного и безопасного перорального лекарственного средства широкого спектра действия против SARS-CoV-2 и других известных патогенных коронавирусов человека, а также их модификаций, которые могут появиться в будущем. ■

А. Андрианов,
 главный научный сотрудник
 ИБОХ НАН Беларуси, д.х.н.,

А. Тузиков,
 завлабораторией математической
 кибернетики ОИПИ НАН Беларуси,
 член-корреспондент,
 К. Фурс,
 м.н.с. ОИПИ НАН Беларуси



Отделение физико- технических наук

Сфера деятельности ОФТН – решение проблем, требующих профессиональных знаний в области физики, с разработкой на их основе, созданием и внедрением новых технологичных приборов, устройств и материалов различного назначения для наукоемкой техники и технологий.

Высокотехнологичные разработки для ключевых отраслей промышленности



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



Галина Мельникова,
ученый секретарь Отделения физико-технических наук, кандидат технических наук, доцент

Отделение физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси (ОФТН) осуществляет координацию научных исследований, разработок и практического использования их результатов по приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в области машино- и приборостроения, перспективного материаловедения, энергетики, в том числе безопасного использования атомной энергии, развития ядерных и радиационных технологий, электронной, перерабатывающей отраслей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства.

ОФТН включает 23 организации, в том числе 10 бюджетных и 13 коммерческих, из них 3 завода. На базе учреждений функционирует 11 отраслевых лабораторий, 19 междисциплинарных научно-исследовательских лабораторий (центров) перспективных научных исследований и научно-технологических кластеров, в состав которых входят как учреждения Отделения, так и отраслевых министерств, что позволяет создавать единое научное и технологическое пространство в сфере материаловедения, наукоемких технологий и оборудования, объединяющее интересы и возможности науки и производства.

Знаковые и перспективные разработки

По поручениям Главы государства и Правительства Республики Беларусь НАН Беларуси совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами

страны в 2024 г. разработаны Стратегия развития беспилотных систем на период до 2035 г. и Стратегия развития беспилотных систем на период до 2030 г. в гражданской сфере, направленные на производственное, технологическое, научное и кадровое обеспечение национальных приоритетов страны в этой области и содержащие мероприятия, ориентированные на ее развитие.

Для решения давно назревшей и обсуждаемой задачи «госзаказа» на научно-техническую продукцию Отделением вместе с заинтересованными сторонами подготовлена соответствующая норма постановления Совета Министров Республики Беларусь от 12.03.2024 г. №169, предусматривающая возможность проведения процедуры закупки из одного источника для приобретения товаров (работ, услуг), произведенных (выполняемых, оказываемых) с применением результатов НИОК(Т)Р и инновационных



Рис. 1. Электромобиль BELGEE eX50



Рис. 2. Малогабаритный двухместный грузопассажирский электромобиль Academic Electro



Рис. 3. Спортивный электромобиль Electro Roadster



Рис. 4. Электромотоцикл на базе мотоцикла MINSK D4 125

проектов, созданных в рамках государственных программ, научно-технических программ, государственных программ научных исследований и Государственной программы инновационного развития.

Комплексное взаимодействие с промышленными предприятиями страны привело к достижению конкретных значимых результатов: за 9 месяцев 2024 г. общий объем работ, выполненный ОФТН, увеличился на 37,8%, экспорт продукции – на 50%, среднемесячная заработная плата возросла на 16% по сравнению с аналогичным периодом 2023 г. Прогнозируется примерно двухкратное увеличение данных трех показателей за период 2022–2025 гг. по сравнению с 2021 г., что свидетельствует о высокой результативности работы Отделения при решении важнейшей задачи замещения критического импорта в интересах производителей Союзного государства.

Реализация поручения Главы государства в сфере электротранспорта осуществляется в основном в рамках мероприятий подпрограммы 7 «Развитие электротранспорта» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг. (ответственный заказчик – НАН Беларуси). Работа Академии наук организована в тесном сотрудничестве с организациями Министерства промышленности: ОАО «Могилевлифтмаш», «Витязь», «Измеритель», «Полесьеэлектромаш», «МАЗ», «МТЗ», УКХ «Белкоммунмаш», СЗАО «БЕЛДЖИ». Накопленный опыт и компетенции позволили довести созданные в Академии компоненты электрических силовых установок до опытных образцов, пригодных для серийного выпуска.

Совместно с СЗАО «БЕЛДЖИ» на платформе легкового автомобиля BELGEE X50 изготовлена опытно-промышленная партия электромобилей BELGEE eX50 (5 шт.), полностью локализованных в нашей стране (рис. 1). Конструкция машины включает в себя тяговый электропривод отечественной разработки, техническая документация на компоненты которого передана предприятиям Министерства промышленности для освоения в производстве.

В НАН Беларуси освоены технологии выпуска автомобилей по полному циклу на основе применения современного цифрового проектирования. Сделаны экспериментальные образцы электромобилей с кузовами каркасно-панельной конструкции, не требующей дорогостоящего производства цельнометаллических сварных кузовов: малогабаритный двухместный грузопассажирский электромобиль малого класса Academic Electro (рис. 2), спортивный электромобиль Electro Roadster (рис. 3).

Создан электрогрузовик полной массой 12 т на базе среднетоннажника МАЗ-4381 (совместно с ОАО «МАЗ»), а также экспериментальный образец малотоннажника грузоподъемностью до 1 т с кабиной каркасно-панельной конструкции и силовым электроприводом с полной локализацией для серийного производства.

ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» совместно с ОАО «МотоВелоЗавод» разработаны комплект ремоторизации и экспериментальная модель электромотоцикла на базе мотоцикла MINSK D4 125 (рис. 4).

НПЦ НАН Беларуси по материаловедению созданы прототипы натрий-ионных батарей в форм-факторе CR2032, на их

базе собрана батарея для малого электротранспорта номинальным напряжением 36 В и емкостью 7 А·ч. Батарея оснащена электронной системой управления, полностью готова для интегрирования в транспортные средства персональной мобильности.

В ФТИ НАН Беларуси открыт лабораторный участок, изготовлен стенд для извлечения электродных веществ и разработана базовая технология переработки литий-ионных ячеек.

Институтом энергетики созданы алгоритмы управления, технический проект и совместно с ОАО «Витязь» – экспериментальный образец интеллектуальной системы зарядки электромобилей с уровнем интеграции 4. Система позволяет управлять подаваемой нагрузкой, работать в составе умных сетей электроснабжения (smart-grid), а также при двустороннем взаимодействии с электрической сетью.

В организациях ОФТН нарабатываются компетенции в области беспилотных систем, в том числе беспилотных авиационных и наземных комплексов.

ОИМ НАН Беларуси совместно с ОАО «БЕЛАЗ» сформирована базовая версия комплекта технических средств построения технологических комплексов на базе мобильных роботов (рис. 5). Апробация проведена в составе робо-



Рис. 5. Общий вид компонентов комплекта базовых технических решений построения комплексов безлюдной технологии добычи полезных ископаемых



Рис. 6. БАК «Буревестник»

тизированного самосвала БЕЛАЗ 7513D в условиях внутризаводского полигона.

НПЦ многофункциональных беспилотных комплексов разработано и освоено производство:

- **беспилотного авиационного комплекса (БАК)** «Буревестник» с размахом крыла беспилотного летательного аппарата (БЛА) 9 м (дальность полета – до 290 км,

максимальная продолжительность – 10 ч, максимальная масса полезной нагрузки – 80 кг) (рис. 6);

- **многофункционального беспилотного авиационного комплекса (МБАК ИР)** обследования территорий с целью выявления мест произрастания инвазивных растений, путей и средств их перевозки (рис. 7);
- **малоразмерного беспилотного летательного аппарата «Наблюдатель-ПБЗ»** (рис. 8);
- **тренажера 9Ф2018** для подготовки стрелков-зенитчиков ПЗРК «Игла» в уничтожении воздушных целей с помощью ПЗРК без расходования зенитных управляемых ракет при действиях в одиночку или в составе отделения.

Значительные успехи достигнуты ЗАО «Авиационные технологии и комплексы». Это линейка беспилотных комплексов мультироторного типа по опрыскиванию полей по технологии ультрамалого объема, для длительного дистанционного ведения воздушного мониторинга протяженных и площадных участков местности в режиме реального времени, промышленных квадрокоптеров с подвесными модулями под различные объекты и задачи обследований территорий, портатив-



Рис. 7. Многофункциональный БАК: а – БЛА; б – варианты оптико-электронных систем для БЛА

ных квадрокоптеров с высокой продолжительностью полета (рис. 9), а также самолетного типа (рис. 10).

Кроме того, ЗАО «АТК» создан первый в Республике Беларусь пилотируемый сверхлегкий летательный аппарат, поддерживаемый в воздухе за счет взаимодействия свободно вращающегося воздушного винта с воздушной средой – *гироплан TERCEL* (рис. 11).

Центром радиотехники разработаны:

- система радиолокационного обнаружения и сопровождения гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЗЛА);
- система некооперативного радиолокационного распознавания типов самолетов для бортового импульсно-доплеровского радиолокатора на основе детального анализа «тонких» свойств отраженных от этих объектов радиолокационных сигналов и информации, полученной радиолокатором;
- радиолокационная станция обнаружения малоразмерных целей в условиях наличия интенсивных отражений от объектов городской застройки.

В Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова создан прототип комбинирован-



Рис. 8. Малоразмерный БЛА «Наблюдатель-ПБЗ»



Рис. 9. Беспилотный авиационный комплекс А10-Х1

ной двигательной установки для сверхзвуковых летательных аппаратов, состоящей из турбореактивного двигателя и кольцевой детонационной камеры, в которой впервые реализуются два способа сжигания топлива (дефлаграционное горение и непрерывная вращающаяся детонация) для получения большей тяги (рис. 12). Разработка вошла в топ-10 результатов деятельности ученых НАН Беларуси в области фундаментальных и при-

кладных исследований по итогам 2022 г.).

Объединенным институтом энергетических и ядерных исследований – Сосны проводится научное и научно-техническое обеспечение эффективной и безопасной работы Белорусской АЭС:

- экспертиза документов, обосновывающих ядерную и радиационную безопасность в рамках процесса лицензирования Белорусской АЭС на этапах ее размещения, сооружения и ввода в строй. Выданные экспертные заключения приняты Госатомнадзором и легли в основу выдачи лицензии на эксплуатацию блока №2;
- расчетно-экспериментальное обоснование принципиальных решений по реализации Стратегии обращения с отработавшим ядерным топливом БелАЭС в части обеспечения возврата продуктов его переработки в Республику Беларусь;
- определение исходных данных для установления радионуклидных векторов в целях паспортизации радиоактивных отходов АЭС, подготовлены основы для этого и разработаны рекомендации по реализации соответствующих работ с привлечением компетентных организаций.

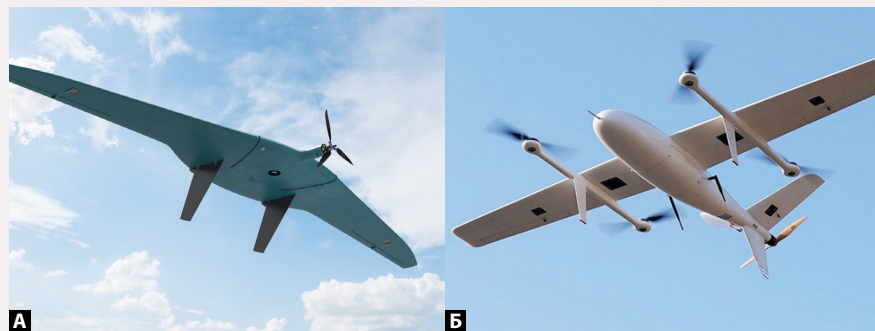


Рис. 10. БАК самолетного и гибридного типа: а – БАК «А10-V»; б – БАК «А35-VX»



Рис. 11. Гироплан TERCEL

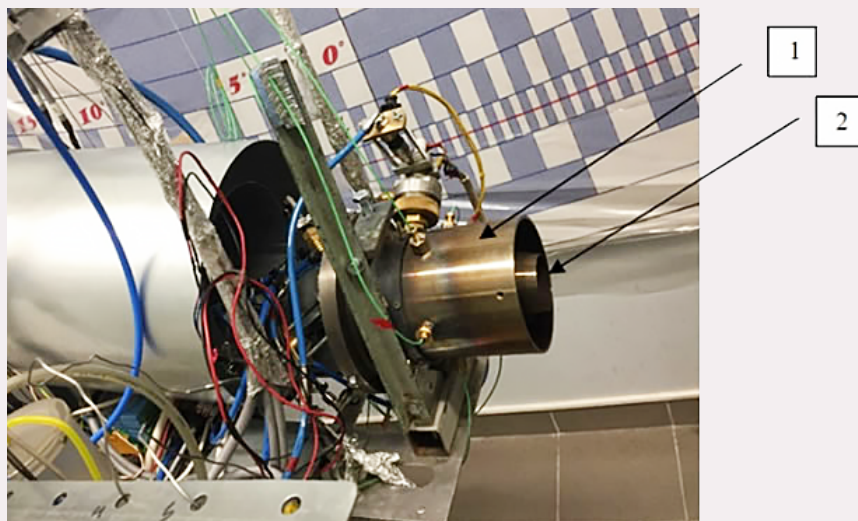


Рис. 12. Гибридный детонационный двигатель:
1 – детонационный модуль; 2 – турбореактивный двигатель ТУ-20

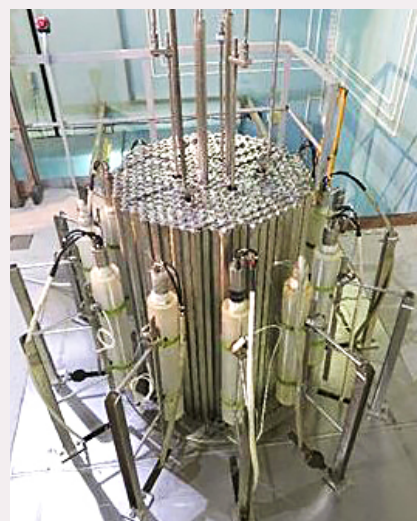


Рис. 13. Критический стенд
«Гиацинт»

ОИЭЯИ – Сосны проводится широкий ряд фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики, физики элементарных частиц, физики высоких энергий. Так, на критическом стенде «Гиацинт» (рис. 13) в 2024 г. созданы критические сборки Б-90–3, Б-90/36–4, Б-20/36/90–6 и В-36К-1, моделирующие физические особенности различных нейтронных размножающих систем, экспериментально определены их нейтронно-физические характеристики, разработаны компьютерные модели указанных критических сборок и выполнены расчеты их характеристик, подтверждающие возможность использования результатов экспериментов в качестве бенчмарк данных по критичности, в том числе при проектировании реакторных систем и верификации математических программ и библиотек ядерных данных.

Широкий спектр работ проводится организациями Отделения в области материаловедения и приборостроения в интересах отраслей экономики страны. Так, в Институте тепло- и массообмена

имени А.В. Лыкова заложены научные и технологические основы газопламенного осаждения высокочистого аморфного кварцевого стекла, направленные в перспективе на создание линейки оборудования по мелкосерийному производству кварцевого стекла, востребованного в микроэлектронной промышленности республики. Выполнено физико-математическое моделирование осаждения диоксида кремния, включая «цифровой двойник» оборудования для реализации процесса; оно изготовлено и введено в эксплуатацию; получены образцы кварцевого стекла (рис. 14).

Институтом порошковой металлургии имени академика О.В. Романа разработаны и изготовлены противорежущие брусья с режущими кромками из композиционного инфильтрированного порошкового материала на карбидной основе для измельчающих узлов кормоуборочных комбайнов. Содержание карбидной фазы в нем не менее 70 об.%, пористость – ниже 5%, твердость – 54–58 HRC. При подборе в смешанном цикле (сенаж-кукуруза)

кромка обеспечивает наработку не менее 20 тыс. т.

Заслуживает внимания технология изготовления антигравитационной тепловой трубы на основе многослойной порошковой капиллярной структуры с оптимальным порораспределением, теплопередающая способность которой в 2–3 раза превосходит показатели традиционной конструкции. Применение ультратонкого капиллярно-пористого слоя в зонах теплоподвода и теплоотвода позволило понизить термическое сопротивление в 2 раза (в 2024 г. изготовлено и поставлено 1027 изделий на сумму 95 740 долл. белорусским и российским предприятиям).

В Институте механики металлополимерных систем имени В.А. Белого большое внимание уделяется созданию материалов для производства пластиковых лыж, не уступающих по качественным характеристикам продукции ведущих мировых компаний. Здесь организован участок по изготовлению листового полимерного материала для скользящего и облицовочного слоев, а также гранул

материала для носка-пятки лыж с годовым объемом выпуска материалов до 50 тыс. пар.

Институтом технологии металлов разработан технологический процесс и налажено производство белорусского твердосплавного режущего инструмента «ВУТС» (рис. 15), предназначенного для предприятий Министерства промышленности Республики Беларусь. Его апробация показала соответствие качественным, эксплуатационным и техническим требованиям в заявленном сегменте.

Внедрение инноваций в реальный сектор экономики

На основе результатов НИОК(Т)Р, выполненных Объединенным институтом машиностроения в рамках заданий подпрограммы «Автотракторокомбайностроение» ГНТП «Инновационное машиностроение и машиностроительные технологии», промышленными предприятиями в 2020 г. – 1 квартале 2024 г. освоен выпуск новой техники в общем объеме более 41 млн руб.:

- *седельные тягачи автопоездов, автомобили-самосвалы и автомобильные шасси массой до 54 т, низкопольные авто-*

- бусы третьего поколения, автобусы для перевозки пассажиров в аэропортах (изготовитель – ОАО «МАЗ»);*
- *лифты пассажирские без машинного помещения, тяговые электродвигатели для электротранспорта (ОАО «Могилевлифтмаш»);*
- *травмобезопасные мобильные прицепные демпферные устройства для машин прикрития дорожных служб (ЗАО «Сантекс»);*
- *интеллектуальные системы управления приводом тормозов коммерческого транспорта (ОАО «Экран»);*
- *машины multifunctional для перевозки, установки и монтажа опор линий электропередачи (ООО «Дормашэкспо»);*
- *комплекты электронных блоков импортозамещающей системы реверсивного управления навесным устройством тракторов (ОАО «Измеритель»);*
- *разработан экскаватор гусеничный одноковшовый универсальный эксплуатационной массой от 22 до 25 т. (рис. 16). В 2023–2024 гг. ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» изготовлено и реали-*

зовано 10 таких машин на сумму свыше 3,5 млн руб.;

- *четырёхосные низкопольные, без ступенек в основном проходе трамвайные вагоны одностороннего движения с уровнем пола 370/505 мм с асинхронным приводом (рис. 17, отличающиеся повышенным уровнем комфорта и безопасности и соответствующие действующим международным стандартам пассажирской техники. В 2023–2024 гг. ОАО «УКХ Белкоммунмаш» выпущено 26 вагонов на сумму свыше 45 млн руб.*

В металлургические и машиностроительные производства ОАО «БЕЛАЗ» внедрены результаты НИОК(Т)Р Объединенного института машиностроения, позволившие:

- *увеличить до 10 раз ресурс и надежность (по критериям удельной металлоемкости, сопротивления усталостному и хрупкому разрушению) основного агрегата несущей системы всех самосвалов особо большой грузоподъемности – рамы с использованием стали 15НМФЛ и способов управляемой кристаллизации при получении отливки. Объем производства*

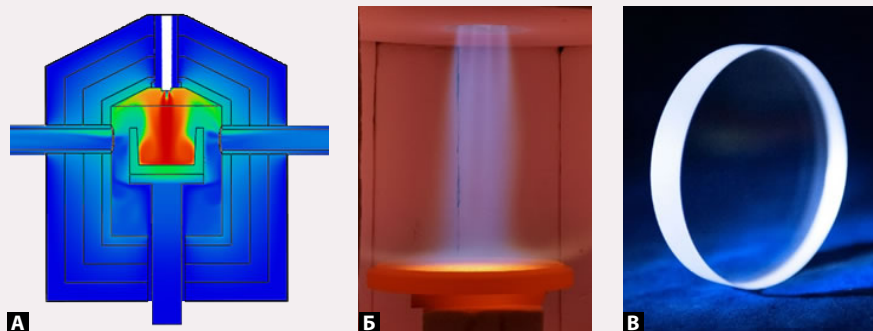


Рис. 14. Технология получения высокочистого аморфного кварцевого стекла: а – «Цифровой двойник» высокотемпературной печи для реализации технологии; б – экспериментальное оборудование; в – полученный образец



Рис. 15. Твердосплавный металлорежущий инструмент «ВУТС»

последних достиг 20% от общего количества стального литья, выпускаемого заводом;

- **снизить энергоемкость на 30%, полную себестоимость изготовления на 25% при повышении технологичности механической обработки и до 4 раз – долговечность зубчатых колес трансмиссий карьерных самосвалов за счет стали 21ХГНМБА, а также применять ее для крупномодульных зубчатых колес с обеспечением гарантированного ресурса самосвала не менее 650 тыс. км;**
- **решить проблемы надежности, ресурса и снижения металлоемкости крупногабаритных азотированных колес планетарных передач в жизненном цикле всей карьерной техники на основе стали 40ХМФА и технологии ее обработки. Производство данной стали и заготовок из нее также освоено в Российской Федерации (ПАО «Русполимет», г. Кулебаки).**

Разработки Института порошковой металлургии имени академика О.В. Романа широко применяются в аэрокосмической, оборонной, автотракторной промышленности, сельхозтехнике, химической и пищевой промышленности. Для нужд предприятий Республики Беларусь и на экспорт выпускается разнообразная номенклатура инновационной продукции: научно-технические космические телескопы, антифрикционные и фрикционные детали узлов трения, керамические элементы бронезащиты различных транспортных средств, конструкционные высокоплотные и пористые порошковые детали (героторные пары масляных насосов, подшипников аксиально-поршневых насосов, тепловых

труб с капиллярно-пористой структурой, фильтров и др.).

Наиболее значимыми примерами являются следующие:

- **экспериментальный стенд для определения силы тяги (от 100 мкН до 10 мН) малогабаритных двигателей в условиях, имитирующих космическое пространство. Позволяет оптимизировать функциональные приложения космической аппаратуры для дистанционного зондирования Земли, метрологии, картографии в зависимости от необходимой массы, полезной нагрузки с целью повышения ее надежности и увеличения срока активного существования;**
- **технология нанесения твердосмазочных покрытий на основе дисульфида молибдена, вольфрама и других сплавов методом ионно-лучевого распыления, сохраняющим хими-**



Рис. 16. Экскаватор гусеничный эксплуатационной массой от 22 до 25 т



Рис. 17. Низкопольный трамвайный вагон с низкопольными тележками

ческий состав и стехиометрию соединения, что обеспечивает длительную и устойчивую эксплуатацию изделий, работающих в узлах трения и износа без смазки в условиях открытого космического пространства. Так, в 2024 г. по заказу ОАО «Пеленг» нанесено покрытие на 94 детали стоимостью работ 42840 руб.;

- **поршень для компрессора холодильника методами порошковой металлургии (в 2024 г. выполнен заказ на 1000 изделий в интересах ЗАО «Атлант»).**

Для предприятий республики и на экспорт изготавливаются и поставляются:

- **фрикционные диски** для трансмиссии тракторов МТЗ и другой техники (РУП «МТЗ», «БЗТДиА», СП ОАО «ГЭТЗ», «Бобруйский завод тракторных деталей и агрегатов», ЗАО «Белагробел», «БелАЗ», РУП «Сморгонский агрегатный завод», ООО «АквилонАвто» и др.);
- **пористые пластины, фильтроэлементы, влагомаслоотделители, тепловые трубы** (ООО «Оли-Бело Плюс», ОАО «Минский вагоноремонтный завод», «БЕЛАЗ», «МАЗ», «МТЗ», «Газпром Трансгаз Беларусь», ООО «Полимастер», СП ОАО «Брестгазоаппарат», ОАО «ЭНЕФ», «Мозырский машиностроительный завод», «Бел Хуавэй Технолоджис», ООО «КомпрессорСнаб» и др.);
- **порошковые детали конструкционного и антифрикционного назначения** (ОАО «САЛЕО-Гомель», «Белтрубпласт», «БАТЭ», «Завод ПРОМБУРВОД», «РАДИО-

ВОЛНА», «Техмаш», «ВМЗ», «Полоцкий молочный комбинат», «БЗСП» и др.);

- **алмазный инструмент** (ММЗ, ОАО «МПЗ», «Пеленг»);
- **композиционные и керамические детали, биметаллические пластины** (ОАО «Гомсельмаш», «Пеленг», ООО «АлЮрТех», СООО «ИНЭЛТ», ООО «Электроизделие», «Эволюджик», РУП «Гродноэнерго» и др.).

На Республиканском казенном предприятии «Центр утилизации артиллерийских и инженерных боеприпасов» на автоматизированном инновационном производстве выпускаются взрывчатые промышленные эмульсионные вещества «Нитронит», которые полностью обеспечивают текущие и перспективные потребности отечественных горнодобывающих предприятий: РУПП «Гранит», щебеночного завода «Глушкевичи» КПРСУП «Гомельоблдорстрой», ОАО «Доломит». Также в Центре из конверсионных взрывчатых веществ разработаны и производятся заряды сейсмические литые ЗСЛ-70–1000 для отечественных геологоразведывательных предприятий, включая ПО «Белоруснефть».

В Институте механики металлополимерных систем имени В.А. Белого:

- для ОАО «Гомсельмаш» получены и внедрены импортозамещающие технологии получения композиционных материалов для всей линейки полимерных деталей аналога реверсивного вентилятора Hagele GmbH (Германия) системы охлаждения двигателей сельскохозяйственной техники в сложных эксплуатационных условиях (повышенная температура, знако-



Рис. 18. Технологическая линия получения щебня узких фракций

переменные нагрузки высокой интенсивности, абразивное изнашивание). Они дешевле на 40%, а компоненты для их получения доступны на рынке Республики Беларусь;

- *создана опытно-лабораторная технология получения полимерных плит для организации грунтовых покрытий, заключены и выполняются договоры с предприятиями России и Беларуси на поставку их опытных партий (ООО «Домкомс», г. Могилев; ООО «ВТОР-ВИТА, г. Санкт-Петербург»);*

В Объединенном институте энергетических и ядерных исследований – Сосны построено и введено в эксплуатацию новое здание экспертной лаборатории по идентификации источников ионизирующего излучения (ИИИ) с оборудованными помещениями по II классу работ с открытыми ИИИ, получен санитарный паспорт от 15.02.2024 г. №31/2024 г.

Объединенным институтом энергетических и ядерных исследований – Сосны по хозяйственным договорам с РУП «Белмедпрепараты», ГП «Академфарм», ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, транс-

плантологии и гематологии», РУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», УП «Минскинтеркапс», ГУ «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий», ОАО «Медпласт», УП «Унитехпром БГУ», ЗАО «Алтимед», ОАО «Светлогорск Химволокно», ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», ООО «Чефи», НПП «БелАгроГен», «Галтеяфарм», ОАО «Завод «Электронмаш» и рядом других организаций выполнено работ за 2024 г. на общую сумму 1,4 млн руб.

ОАО «НПО Центр» в интересах РУПП «Гранит» (г. Микашевичи) поставлена технологическая линия получения высококачественного щебня узких фракций (рис. 18) крупностью 4–8; 8–16 мм производительностью 3 млн т в год.

Предприятие имеет большой опыт разработки центробежной техники, такой как установка для гипергравитационной терапии в кранио-каудальном направлении, которая используется при комплексном лечении пациентов, в ряде случаев позволяет избежать хирургического лечения, добиться более быстрого и стойкого эффекта от проводимого лечения. Установка проходит клинические испытания

в 4-й городской клинической больнице имени Н.Е. Савченко. Основные направления клинического применения: травматология и ортопедия, хирургия, сосудистая патология, заболевания нервной и мочеполовой системы.

ОАО «НПО Центр» за 2021–2024 гг. выполнено более 1200 договоров на общую сумму порядка 100 млн руб. для организаций Министерства архитектуры и строительства, Государственного военно-промышленного комитета, Министерства промышленности Республики Беларусь, концерна «Белнефтехим», а также зарубежных заказчиков из Казахстана, Узбекистана, Индии и других стран.

Институтом прикладной физики разработаны и изготавливаются 3D-принтеры для экструзионной печати из композиционных конструкционных материалов (акрилонитрил бутадиенстирол, полилактид, полиуретан) крупногабаритных изделий. На счету института – Национальный эталон единиц мощности удельных магнитных потерь и магнитной индукции переменного магнитного поля в диапазоне частот от 50 Гц до 200 кГц, модернизация Национального эталона магнитной индукции Тесла в диапазоне (0,05–2,0) Тл (включены в национальную эталонную базу под №НЭ РБ 68–24 и №НЭ РБ 4–00).

Ультразвуковое оборудование – визитная карточка Института технической акустики. Установки ультразвуковой сварки применяют для герметичного соединения деталей из термопластичных полимеров и металлов в машино- и приборостроительной отрасли, агропромышленном секторе, легкой промышленности, медицине. Они поставлены в ОАО «МЭТЗ им. Козлова», ЗАО «Спецоргстрой», ООО «Мит-



Рис. 19. Абсорбер К-205 (изготовлено для ОАО «Мозырский НПЗ»)

ра», «Ассомедика», СООО «Евроавтоматика ФиФ» и др.

В ряду инновационных разработок ОПРУП «Феррит» следует отметить магнитный сепаратор с механической регулировкой магнитной индукции в интервале величин 80–130 мТл для использования в горнорудной промышленности для сухого обогащения магнетитовых руд (в 2024 г. поставлен в Исламскую Республику Иран) и установку магнитно-импульсной очистки для сводообрушения, устранения отложений, налипаний и намерзаний сыпучих материалов на стенках бункеров (в 2023 г. приобретен ОАО «Беларуськалий»).

Государственное предприятие «ОКБ Академическое» специализируется на уникальных аппаратах для химической, нефтегазовой, энергетической и атомной отраслей промышленности (воздухосборники, теплообменники, мерники, баллоны для опасных газов); установках, работающих под избыточным давлением (резервуары, цистерны и баки с перемешивающими устройствами); колонном и нестандартном крупнотоннажном емкостном оборудовании.

Уникальные ресурсосберегающие технологические системы водоочистки и водоотведения раз-

рабатываются на РУП «Элкорм». Это установки электролизной микрофльтрационной очистки подземных вод от растворенных в ней примесей, которая осуществляется без эжекторов, аэрационной колонны и компрессорного оборудования и обеспечивает экономию электроэнергии и обеззараживание воды в процессе фильтрации без дополнительного оборудования.

Для усиления кооперационного взаимодействия с промышленностью в 2024 г. на базе ФТИ НАН Беларуси создан Инновационно-технологический кластер промышленных технологий «Академтехноград», обеспечивающий эффективное комплексное сопровождение крупных инновационных проектов по различным направлениям. Решение вопросов по модернизации производств осуществляется на основе системного подхода – проводится не только точечное оснащение отдельными компонентами, системами управления, но и составление долгосрочных (на несколько лет) планов, включающих научно-технический аудит состояния оборудования и сопровождение переоснащения.

Важный вклад в экономику Республики Беларусь внесли работы по проектированию,

изготовлению и поставке оборудования индукционного нагрева. С 2023 г. ФТИ НАН Беларуси принимает участие в полной модернизации кузнечного производства ОАО «Минский завод шестерен». В 2023–2024 гг. разработаны и поставлены 14 кузнечных нагревателей мощностью 1000 и 500 кВт, которые позволили модернизировать действующее кузнечное производство, увеличить темп нагрева деталей и производительность при сокращении потребления электроэнергии на 30%.

В рамках выполнения хозяйственных договоров в 2023–2024 гг. ФТИ изготовлено более 30 единиц оборудования индукционного нагрева для всей номенклатуры производства ряда промышленных предприятий: Минский тракторный завод, БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», Борисовский завод агрегатов, Минский завод шестерен. Благодаря данным мероприятиям выполнена модернизация действующих термических и кузнечных

участков. В интересах Борисовского завода агрегатов разработана автоматизированная конвейерная технология, выпущено индукционное оборудование для нагрева под горячую запрессовку шестерен насосов.

Физико-техническим институтом и Объединенным институтом энергетических и ядерных исследований – Сосны разработаны технологии изготовления поковок метафизарного эндопротеза тазобедренного сустава с комплектом постановочного инструмента и радиационной стерилизации коленных и тазобедренных эндопротезов в окончательной (потребительской) упаковке, обеспечивающей требуемый уровень (10^{-6}) стерильности (SAL) изделий. Технологии внедрены в ЗАО «АЛТИМЕД».

В научной копилке НПЦ НАН Беларуси по материаловедению и Приборостроительного завода Оптрон – технология нанесения электроизоляционных материалов на основе магнитомягких

композитов. Указанное решение позволяет увеличить КПД электрической машины, снижая стоимость в 2 раза за счет более низкой цены материала и более дешевой технологии изготовления. Разработки Отделения физико-технических наук НАН Беларуси в сотрудничестве с отечественными производителями способствуют созданию инновационных высокотехнологичных материалов, оборудования и производств, востребованных в ключевых отраслях экономики страны. Это повышает конкурентоспособность белорусской промышленности, улучшает качество продукции и способствует увеличению ее экспортного потенциала. Высокая результативность деятельности Отделения по замещению критического импорта и созданию новых перспективных инноваций выражается примерно в двукратном росте объема работ за последние три года. ■

Бортовая автоматизированная система СВМ-420и

В рамках Государственной программы научных исследований «Механика, техническая диагностика, металлургия» на 2011–2015 гг., Государственной научно-технической программы «Машиностроение» на 2011–2015 гг. и хозяйственного договора с ОАО «БЕЛАЗ» в Объединенном институте машиностроения Национальной академии наук Беларуси создана борто-

вая автоматизированная система СВМ-420и безразборной оценки технического состояния редукторов мотор-колес (РМК) карьерных самосвалов БЕЛАЗ с беспроводной передачей данных. Она предназначена для диагностики тяжело нагруженных зубчатых передач РМК и позволяет непрерывно мониторить функционирование этих узлов в условиях карьерной эксплуатации машины,

определять их остаточный ресурс и своевременно предупреждать водителя о предаварийном состоянии.

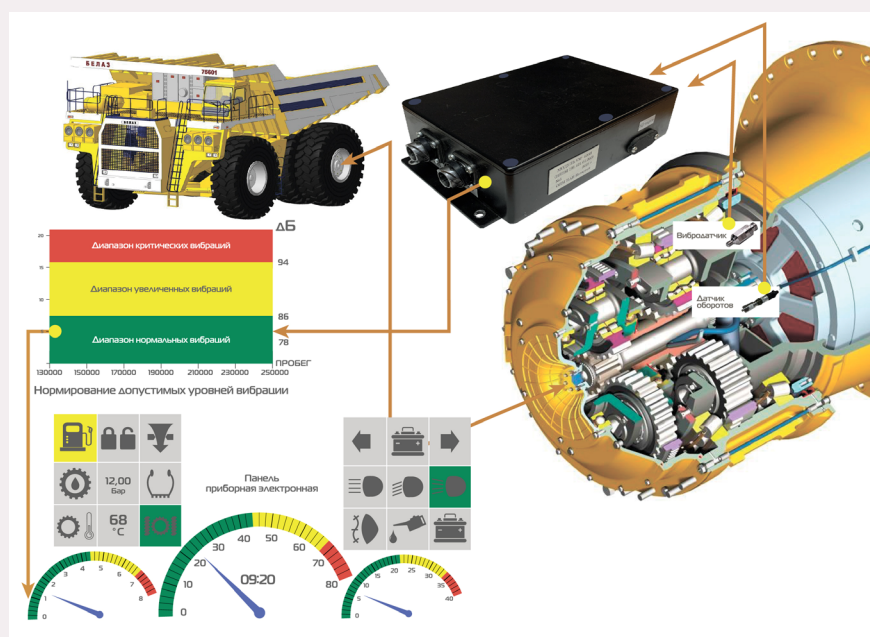
К тому же с помощью CAN-шины система легко интегрируется в бортовую контрольно-диагностическую систему самосвалов БЕЛАЗ и передает данные посредством GSM-связи сервисным службам карьера и на сервер ОАО «БЕЛАЗ», функционируя

в составе комплекса «Интеллектуальная система глобального мониторинга и прогнозной аналитики БЕЛАЗ».

Особенностями СВМ-420И являются: надежная передача данных в условиях прерывания и нестабильности сотовой связи, а также значительных объемов информации для обеспечения амплитудно-частотного анализа вибрации критичных элементов редуктора; использование обратной связи для дистанционного управления системой с сервера. Все это позволяет разделить получаемые сведения на два уровня: начальный – ведение на борту самосвала оперативного контроля общего технического состояния редуктора с визуализацией на панели приборов машины предупреждающих сигналов оператору (водителю); углубленное диагностирование – выявление дефектов на уровне узлов и элементов РМК на компьютерах эксплуатирующих и обслуживающих организаций.

Комплект вибромониторинга СВМ-420И изготовлен из материалов и по технологиям, соответствующим современному уровню производства изделий электронной техники и мехатроники, а также общим техническим требованиям БЕЛАЗа – ТТ 600–229–2013. Узлы печатного монтажа (электронные платы) модуля VM-420И произведены на специализированном предприятии «НАНОТЕХ», датчики вибрации собраны на основе акселерометров A603C01 российской фирмы «ВИБРОТЕСТ».

Существенным отличием разработки от известных отечественных и зарубежных аналогов является возможность оценки технического состояния приводных механизмов мобильных машин в условиях их работы при пере-



менных нагрузках и скоростях движения. Благодаря беспроводной передаче данных система СВМ-420И позволяет диагностировать техническое состояние редукторов мотор-колес самосвалов практически в любой точке планеты. Службы, связанные с их обслуживанием, могут контролировать ресурс техники, проводить оценку экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации, планировать проведение ремонтно-восстановительных мероприятий, организовывать распределение запасных частей, необходимых для формирования одиночного, группового и ремонтного комплектов, снижать численность персонала в этой сфере.

Применение бортовой системы вибромониторинга обеспечивает повышение технической готовности машин, сокращает время их технического обслуживания на 15–17%, поиска неисправностей в 1,5–2 раза, увеличивает среднюю наработку на отказ не менее чем на 10–15%.

Оснащение такой системой является ключевым условием

для перехода от высокозатратных планово-предупредительных ремонтов техники к обслуживанию по фактическому состоянию, что значительно снижает эксплуатационные затраты потребителя на ее поддержание в рабочем состоянии, а значит повышает привлекательность и конкурентоспособность машин.

Партия бортового комплекта вибромониторинга СВМ-420И (10 штук) передана на ОАО «БЕЛАЗ» для опытной эксплуатации (карта опыта) в составе комплекса «Интеллектуальная система глобального мониторинга и прогнозной аналитики БЕЛАЗ». В настоящее время 10 самосвалов грузоподъемностью 130 т, оснащенных такими установками, в тестовом режиме работают в карьерах России. ■

Н. Ишин,
начальник НТЦ «Карьерная техника»
ОИМ, д.т.н.
В. Адашкевич,
зав. отраслевой лаборатории
по исследованиям, проектированию
и испытаниям электромобилей
и базовых компонентов
электропривода ОИМ

Инновационное оборудование и технологии ионного азотирования

К основным средствам высокопроизводительного упрочнения поверхности массовых деталей из сталей и чугунов относятся методы ионно-плазменной химико-термической обработки (ХТО), прежде всего ионного азотирования. В 2005 г. учеными ФТИ НАН Беларуси было разработано требуемое для их реализации оборудование. Оно до сих пор используется в ОАО «МЗКТ». Затем на протяжении нескольких лет эту технологию «распробовали» еще на ряде предприятий: ОАО «Гомсельмаш», «МАЗ», «Могилевлифтмаш», УЧНПП «Технолит» (г. Могилев), ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством».

В 2014 г. специалисты ОАО «БЕЛАЗ» приобрели установку ионного азотирования для выполнения упрочняющей обработки серийных тяжело нагруженных шестерен, а по прошествии 9 лет заказали у института еще один комплекс, предъявив максимально высокие требования не только к его технологическим возможностям, но и к дизайну. Эти требования были выполнены, и в 2024 г. оборудование введено в эксплуатацию. Оно имеет 3 независимые зоны внешнего нагрева, автономные системы получения азота и водорода, а также систему ускоренного охлаждения упрочненной садки деталей.

В 2025 г. начнется использование установки ионной ХТО в ОАО «СтанкоГомель».

Важно отметить, что по заказам университетов страны – БарГУ

и БНТУ – созданы еще 2 полупромышленные установки ионной ХТО. На них выполняются обучение, экспериментальные исследования студентов, магистрантов, аспирантов, а также оказываются услуги по упрочняющей обработке заказчикам.

В Физико-техническом институте заложены научные основы разработки ресурсосберегающего оборудования и технологий ионной химико-термической обработки деталей из сталей, чугунов, титановых сплавов для машиностроения, инструментального производства, сельскохозяйственной техники. Они позволяют повысить стабильность результатов упрочнения, в 3–4 раза сократить затраты и длительность изготовления изделий по сравнению с традиционными методами ХТО.

Принцип ионной ХТО заключается в том, что в разряжен-

ной, при давлении 150–1000 Па, газовой среде, содержащей азот или углерод, между катодом (деталью) и анодом (стенками вакуумной камеры) возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы), формирующую упрочненный слой. Нагрев деталей до требуемой температуры в диапазоне 350–600 °С обеспечивается тлеющим разрядом.

Отличительной особенностью технологий ионного азотирования на создаваемом в ФТИ НАН Беларуси промышленном оборудовании является управление химической активностью разряда и величиной рабочего давления в зависимости от площади поверхности деталей обрабатываемой садки и температуры азотирования. По мере увеличения площади давление снижается



ОАО «БЕЛАЗ» (оборудование поставлено в 2015 и 2024 гг.), проводится обработка зубчатых колес

для обеспечения аномальности разряда. А для сохранения химической активности разряда доля азота в составе смеси увеличивается, чтобы сохранить постоянную плотность потока газа независимо от суммарной упрочняемой площади. Такой подход позволяет воспроизводить результаты обработки независимо от степени загрузки камеры, что особенно актуально в условиях серийного выпуска изделий.

Управление установкой и контроль за ходом процесса осуществляется автоматически по заданной программе с использованием

контроллеров и возможностью удаленного доступа.

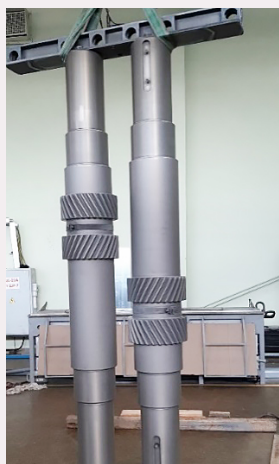
Регулирование строения азотированного слоя при ионной ХТО достигается изменением плотности потока азота в плазме, поддерживая который на уровне его растворимости в той или иной фазе (α , γ') можно получать азотированный слой, состоящий только из α -твердого раствора либо из γ' -нитридного слоя и диффузионного подслоя. Для каждой марки стали существует определенный диапазон значений плотности потока, обеспечивающий предельную концентрацию азота в α -твердом растворе. При

этом на поверхности не образуется γ' -слой, характеризующийся низкой диффузионной подвижностью в нем азота. Получение его предельной (по растворимости) концентрации обеспечивает ускоренный рост зоны внутреннего азотирования.

После ионной обработки микротвердость поверхности сталей составляет: HV0,05–660–1300, глубина упрочненного слоя – 100–800 мкм и соответственно HV0,05–750–1100 и 100–150 мкм для титановых сплавов. Свойства материалов зависят от марки сплава (то есть содержания легирующих элементов) и режимов азотирования. Такая обработка способствует значительному повышению износостойкости, сопротивления задиру и усталости изделий. Варьируя состав газа, давление, температуру и время выдержки, можно получать слои заданной структуры и фазового состава.

В ФТИ освоено производство различных типов установок ионной ХТО для упрочнения деталей с размерами от нескольких миллиметров до 3 м, а также по запросу заказчика еще больших габаритов.

Пользователями услуг института по части азотирования, цементации, нитроцементации являются более 200 предприятий страны, оборудование поставлено в Россию – АО «Волгодизельмаш» (г. Балаково), АО «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (г. Волгодонск), «Завод БКУ» – филиал ООО «Уралмаш НГО Холдинг» (г. Тюмень). 



«Завод БКУ» – филиал ООО «Уралмаш НГО Холдинг», г. Тюмень (оборудование используется с 2021 г.), обработка вал-шестерен (в вакуумной камере шахтного типа) и зубчатых колес для насосов буровых установок (в камере колпакового типа).

И. Поболь,
начальник отдела
электронно-лучевых технологий
и физики плазмы ФТИ, д.т.н.

Полимеры для машиностроения

Из всего многообразия материалов, используемых в технике, особое место занимают фрикционные, поскольку именно они в значительной мере обеспечивают надежность и комфортность эксплуатации машин, безопасность движения и производства. Это широкий класс искусственных композиций, предназначенных для диссипации или передачи механической энергии и используемых для изготовления тормозов, фрикционных дисков трансмиссий, накладок муфт сцепления, фрикционных вкладышей, натяжителей и демпферов. Такие новые наукоемкие компоненты, предназначенные в первую очередь для машиностроения, способны поддержать и повысить конкурентоспособность продукции отечественных предприятий, а также снизить их зависимость от импорта.

В результате фундаментальных исследований, выполненных в рамках государственных научных программ, в отделе «Фрикционное материаловедение» Института механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси созданы полимерные безасбестовые фрикционные композиционные материалы широкого спектра применения для узлов стационарного и нестационарного трения, предназначенные для работы как в сухих, так и в жидких, в том числе агрессивных средах.

В рамках проекта Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь в институте впервые в стране образован опытно-экспериментальный участок по производству таких материалов и изделий из них, специализирующийся на выпуске мелкосерийной и уникальной продукции, которая поставляется на отечественные предприятия и на экспорт по 24 техническим условиям. Вся она импортозамещающая и экспортно-ориентированная. Коммерческие составы и способы их получения

защищены более чем 40 патентами Республики Беларусь и РФ.

Наиболее крупным потребителем разработок является ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Выпускаемые в институте тормозные колодки, фрикционные диски, втулки и накладки используются для комплектации технологических машин, применяемых практически на всех стадиях производства металлокорда. Внедрение 54 наименований фрикционных изделий (рис. 1а), закупаемых ранее по импорту, позволило за последние 10 лет получить экономии валютных средств в сумме около 5 млн долл., существенно уменьшить шум узлов технологического оборудования и тем самым снизить шумовое загрязнение в цехах завода. Важнейшим преимуществом является снижение зависимости от критического импорта и обеспечение технологической безопасности предприятия.

Для машиностроительной отрасли наиболее значимы созданные в ИММС материалы для тракторов ОАО «МТЗ»

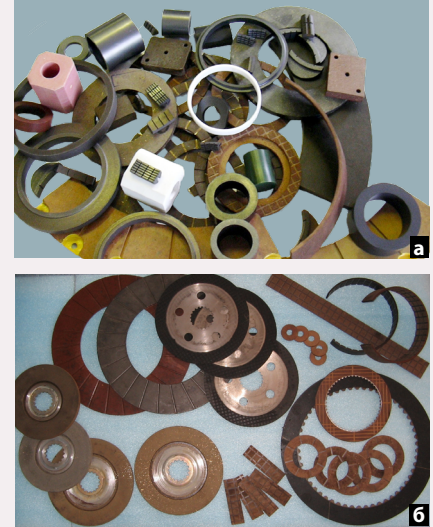


Рис. 1. Изделия для фрикционных узлов трения: а – технологического оборудования ОАО «БМЗ»; б – колесных тракторов «Беларус»

и кормоуборочной техники ОАО «Гомсельмаш» – фрикционные накладки муфты сцепления, эластичные фрикционные накладки вала отбора мощности, фрикционные диски гидромеханической коробки перемены передач, реверса и муфты сцепления, работающей в масле, муфт блокировки дифференциала, ведомые диски «сухих» сцеплений, фрикционные шайбы привода подачи топлива, тормозные диски (рис. 1б). Последние по эффективности действия тормоза и износостойкости материала удовлетворяют требованиям Директивы 76/432 ЕЭС с поправкой 96/63. Институт выпускает и поставляет тормозные накладки и фрикционные диски для тракторов «Беларус» мощностью до 9,6 кВт (ОАО «Сморгонский агрегатный завод») и фрикционные втулки жаток для комплектации кормоуборочной техники «Гомсельмаш».

Среди уникальных разработок, не имеющих аналогов в странах СНГ, стоит отметить накладки для комплектации рабочих и стояночных дисковых тормозов лебедки буровых установок, обеспечивающие их надежность в режимах бурения, спуско-подъемных операций, компоновки низа бурильной колонны, каротажа, а также требуемую фрикционную эффективность при попадании в зону трения нефтепродуктов, абразива, буровых и солевых растворов. Диапазон эксплуатации – 213–593 К, в том числе при знакопеременных температурных режимах работы и ударных нагрузках. Испытаны в климатических условиях Беларуси и крайнего Севера. Изделия получили одобрение изготовителя буровых установок «Drillmes» (Италия). Институт осуществляет их серийные поставки на «Белоруснефть» взамен закупаемых ранее по импорту в США (рис. 2).

Для многодисковых маслоохлаждаемых тормозов и фрикционных дисков гидромеханической коробки перемены передач карьерных самосвалов «БЕЛАЗ» грузоподъемностью 55–320 т и энергоемких тракторов «Беларус» коллективом ИММС созданы фрикционные материалы на полимерной основе. Стендовые испытания показали, что их допустимая удельная работа трения составляет 1,9 МДж/м², что удовлетворяет требованиям Директивы ЕЭК 76/432. Полимеры снижают вероятность срыва масляной пленки на контактной поверхности и уровень шума дисковых тормозов на 4–6 дБА, обеспечивают коэффициент динамического трения в масле 0,12–0,13 и минимальный динамический удар при включении/выключении тормозов (рис. 3).

Закономерным итогом выполненных в институте исследований в области виброакустики трения

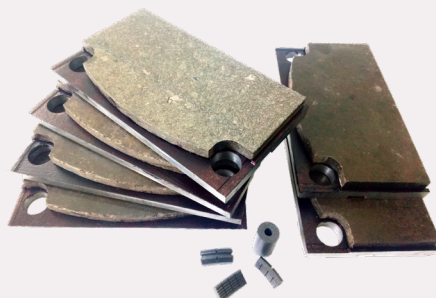


Рис. 2. Накладки тормозные для дискового тормоза буровых установок

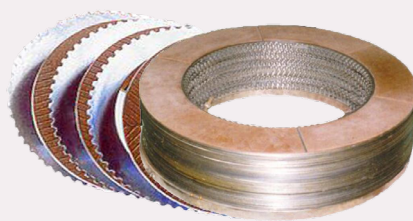


Рис. 3. Комплект маслоохлаждаемых тормозных дисков для карьерной техники

стали новые экологически безопасные фрикционные композиты и изделия из них с улучшенными характеристиками для комплектации уникальных технологических машин зарубежного производства, применяемых при выпуске металлокорда на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», зерно- и кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш», точных металлообрабатывающих станков ОАО «Станко-Гомель», технических устройств аэропортов и железных дорог. ИММС является сертифицированным поставщиком бесшумных тормозных элементов для механизмов управления закрылками самолетов семейства «Туполев» на Казанский авиационный завод имени С.П. Горбунова, АО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск), ЦКБ АО «Туполев». Все самолеты этой линейки комплектуются деталями, изготовленными в институте. Одна из последних разработок – материал для фрикционных

колец, используемых в конструкции стакана расходомера насосов в среде авиационной жидкости для гидравлических систем самолета, первая партия которых отправлена в РФ.

Номенклатура выпускаемых в Институте механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси изделий фрикционного назначения составляет более 80 наименований, ежегодный объем – 22–49 тыс. штук. Они поставляются на ЧПУП «Метрасалес» для комплектации молоконасосов, ОАО «Полоцкстекловолокно» для пропиточных машин, ООО «Танис» для оплеточных натяжителей, РУП «Национальный аэропорт Минск» для установки в телескопические трапы, НПО «Машиностроение» (РФ), КУП «Гомельский парк» для комплектации тормозами детских аттракционов и на ряд других предприятий.

В настоящее время принят ряд международных документов и нормативных правовых актов, ограничивающих или запрещающих в целях защиты окружающей среды использование в различных составах тяжелых металлов и других традиционных металлосодержащих наполнителей. Эти законодательные меры формируют новые направления научного поиска в профильном материаловедении. В ИММС проводятся фундаментальные исследования и получены первые прикладные результаты, направленные на разработку новых фрикционных материалов, соответствующих принятым международным экологическим нормам, которые позволят в будущем сохранить конкурентоспособность и репутацию отечественного машиностроения. ■

В. Сергиенко,
завотделом «Фрикционное
материаловедение» ИММС
им. В.А. Белого

Спеченные фрикционные материалы для автотракторного и железнодорожного транспорта

Важную роль в автотракторной, дорожно-ремонтной и строительной технике играют тормозные и передающие узлы, ответственным элементом которых являются фрикционные диски (рис. 1). Требования к их эксплуатационным характеристикам возрастают по мере создания более прогрессивных машин и механизмов. Ресурс работы дисков определяется свойствами материалов, из которых они сделаны, и нагрузочно-скоростными режимами их эксплуатации. В связи с этим все большую актуальность приобретают спеченные фрикционные композиты, работающие в широком диапазоне скорости скольжения 5–15 м/с, давления 2–6 МПа, температуры 80–150 °С, а также при наличии или отсутствии смазки (при возможности возникновения аварийного режима).

Их единственным разработчиком в Республике Беларусь является Институт порошковой металлургии имени акаде-

мика О.В. Романа, где в лаборатории «Фрикционные материалы» с 1972 г. проводятся тематические исследования, касающиеся закономерностей влияния физико-химических параметров металлической матрицы, добавок функционального назначения на теплофизические, триботехнические и физико-механические свойства, установления механизмов износа пары трения в конкретных условиях сухой и граничной эксплуатации.

За последние годы лабораторией были созданы и внедрены в серийное производство новые фрикционные материалы для ОАО «Белорусский автомобильный завод», ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Гомельский электротехнический завод».

В интересах БЕЛАЗа получен состав марки ФМ-15 (рис. 2) для применения в гидротрансформаторе коробки передач. Он предназначен для направления механической энергии от двигателя через цирку-

лирующий поток жидкости и автоматически бесступенчато изменяет в определенных пределах угловую скорость и передаваемый крутящий момент в зависимости от нагрузки на колеса самосвала. При этом становятся доступными малые скорости движения автомобиля с увеличенным тяговым усилием на ведущих колесах, обеспечивается устойчивая работа двигателя и снижается динамическая нагрузка в трансмиссии. Фрикционные диски из нового материала, установленные и эксплуатируемые в гидротрансформаторе БЕЛАЗ-7555Е грузоподъемностью 60 т, показали высокие эксплуатационные свойства. Этот же состав применен в фрикционах погрузочно-доставочной машины МоАЗ-40751 грузоподъемностью 16 т и погрузочно-транспортной шахтной МоАЗ-75851 грузоподъемностью 50 т с электронно-гидравлической системой автоматического управления. В 2022–2024 гг. выпущено фрикционных дисков на сумму 198 тыс. руб.



Рис. 1. Фрикционные диски со спеченным фрикционным материалом

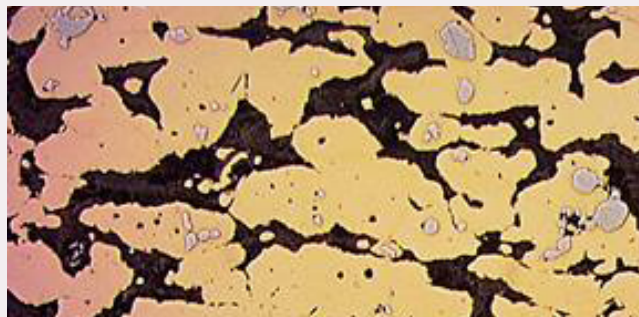


Рис. 2. Микроструктура спеченного фрикционного материала ФМ-15



Рис. 3. Снегоуплотнительная машина «Беларус» МСУ-108

В институте также освоен выпуск по полному циклу двух колодок стояночного тормоза самосвала БелАЗ, где применен фрикционный материал с повышенным значением статического трения, исключающего самопроизвольное проскальзывание. Еще одна инновация – технологическое решение крепления данного материала к стальной несущей основе через промежуточный подслои гальванической меди, особенность и новизна которого заключалась в получении требуемого значения прочности соединения со стальной основой и обеспечении при этом высокой производительности процесса. С 2022 по 2024 г. реализовано таких колодок на 220 тыс. руб.

В период с 2015 по 2017 г. в лаборатории «Фрикционные материалы» для основной линейки тракторов Минского тракторного завода был разработан материал под маркой ФМ-12, характеризующийся высоким значением динамического трения 0,07–0,08, статическим коэффициентом трения 0,110–0,115, низким износом 2–4 мкм/км. На опытном производстве института освоен серийный выпуск 3 типоразме-

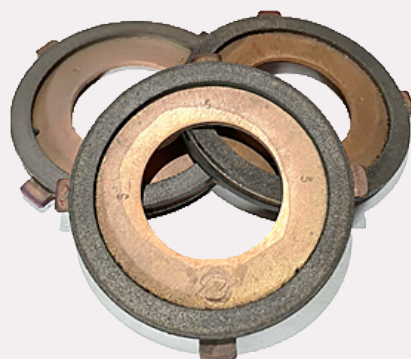


Рис. 4. Фрикционные диски муфты стрелочного перевода СП-6

ров фрикционных дисков, которыми комплектуются основные узлы трения тракторов, с годовым объемом до 100 тыс. штук. В месяц их производится на сумму 100–125 тыс. руб., и этот показатель ежегодно увеличивается.

На ОАО «Минский тракторный завод» подготовлена конструкторская документация и создан опытный образец снегоуплотнительной машины «Беларус» МСУ-108 (рис. 3), укомплектованный бортовым редуктором с маслоохлаждаемым (стояночным) тормозом с фрикционными дисками, произведенными Институтом порошковой металлургии имени академика О.В. Романа. Их особенностью

является запатентованный состав фрикционного материала ФМ-20 и технологические решения получения заданной конструкции маслоотводящих каналов при минимальном изменении геометрических параметров шлицевого соединения. Таких деталей для МТЗ изготовлено на сумму порядка 10 тыс. руб.

Совместно с ОАО «Гомельский электротехнический завод» разработан и внедрен в стрелочный перевод новый состав спеченного фрикционного материала на основе железа. Он характеризуется стабильностью триботехнических свойств в широком диапазоне температур (от -25 °С до 40 °С), влажности (от 50% до 90%), высоким ресурсом работы. В 2022–2024 гг. поставлено на серийную сборку таких изделий на сумму порядка 25 тыс. руб. (рис. 4).

Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа зарекомендовал себя не только как ведущее научное учреждение по созданию инновационных фрикционных материалов для нужд автотракторных и железнодорожных предприятий Республики Беларусь, но и как изготовитель и поставщик продукции для них, отвечающей по качеству и надежности работы лучшим мировым образцам. Проведенная модернизация производства, использование современного оборудования позволяют коллективу решать самые сложные задачи по выпуску фрикционных дисков широкой номенклатуры и типоразмера.

А. Ильющенко,
директор Института порошковой
металлургии имени академика
О. В. Романа, академик,
А. Роговой,
заведующий НИЛ
фрикционных материалов

Отделение химии и наук о Земле

Интересы исследователей в области химии и наук о Земле охватывают не только изучение механизмов химических реакций, синтез лекарственных препаратов и создание новых экологически чистых материалов и технологий, но также устойчивое управление природными ресурсами, их эффективное использование и заботу об экологии и экологической безопасности.

Значимые достижения химии и наук о Земле



Алексей Труханов,
академик-секретарь Отделения химии
и наук о Земле НАН Беларуси,
доктор физико-математических наук

Научное обеспечение отраслей народного хозяйства страны организациями Отделения химии и наук о Земле НАН Беларуси определено приоритетными направлениями научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. и основано на результатах работы коллективов 9 организаций, на базе которых функционируют 10 междисциплинарных научно-исследовательских лабораторий (центров) и научно-технологических кластеров под руководством ведущих ученых, 21 участок по выпуску разрабатываемой продукции, 6 филиалов кафедр в вузах страны, 4 отраслевых лаборатории.

Комплексные исследования выполнены в части создания новых видов высокоэффективных конкурентоспособных химических и композиционных материалов, полимерных структур, технологий комплексной переработки минерального сырья и отходов производства. Для оценки вклада Отделения в реальный сектор экономики приведем примеры внедренных разработок.

В Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси (ИОНХ) создана технология производства растворимого бесхлорного калийного удобрения – сульфата калия на основе отечественного сырья – хлорида калия (производство ОАО «Беларуськалий») и сульфата аммония (ОАО «Гомельский химический завод»).

На опытном участке ИОНХ выпущена опытная партия (100 кг) удобрения с содержанием основного вещества более 97%. Дополнительная перекристаллизация продукта обеспечивает получение сульфата калия с чистотой свыше 99%, который может использоваться как полностью водорастворимое моноудобрение в технологиях капельного полива для тепличных хозяйств и являться базовым для линейки полностью растворимых NPK-удобрений. Новинка готова к тиражированию в опытно-промышленном и промышленном масштабе.

В развитие сотрудничества с регионами Российской Федерации разработана опытно-промышленная технология выпуска высокочистого сульфата калия (99,7–99,9%) из технического

сульфата (с содержанием основного вещества 95,6%), полученного из полиминеральной и полигалитовой руды Нивенского месторождения калийно-магниевого солей Калининградской области. Удаление примеси сульфата магния и высокая совместимость сульфата калия с фосфатами (без выделения нерастворимого осадка фосфата магния) позволяют использовать его для фертигации – внесения жидких комплексных удобрений, пестицидов при поливе.

Готовится обоснование рациональной технологии переработки фосфоритных руд месторождения Мстиславльское Могилевской области для производства качественных фосфорных и комплексных удобрений. В ближайшее время будут отработаны технологические режимы основной флотации с получением концентрата фосфорного компонента (с содержанием P_2O_5 не ниже 24%), соответствующего требованиям ОАО «Гомельский химический завод».

В Институте физико-органической химии НАН Беларуси (ИФОХ) в рамках договора с крупнейшим производителем гофроупаковки в стране ИООО «ВЕЛПАК-Кобрин» разработана новая мембранная технология очистки производственных сточных вод от красителя, спроектирована и изготовлена контейнерная станция для данных целей.

На производственном участке получения реагентов для биоаналитических приложений ГП «Научно-технологии и техника» освоен твердофазный синтез модифицированных олигонуклеотидов (подпрограмма «Инновационные биотехнологии»

на 2021–2025 гг.). Синтезированы два модельных олигонуклеотида с N-ацетилгалактозаминальными фрагментами (по 250 мкг каждого), что можно рассматривать как технологическую основу для новых РНК-препаратов, в том числе для диагностики онкологических заболеваний, а также лечения редких (орфанных) недугов.

В Институте биоорганической химии НАН Беларуси (ИБОХ) разработаны опытные образцы биопрепаратов на основе кольцевых ДНК, содержащие гены-модуляторы ангиогенеза (процесс образования новых кровеносных сосудов в органе или ткани) для лечения ишемии конечностей. Результаты получены в сотрудничестве с Институтом физиологии, Институтом биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси при выполнении отдельного проекта фундаментальных и прикладных исследований Академии наук (2022–2024 гг.). Проведен дизайн генетических конструкций, синтезированы гены ключевых модуляторов ангиогенеза VEGF и ANG-1, доказана терапевтическая активность кольцевой ДНК на моделях *in vivo* и впервые в мире получен гибридный ген VEGF-ANG-1.

Также в ИБОХ в рамках подпрограммы «Химические продукты и молекулярные технологии» ГП «Научно-технологии и техника» на 2021–2025 гг. разработан подход к клеточной терапии нейробластомы (злокачественной опухоли симпатической нервной системы) с использованием химерных антигенных рецепторов (CAR T-клеток). Показано, что они обуславливают более безопасное и эффективное лечение за счет точного

уничтожения опухолевых клеток при меньшей токсичности.

В Институте химии новых материалов НАН Беларуси (ИХНМ) в соответствии с договором с РУП «Минская печатная фабрика» Гознака Министерства финансов Республики Беларусь создаются импортозамещающие материалы, а также методики их обработки и контроля качества для систем защиты ценных бумаг и акцизных марок. Модернизируется технология для получения качественного узорного алюминиевого покрытия на рулонных полимерных пленках с голографическим изображением: разработана методика контрольного травления голографической фольги с помощью травильного раствора различного состава, а также методика контроля поверхности слоя металлизации на наличие загрязнений, дефектов нанесения и обработки.

В рамках договора ИХНМ с ОАО «СветлогорскХимволокно» совершенствуются способы модификации волокон и ткани Арселон для улучшения их физико-механических и огнезащитных характеристик. Представлены методы синтеза новых антипиренов (компонентов, добавляемых в материалы органического происхождения для обеспечения огнезащиты) для ткани Арселон – бромсодержащих ароматических полимерных эфиров фосфорной кислоты. Показано, что включение данных составов влияет на физико-механические свойства арселонного волокна (увеличение кислородного индекса и устойчивости к атмосферным воздействиям, а также повышение усилия на разрыв). Эти работы являются продолжением сотрудничества ИХНМ

и ОАО «СветлогорскХимволокно» по созданию функциональных добавок в арселонные изделия. Так, разработанная ранее (ГНТП «Малотоннажная химия») технология получения УФ-светостабилизатора – динатриевой соли 4,4-азобензолдикарбоновой кислоты – позволила выпустить в 1–3 кварталах 2024 г. 104,3 т качественной термостойкой арселоновой ткани на сумму 9346,39 тыс. руб. Более 94,2 т инновационной продукции поставлено на экспорт предприятиям Российской Федерации, Германии и Израиля.

В Институте природопользования НАН Беларуси создана опытная установка по скважинной технологии добычи сапропеля из-под торфа, в значительной степени сокращающая производственные затраты. Ее испытания проведены в полевых условиях на месторождении Гала-Ковалевское (Пуховичский р-н). Окупаемость капитальных затрат на участок по скважинной добыче сапропеля – менее одного года. Экологические преимущества новой технологии демонстрирует незначительное воздействие на болотные ландшафты. Расчеты показывают, что за теплый период года производительность с помощью легкого портативного оборудования составит 1,5–2 тыс. т, при использовании геотекстильных контейнеров – 1–1,2 тыс. т сапропеля.

Также в Институте природопользования НАН Беларуси разработана технология получения нового таргетного препарата инсектицидного действия «Кисет» на основе продуктов химической деструкции табачной пыли. Проведены его испытания на яровом и озимом рапсе



Фото Сергея Дубовика



Фото Сергея Дубовика

с последующей государственной регистрацией, производство освоено на ЧП «ЧервеньАГРО». Биологическая эффективность препарата на яровом и озимом рапсе против рапсового цветоеда составила 52,6–75,9%, семенного скрытнохоботника – 69,2–82,1%, семенного капустного комарика – 53,7–68,2%. Показано, что средство обладает не только инсектицидным, но и ростостимулирующим действием: отмечено увеличение урожайности маслосемян рапса на 17,4–21,7% и повышение содержания в них масла на 1,1–2,4%. Препарат безопасен для насекомых-опылителей (пчел).

Эффективность сотрудничества академической науки и производства подтверждают результаты работы отраслевой лаборатории качества кормов Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси. Выявлены особенности накопления потенциально токсических элементов в почвах и растительности, в том числе пищевого и лекарственного назначения, в постпирогенных и экологически проблемных зонах юго-запада республики. Дана оценка качества кормов, заготавливаемых предприятиями АПК Брестской области, по биогеохимическим критериям с помощью 46 калибровочных моделей. Отраслевая лаборатория института сотрудничает со 182 сельскохозяйственными предприятиями 20 районов Брестской, Минской, Гомельской и Гродненской областей, выполняя анализ образцов консервированных кормов (сенаж, силос) по 43 показателям, включая определение содержания биологически значимых макро- и микроэлементов.

Также ведется разработка и апробация питательных субстратов из органомненных отходов для улучшения городских земель (РНТП «Инновационное развитие Брестской области» на 2021–2025 гг.). На базе Барановичского городского ЖКХ изучены состав и свойства отходов и оценена их пригодность для производства грунта питательного путем компостирования, который применяется в качестве модификатора почв для улучшения озеленения и экологического состояния городских земель г. Барановичи.

В Хозрасчетном опытном производстве Института биоорганической химии НАН Беларуси разработана технология промышленного изготовления тест-систем для выявления антител (IgG и IgM-классов) к вирусу гепатита Е у человека и животных с использованием иммуноферментного метода анализа (ИФА) (подпрограмма «Химические продукты и молекулярные технологии» ГП «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.). Проведены медицинские и ветеринарные испытания ИФА-наборов. Осуществлена государственная регистрация в Минздраве наборов ИФА-анти-ВГЕ-IgG человека (РУ №ИМ-7.114807) и ИФА-анти-ВГЕ-IgM человека (РУ №ИМ-7.114806) с постановкой на производство.

В рамках подпрограммы «Химические продукты и молекулярные технологии» ГП «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг. разработана технология выпуска набора реагентов для определения раково-эмбрионального антигена в сыворотке крови человека методом ИФА.

По результатам конкурса за 2024 г. Государственный знак качества присвоен следующим наборам: для определения свободного тироксина в сыворотке крови человека методом радиоиммунологического анализа; специфического антигена предстательной железы в сыворотке крови человека методом иммунорадиометрического анализа; быстрых плазменных реагентов в сыворотке или плазме крови человека для диагностики заболеваний.

Государственным предприятием «АКАДЕМФАРМ» завершен комплекс научно-исследовательских и опытно-технологических работ, по результатам которых поданы в УП «ЦЭИЗ» комплекты документов регистрационного досье на Габапентин-НАН, ПентоксилОНГ, Тикагрелор-НАН, Флустоп КИДС, Кальцитриол-НАН. Начаты технологические работы по освоению в производстве на действующей площадке предприятия «АКАДЕМФАРМ» лекарственных препаратов ПентоксилОНГ, Габапентин-НАН.

Проведена государственная регистрация препарата Микофен-НАН (иммунодепрессивное средство для подавления иммунных реакций организма при пересадке органов и тканей с целью предупреждения их отторжения); биологически активной добавки к пище ЦИНК ХЕЛАТ (источник легкоусвояемого цинка для поддержания иммунной системы).

Организации Отделения химии и наук о Земле эффективно работают по заданным индикаторам: практико- и экспортоориентированность, импортозамещение, междисциплинарный характер сотрудничества. ■

Мембранные технологии на страже экологии

Ученые лаборатории мембранных процессов Института физико-органической химии НАН Беларуси решили проблему очистки производственных сточных вод крупнейшего предприятия по выпуску гофроупаковки в Беларуси – ИООО «ВЕЛПАК-Кобрин», изготавливающего 11 млн м² гофрокартона в месяц, 350 тыс. изделий и 18 тыс. комплектов в сутки.

Ранее наблюдалось превышение ПДК для сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения города, практически по всем показателям, поскольку туда после промывки оборудования попадали краски для флексографической и глубокой печати. Кроме того, вследствие высокого содержания красителя их было невозможно отфильтровать на центральных водоочистных сооружениях из-за

отравления активного ила. Долгое время предприятие не могло найти соответствующую технологию ни в России, ни в Беларуси.

Исследователи ИФОХ предложили использовать мембранные технологии для очистки сточных вод и рекуперации красителей для их повторного использования. Для подтверждения дан-



Рис. 1. Внешний вид образцов сточных вод (1) и фильтрата (2)

ной гипотезы были проведены лабораторные исследования по подбору мембран различной конфигурации, предела отсечения на основе различных полимеров, определены режимы процесса и регенерации мембран, проведен анализ очищенных вод. Была показана возможность концентрирования стоков в 30–90 раз в процессе ультрафильтрации. Полученные фильтраты практически бесцветны (рис. 1) и характеризуются приемлемыми показателями содержания органических веществ, тяжелых металлов и сухого остатка.

Ученые лаборатории разработали технологию очистки производственных сточных вод от красителя, спроектировали и изготовили контейнерную станцию для данных операций (рис. 2). После комплекса шеф-монтажных и пусконаладочных работ она успешно прошла приемочные испытания и была введена в эксплуатацию. Установлено, что прошедшая очистку вода по своим показателям соответствует нормам ПДК для ее сброса в канализацию. Полученные концентраты предложено использовать для разведения исходного красителя до нужных пределов, что существенно снижает объем отходов.

Разработкой заинтересовались аналогичные предприятия – производители гофроупаковки в России.

Данный проект – яркий пример успешного взаимодействия науки и промышленного сектора и ответственного отношения крупного производителя к вопросам охраны окружающей среды. ■

Т. Плиско,
завлаборатории мембранных
процессов ИФОХ, д.х.н.,
А. Бильдюкевич,
директор ИФОХ, академик



Рис. 2. Контейнерная станция мембранной очистки сточных вод от красителя

Качество продуктов – залог здоровья нации

Лаборатория химии белковых гормонов Института биоорганической химии НАН Беларуси осуществляет прикладные исследования в интересах пищевой биоаналитики по разработке методов и средств количественного определения антибиотиков и микотоксинов различных классов.

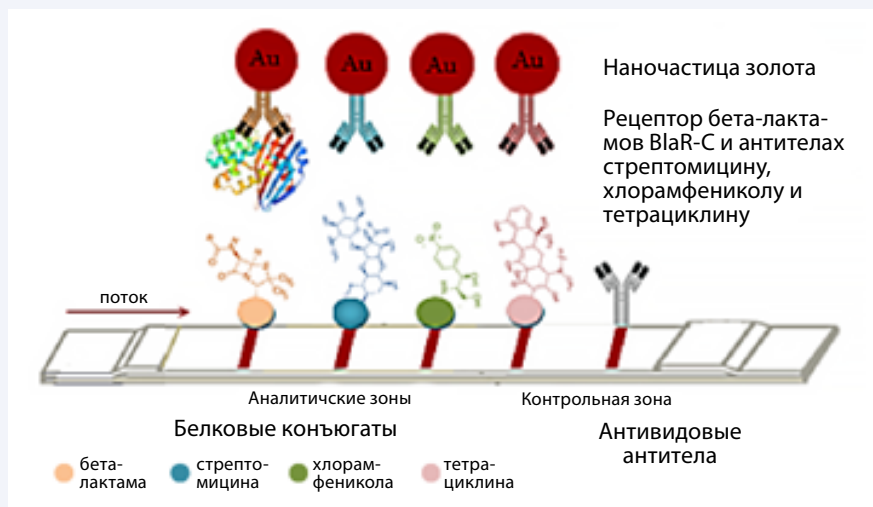


Рис. 1. Рецепторно-иммунная хроматографическая система мультиплексного анализа 54 классов антибиотиков

В нашей стране мониторинг продуктов питания и кормов обязателен и регламентируется законодательно установленными максимально допустимыми уровнями содержания нежелательных веществ в животноводческой продукции. Антибиотики остаются в пище животного происхождения из-за нарушения ветеринарных технологий и при длительном неконтролируемом ее потреблении вызывают серьезные расстройства здоровья человека. Кроме того, неправильное применение противомикробных препаратов создает условия для возникновения устойчивых к ним микроорганизмов. Еще большую

угрозу несут микотоксины – продукты жизнедеятельности плесневых грибов, паразитирующие на злаках, сухофруктах, орехах, специях и т.д. Как правило, эти микроорганизмы отличаются химической стабильностью и не разрушаются при термической обработке. В организм они попадают как непосредственно в результате употребления контаминированных продуктов, так и косвенно, например через молоко от коров, которых кормили зараженным кормом. Одни микотоксины вызывают острую интоксикацию, другие могут провоцировать возникновение онкологических заболеваний и имму-

нодефицита. Наиболее распространены и представляют угрозу для здоровья человека и скота афлатоксины, ократоксин А, патулин, фумонизины, зеараленон и ниваленол/дезоксиниваленол.

Научную основу разработанных в ИБОХ биоаналитических систем составляет оптимизированная исследователями реакция распознавания и нековалентного связывания анализируемых соединений специфическими белками, в качестве которых чаще всего выступают антитела, получаемые от экспериментальных животных путем иммунизации синтезированными в лаборатории химическими производными антибиотиков и микотоксинов. Инновационным направлением является использование в тест-системах *in vitro* бактериальных рецепторов антибиотиков, которые *in vivo* участвуют в жизнедеятельности микроорганизмов или играют ключевую роль в механизме антибиотикоустойчивости. Работы по извлечению таких рецепторов молекулярно-генетическими методами, их очистке и стабилизации проводятся совместно с Институтом микробиологии НАН Беларуси и РНПЦ эпидемиологии и микробиологии.

Другие инновации белорусских ученых в области пищевой биоаналитики касаются общих конструкций гетерофазных тест-систем на основе удобных в применении пластмассовых микропланшетов, способов синтеза конъюгатов антибиотиков с ферментом для детекции комплексобразования с участием антител или рецепторов, полезного расширения групповой специфичности анализа, увеличения его чувствительности и повышения воспроизводимости результатов. На базе производственного участка института созданы и развиваются

технологии полного цикла получения иммуноферментных или рецепторно-ферментных тест-систем мирового технического уровня с высокими аналитическими и эксплуатационными свойствами, обеспечивающие их эффективное использование в специализированных лабораториях, контролирующих безопасность пищевой продукции по содержанию микотоксинов и остаточных количеств антибактериальных препаратов.

Диагностическая панель представлена тест-системами, способными детектировать основные, наиболее распространенные в ветеринарии группы антибиотиков (в том числе беталактамы (пенициллины, цефалоспорины), аминогликозиды, хлорамфеникол, тетрациклины, полимиксины) и микотоксинов (афлатоксин В1, зеараленон, Т-2 токсин, фумонизин, охратоксин А, дезоксиниваленон).

Иммуноферментные тест-системы отвечают всем требованиям качества высокопроизводительного лабораторного анализа. Вместе с тем для обнаружения антибиотиков и микотоксинов все чаще применяется мембранохроматографический анализ с помощью тест-полосок. Он удобен, не требует специального оборудования, обеспечивает визуальную

детекцию, может проводиться в полевых условиях, на месте отбора проб, занимая не более четверти часа. Особое преимущество метода – возможность одновременного определения нескольких компонентов на одной тест-полоске. Именно такой формат анализа разработан в Институте биоорганической химии НАН Беларуси (рис. 1). Четыре главных антибиотика можно выявить, например, в сыром молоке за счет ингибирования ими специфического связывания золотых наночастиц, функционализированных рецепторами или антителами с адсорбированными конъюгатами бета-лактама, стрептомицина хлорамфеникола и тетрациклина в четырех аналитических зонах мембраны.

Тест-системы имеют технико-аналитический уровень лучших мировых образцов, превосходят зарубежные аналоги по некоторым эксплуатационным свойствам, показателям экологичности, широте перечней анализируемых данных, полностью отвечают установленным требованиям безопасности продуктов питания человека и кормов животных в части содержания антибиотиков и микотоксинов. Данные характеристики обуславливают конкурентоспособность биоаналитических изделий на рынках нашей страны и СНГ.

Потребителями диагностических наборов и тест-полосок являются предприятия Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; лаборатории и организации, проводящие санитарно-гигиеническую экспертизу; центры стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта; научно-исследовательские лаборатории. Наборы используются для ветеринарно-санитарной экспертизы и санитарно-гигиенического контроля содержания вредных веществ в продукции животного происхождения (молоке, продуктах из молока, мясе, рыбе).

Если в 2020 г. было продано 2986 наборов для анализа более 280 тыс. проб, то 2024 г. реализация составила 10 тыс. комплектов, достаточных для исследования почти миллиона проб (рис. 2).

В 2024 г. на Республиканском конкурсе творческих работ в номинации «Достижения химии и природопользования – Году качества» цикл «Химия, технология и серийный выпуск биоаналитических систем на основе антител и белков-рецепторов для контроля качества пищи и кормов по содержанию антибиотиков и микотоксинов» был удостоен диплома I степени.

В Беларуси и в дружественных странах широко применяются созданные и серийно выпускаемые институтом тест-системы для исследования сельскохозяйственной продукции животного происхождения, что вносит свой вклад в дело охраны здоровья населения, способствуя безусловному контролю качества и безопасности пищи и кормов на присутствие антибиотиков и микотоксинов. ■

Н. Башко,

ученый секретарь ИБОХ, к.б.н.

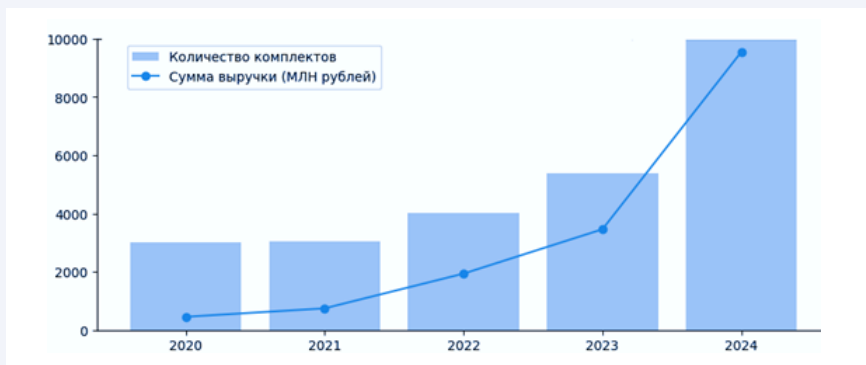


Рис. 2. Динамика и объем выручки от реализации диагностических наборов

Геоинформационная система повышения оправдываемости численного прогноза погоды для Беларуси



Около 40% ВВП Беларуси зависит от погодных условий, в первую очередь это относится к сельскому и лесному хозяйству, топливно-энергетическому комплексу, строительству, транспорту и коммуникациям, а также жилищно-коммунальному хозяйству. Снижению показателя на 0,4% ежегодно способствуют такие опасные атмосферные явления, как сильный ветер, ливневые дожди, град и экстремальные температуры.

Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с Белгидрометом в рамках государственной научно-технической программы «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности» на 2021–2025 гг. разработана автоматизированная система повышения оправдываемости гидродинамического прогноза погоды для территории нашей страны на основе данных спутникового и наземного дистанционного зондирования и объективного анализа метеорологических полей.

Специалистами института впервые реализована технология ассимиляции в мезомасштабную модель атмосферы WRF (Weather Research and Forecasting), применяемую в Белгидромете, данных радиоакустического и микроволнового зондирования (SODAR/RASS) профилей ветра и температуры в пограничном слое атмо-

сферы. Разработана новая цифровая модель подстилающей поверхности для территории Беларуси с возможностью динамического уточнения физических параметров почвенно-растительного покрова на основе оперативных спутниковых данных.

В опытную эксплуатацию внедрена информационная система «Автоматизированный программный комплекс контроля, подготовки и ассимиляции в численную модель прогноза погоды WRF-ARW геофизических данных о подстилающей поверхности по европейской территории». Согласно предварительным оценкам, динамическое уточнение параметров на основе оперативных спутниковых данных позволило сократить среднеквадратическую погрешность прогноза приземной температуры воздуха для сроков до +48 ч на 0,17–0,31 °C в сравнении с базовым прогнозом

WRF. Согласно протоколу апробации, с 01.01.2022 г. по 25.06.2024 г. отмечалось сокращение среднеквадратической ошибки прогноза приземной температуры для территории Беларуси на 1,2 °C и повышение его оправдываемости по ТКП на 10%.

Разработан и внедрен в опытную эксплуатацию в Белгидромет автоматизированный программный комплекс подготовки, контроля и ассимиляции в численную модель прогноза погоды WRF-ARW данных наземных температурно-ветровых профилей по территории Беларуси с применением методов машинного обучения для детектирования аномалий и коррекции систематических ошибок в ассимилируемых данных. Согласно протоколу апробации разработки за период с 01.01.2022 г. по 25.06.2024 г., отмечено уменьшение среднеквадратической

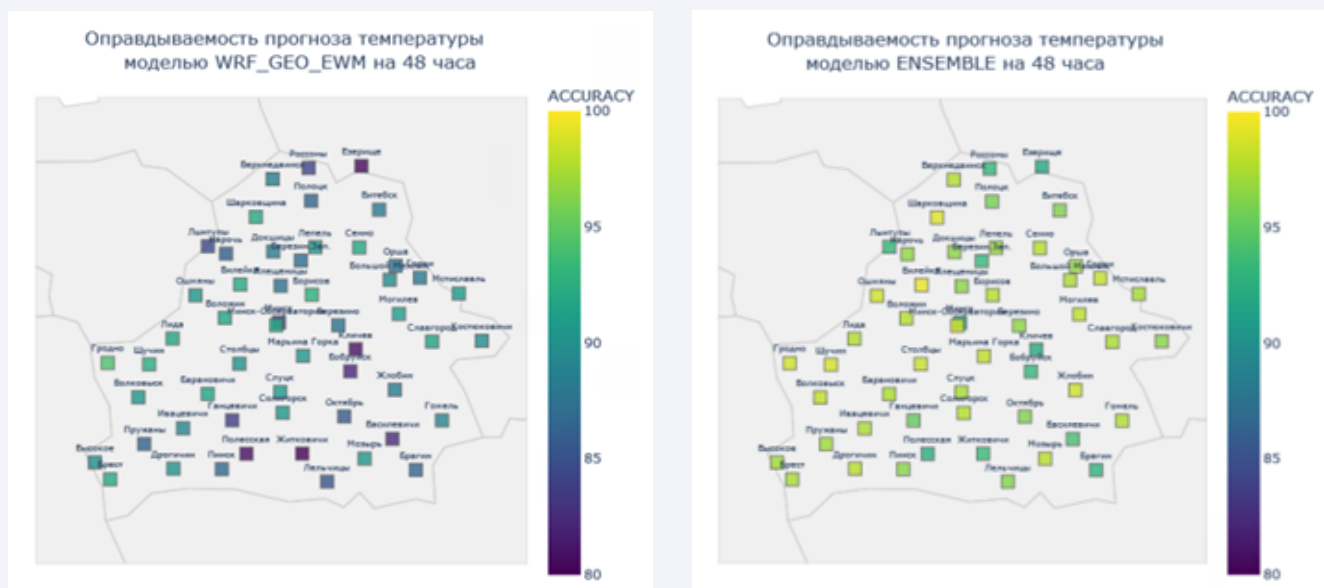


Рисунок. Оценки оправдываемости численного прогноза приземной температуры мезомасштабной гидродинамической моделью WRF до и после коррекции ее прогнозов на основе расчетов ансамбля глобальных моделей

ошибки краткосрочного прогноза приземной температуры воздуха на $0,4^{\circ}\text{C}$ и повышение его оправдываемости по ТКП на 3%, что является хорошим показателем. На основании полученных результатов комплекс рекомендован к использованию в службе метеорологических прогнозов Белгидромета при составлении ежедневных прогнозов погоды.

С целью дальнейшего повышения качества составления численных краткосрочных метеосценариев разработан способ коррекции ошибок мезомасштабной гидродинамической модели WRF, применяемой в Белгидромете, методами машинного обучения. В качестве предикторов поправки к данным WRF используются прогнозы глобальных гидродинамических моделей общей циркуляции атмосферы – Национального центра прогнозирования состояния окружающей среды GFS (США), Метеорологической службы UKMO (Великобритания), Гидрометцентра COSMO (Россия), службы погоды ICON

(Германия). Помимо этого, в расчетах принимаются во внимание географические координаты местности, рельеф, тип почвы и растительного покрова. Модель машинного обучения настраивается на скользящем временном окне с учетом ошибок глобальных и региональных систем в дни, предшествующие прогнозу. Учитывая, что значимость обучающих данных возрастает по мере приближения времени их получения ко времени прогноза, в модель, корректирующую метеорологические сведения, введен коэффициент инфляции, экспоненциально затухающий с увеличением интервала между предыдущими наблюдениями и текущим прогнозом. Время уменьшения коэффициента инфляции выбирается на основе анализа автокорреляционной функции прогнозируемого параметра, которая вычисляется отдельно для каждой метеостанции Беларуси.

На рисунке показан результат повышения оправдываемости

мезомасштабного прогноза поля приземной температуры за счет его корректировки методами машинного обучения с учетом прогнозов глобальных моделей общей циркуляции атмосферы: в первые сутки – до 99,9–98,9%, вторые – до 98,4–95,9%.

Скорректированные для пунктов сети наблюдений прогнозы приземных метеорологических параметров далее используются в системе объективного анализа метеорологических полей модели WRF с применением методов вариационного усвоения данных. На основе уточненных прогнозных полей приземных метеорологических параметров высокого пространственного разрешения можно формировать краткосрочный прогноз погоды для любой точки Беларуси. ■

С. Лысенко,
директор Института
природопользования, д.ф.-м.н.

Отделение биологических наук

Стратегия развития биологии акцентирует внимание на интердисциплинарности, высоких технологиях, устойчивом развитии, этических аспектах, глобальных исследованиях и инновациях в медицине, что способствует сближению фундаментальных и прикладных исследований с практическими нуждами.



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



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



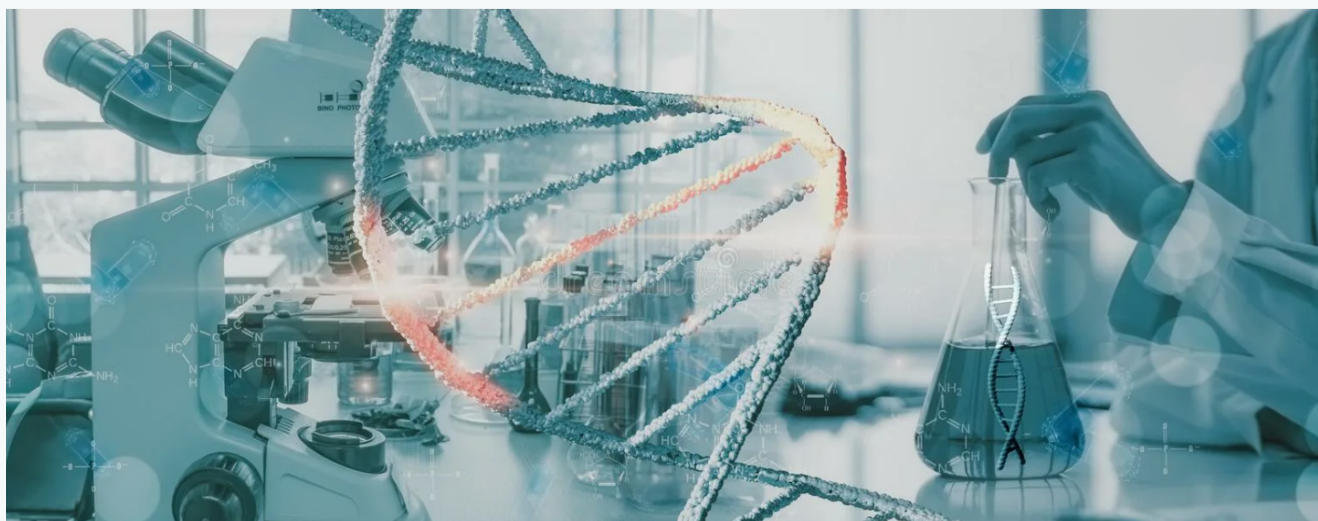
Жанна Анисова,
ученый секретарь Отделения
биологических наук НАН Беларуси,
кандидат биологических наук

Прикладные исследования для улучшения качества жизни населения

Основная направленность современной биологической науки определяется актуальными задачами, стоящими перед государством и отраслями экономики, включая здравоохранение, сельское и лесное хозяйство, охрану окружающей среды, пищевую промышленность и биотехнологический сектор.

За последние годы организациями Отделения биологических наук получены важные фундаментальные и прикладные результаты в области биохимии, биофизики, генетики и цитологии, микробиологии, физиологии и экологии растений и животных, которые вносят существенный вклад в установление механизмов функционирования биологических систем на молекулярном, клеточном, организменном и экосистемном уровнях и создают основу для формирования инновационных направлений научной, научно-технической и производственной деятельности. Среди наиболее значимых разработок, завершенных в 2024 г., стоит выделить следующие.

Институтом генетики и цитологии разработаны молекулярные сигнатуры прогноза течения немелкоклеточного рака легкого. Установлен комплекс соматических мутаций, эпигенетических маркеров и показателей дифференциальной экспрессии онкогенов и генов-супрессоров опухолевого роста, позволяющий прогнозировать развитие рецидива и неблагоприятных исходов с учетом гистологического типа опухоли (аденокарциномы и плоскоклеточного рака) и стадии опухолевого процесса. Использование молекулярных сигнатур прогноза течения заболевания позволяет оптимизировать алгоритм терапии пациентов.



Создана технология персонализации витаминной поддержки спортсменов. Установлены механизмы, лежащие в основе взаимосвязи уровня витаминов с генетически обусловленными особенностями их метаболизма. Определены ключевые генотипы, ассоциированные с усвоением и транспортом этих веществ. Выявлена важная зависимость: у спортсменов с высокой физической нагрузкой могут наблюдаться скрытые формы дефицита витаминов, несмотря на сбалансированное питание. Особую актуальность данная разработка имеет для витаминов групп В и D, играющих ключевую роль в процессах энергообмена, функционировании нервной системы, иммунной защите и мышечной активности. Применение указанной молекулярно-генетической технологии позволяет не только минимизировать риск дефицитов, но и ускорить восстановление после физических нагрузок, повысить выносливость и снизить вероятность травм.

На основе технологии микрочипов для выявления IgE-зависимых аллергических реакций Институтом биофизики и клеточной инженерии создана тест-система. Она представляет собой кремниевый микрочип с нанесенными спотами 200 аллергенов различных классов (клещевые, эпидермальные, белки животного происхождения, инсектные, паразитарные, пищевые, пыльцевые и др.). Определение аллерген-специфических иммуноглобулинов Е производится в сыворотке периферической крови человека с использованием иммунофлуоресцентного метода.

Для лечения сахарного диабета 1-го типа разработан инновационный биомедицинский клеточный продукт на основе толерогенных дендритных кле-

ток, замедляющий прогрессирование заболевания за счет подавления аутоиммунных реакций в отношении островковых клеток поджелудочной железы и улучшения иммунологических и биохимических показателей крови. Предложенный метод лечения успешно прошел клиническую апробацию, рекомендован Министерством здравоохранения Республики Беларусь и внедрен в медицинскую практику.

В сфере обеспечения продовольственной безопасности Институтом генетики и цитологии разработана технология анализа и регуляции активности катионных АТФаз молочнокислых бактерий, играющих важную роль в процессах постокисления ферментированных молочных продуктов. С этой целью проведен детальный анализ нуклеотидных последовательностей и гипотетических белковых структур катионных АТФаз и установлена их высокая структурная и функциональная консервативность. Сформирована научная основа для управления процессами постокисления в ферментированных продуктах, а также создания штаммов молочнокислых бактерий с оптимизированными характеристиками для производства широкого спектра молочнокислой продукции.

По направлению сельскохозяйственных биотехнологий Институтом микробиологии получен бактериальный концентрат для силосования кормов с высокой долей бобово-злаковых трав «Лаксил-МС2», основанный на консорциуме молочнокислых и пропионовокислых бактерий с широким спектром ферментативной активности. По скорости силосования, эффективности подавления агентов порчи кормов, качеству получаемого силоса «Лаксил-МС2» соответствует лучшим зарубежным

аналогам. Для организации производства разработаны опытно-промышленная технология, проект технических условий и рекомендации по использованию препарата.

Для улучшения усвояемости кормов и повышения продуктивности животных создан метабактериальный препарат «Металактим», представляющий собой бесклеточный фильтрат пробиотических молочнокислых бактерий. Установлена антимикробная активность этой добавки по отношению к грамположительным и грамотрицательным бактериям, мицелиальным и дрожжевым грибам, вызывающим заболевания животных и порчу кормов. «Металактим» обладает также и выраженным пребиотическим эффектом. Введение его в рацион молодняка крупного рогатого скота и дойных коров положительно сказывается на их гематологических показателях, способствует активизации белкового метаболизма, усиливает естественную резистентность к болезням.

Для рыбоводческих хозяйств республики ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» совместно с Институтом рыбного хозяйства и НППЦ НАН Беларуси по биоресурсам разработан биологический препарат «Биовир», предназначенный для обеззараживания и очистки воды прудов и водоемов от органических и минеральных загрязнений, профилактики бактериальных болезней рыб. Основу новинки составляют клетки, споры, продукты метаболизма консорциума трех видов бактерий: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aurantiaca*, *Rhodococcus ruber*. «Биовир» характеризуется комплексной фосфатомобилизующей, нитрифицирующей, гидролитической активностью, антимикробным действием в отношении патогенных и условно-патогенных бактерий – возбудителей болезней рыб; снижает содержание в воде прудов и водоемов минерального фосфора, нитратного и аммонийного азота в 2,3 раза, численность сине-зеленых водорослей – в 2 раза; обеспечивает деструкцию органического вещества в 2–2,4 раза по отношению к допустимым значениям для загрязненных вод прудов.

Еще одна разработка – микробный препарат «Биопруд», действие которого направлено на оздоровление и обогащение рыбоводческих прудов биогенными элементами. В его основе штаммы спорообразующих бактерий рода *Bacillus* с высокой антимикробной, гидролитической, фосфатомобилизующей и азотфиксирующей активностями, что позволяет активизировать высвобождение биогенных элементов ложа прудов и содействует переводу их в доступную для дальнейшего усвоения форму. Применение данного препарата способ-

ствует повышению естественной рыбопродуктивности прудов на 40–60%, снижению затрат комбикормов на 29,7%, сокращению расходов минеральных азотно-фосфорных удобрений по сравнению с нормативами на 60%.

Для проведения дезинфекции и очистки поверхностей от различных видов загрязнений предлагается экологически безопасное моюще-дезинфицирующее средство «БиоклинСэф». Оно состоит из 2 компонентов и имеет уникальную формулу, сочетающую моюще-дезинфицирующий компонент и микробную добавку «Биоклин», характеризующуюся высокими антимикробной и ферментативной активностями. В отличие от традиционных детергентов, «БиоклинСэф» обладает и пролонгированным дезинфицирующим эффектом за счет подавления патогенной микрофлоры и колонизации поверхностей полезными пробиотическими бактериями.

В области лесных биотехнологий Институтом леса созданы генетические конструкции для редактирования генов, кодирующих химический состав древесины лесных растений. Набор включает в себя 34 конструкции гидРНК, предназначенные для деактивации генов биосинтеза лигнина (CSE1, CCR, LAC2, CAD2, CCoAOMT) и получения быстрорастущих форм 5 лесообразующих пород Беларуси (сосна, ель, дуб, ясень, тополь) с генетически детерминированным сниженным уровнем лигнина. Разработаны праймеры для верификации генетической модификации методом ПЦР. Созданные конструкции для генетического редактирования геномов рода Тополь соответствуют лучшим мировым образцам, а для сосны, ели, дуба и ясеня – не имеют отечественных и зарубежных аналогов.

Для обеспечения лесохимической промышленности исходным сырьем сформирована постоянная лесосеменная база высокосмолопродуктивных деревьев сосны обыкновенной. На основе разработанных критериев и микрораневого экспресс-метода диагностики выявлены и отобраны высокосмолопродуктивные клоны. С помощью ДНК-анализа установлено генетическое наследование целевого признака (смолопродуктивность). Создана коллекция клонов высокосмолопродуктивных деревьев сосны обыкновенной с содержанием ценных компонентов терпеновых масел.

Разработаны подходы к формированию селекционно-семеноводческой базы для березы повислой и ольхи черной. Путем вегетативного размножения (прививка, черенкование, в культуре *in vitro*) получен посадочный материал для закладки маточных и лесосеменных плантаций. Отобрано более

1 тыс. плюсовых деревьев и более 300 га плюсовых лесных насаждений, что обеспечивает сохранение биологического и генетического разнообразия генофонда березы повислой и ольхи черной. Для каждого плюсового дерева составлены молекулярно-генетические паспорта, позволяющие формировать эффективные схемы клональной структуры лесосеменных плантаций для обеспечения максимального уровня семеношения и продуктивности.

Большое внимание современная биологическая наука уделяет решению проблем, связанных с трансформацией и деградацией экологических систем, обусловленных радикальными изменениями характера землепользования, современной динамикой климата, экспансией вредоносных организмов, в том числе чужеродных, интенсификацией природопользования и др.

По направлению изучения и охраны растительного и животного мира Беларуси Институтом экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича на основе использования комплекса современных наземных и дистанционных методов и ГИС-технологий составлена актуальная геоботаническая карта. Выявлены типологические особенности структуры растительного покрова, разработана легенда и созданы тематические карты растительности лесов, болот и лугов для национального атласа Беларуси. Современная карта растительности Беларуси является основой для разработки нормативных правовых документов и проектов развития структурных подразделений Министерств сельского и лесного хозяйств, схемы рационального размещения особо охраняемых природных территорий, а также системы мониторинга окружающей среды.

Выполнена работа по актуализации категорий национальной природоохранной значимости видов растений и грибов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Изменению подлежит статус 33 видов сосудистых растений, 9 мохообразных, 17 лишайников, 14 грибов и 15 водорослей. В готовящуюся к изданию в 2025 г. Красную книгу (том «Растения») планируется включить 305 видов (из них 187 видов сосудистых растений, 35 – мохообразных, 22 – водорослей, 29 – лишайников, 35 – грибов). Подготовлены приложения к ней, видовые очерки и картографические материалы, сформирован макет 5-го ее издания.

Подготовлен макет 5-го издания Красной книги (том «Животные») с очерками по видам диких животных. Актуализирован охранный статус для 33 видов, планируется включить 21 вид и исключить 13 видов животных.

Для контроля распространения инвазивных видов и обеспечения биологической безопасности разработаны способы борьбы с золотарником канадским на основе использования гербицидов избирательного действия в предельно низких и экологически безопасных дозах, позволяющих сохранять естественный злаковый травостой. Наиболее эффективным признан алгоритм с применением препарата Магнум, ВДГ для подавления закладки и роста корневых в периоды цветения и до конца вегетации растений.

НПЦ по биоресурсам подготовлена схема рационального размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения на период до 2035 г., включенная в Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. При реализации мероприятий площадь ООПТ республиканского значения к 2035 г. увеличится до 1549,6 тыс. га, что составит 7,46% территории страны, а с учетом ООПТ местного значения – вырастет с 9,1% до 9,6%.

Проведено повторное заболачивание нарушенного торфяника «Погонянское-2» на площади 5946,2 га, загрязненного радионуклидами, с учетом вопросов изменения (аридизации) климата, минимизации процессов переноса радионуклидов и возникновения торфяных пожаров, восстановления биоразнообразия и биосферных функций болот. Разработаны методические рекомендации по проведению экологической реабилитации нарушенных торфяников на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, которые могут быть применены иными организациями в области охраны природы, юридическими лицами, осуществляющими деятельность на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Социально-экономическая значимость от их внедрения заключается в снижении вероятности залповых выбросов диоксида углерода и радионуклидов в результате торфяных пожаров, миграции радионуклидов с поверхностными водами при паводках и половодьях за пределы 30-километровой зоны ЧАЭС, прекращении минерализации торфа и восстановлении процессов его накопления на площади 5946 га болот, а также возможности использования полученного опыта как на территории Беларуси, так и других стран.

Таким образом, практико-ориентированный подход биологической науки способствует не только научному прогрессу, но и реальному улучшению качества жизни населения, росту экономики и устойчивому развитию страны. ■



Бактериальные концентраты линейки «Лаксил» для получения силосованных кормов

Качественная кормовая база – одно из важнейших составляющих современного животноводства: в структуре себестоимости его продукции доля кормов составляет при производстве молока 50–55%, говядины – 65–70%, свинины – 70–75%. В рационах животных преобладают травяные корма, не менее 26% приходится на долю силоса, а для жвачных животных удельный вес силосованных кормов по питательности достигает 60%. Ежегодно в Республике Беларусь заготавливается более 25 млн т силоса и сенажа. Потери питательных веществ силосованных кормов от нарушения сроков уборки и отклонений от технологий могут достигать 40%.

Силосование – это метод, основанный на деятельности микроорганизмов. В растительной массе без доступа воздуха в результате микробиологических и биохимических процессов накапливаются органические кислоты, в основном молочная и уксусная. Активизация молочнокислого брожения, необходимого для эффективной трансформации углеводов в молочную кислоту, способствует минимизации потерь белковых и других питательных веществ. В то же время в составе естественной эпифитной микрофлоры исходной растительной массы содержание молочнокислых бактерий часто недостаточное для обеспечения быстрой ферментации и получения качественного корма. Внесение в нее специализированных бактериальных препаратов – один из

наиболее эффективных и экологически безопасных способов управления сложными процессами силосования, снижения потерь питательных веществ и повышения качества корма.

До недавнего времени в Республике Беларусь если и использовались бактериальные препараты для силосования кормов, то исключительно импортного происхождения, а их высокая стоимость существенно ограничивала широту применения. Интенсивное развитие животноводства и возрастающие требования к качеству кормов вызвали необходимость организации собственного промышленного производства данной категории биотехнологической продукции.

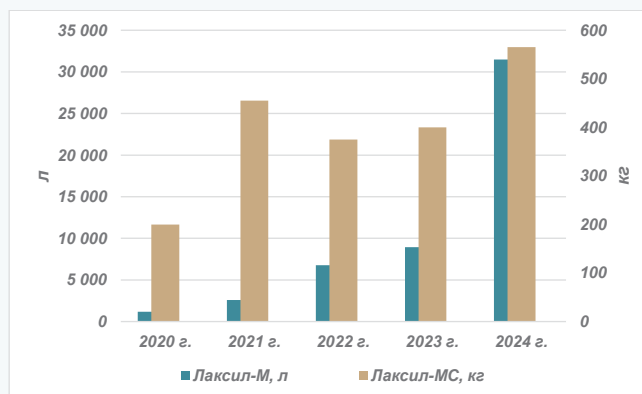
Основа бактериальных препаратов для силосования кормов – специально отобранные штаммы молочнокислых бактерий, выделенные из растительной биомассы на территории нашей страны. В Институте микробиологии работы, направленные на исследование микробиологических процессов силосования, выделение и изучение штаммов молочнокислых бактерий, перспективных для включения в состав бактериальных концентратов, были инициированы еще в 1990-х гг.

Они стали научной основой создания собственных технологий: Институт микробиологии выступил разработчиком первых зарегистрированных в Республике Беларусь отечественных жидких био-

препаратов для силосования растительного сырья – Силлактим (1999 г.), Лаксил (2000 г.). Отвечая на запрос сельскохозяйственных организаций, была выпущена и сухая форма – Лаксил-МС (2013 г.).

Очередным вызовом для ученых стала необходимость получения эффективного препарата, обеспечивающего высокую аэробную стабильность силосованных кормов из растительного сырья (кукуруза, злаковые травы, бобово-злаковые травосмеси и др.) и эффективное силосование бобово-злаковых трав. Данная задача была решена в рамках Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг. (подпрограмма «Инновационные биотехнологии»). Разработанный бактериальный концентрат Лаксил-МС2 позволяет получать качественные силосованные корма с высокой долей бобовых растений, что существенно увеличивает в них содержание белка. К настоящему моменту его испытания успешно завершены, он проходит процедуру государственной регистрации.

Многотоннажное промышленное производство биопрепаратов Лаксил, Лаксил-М было освоено в 2006–2010 гг. на ОАО «Энзим» (г. Пинск), РУП «Гродненский завод медицинских препаратов» (г. Скидель), с 2013 г. – на ОАО «Бобруйский завод биотехнологий». В рамках лицензионного договора о предоставлении права использования технологии получения и применения препарата биологического Лаксил с 2011 г. налажено производство жидких кон-



Объемы выпуска на опытно-промышленном производстве Института микробиологии НАН Беларуси и реализации жидкого бактериального концентрата Лаксил-М и сухого бактериального концентрата Лаксил-МС в 2020–2024 гг.

центратов на ООО «НВП «БашИнком» (Республика Башкортостан, Российская Федерация).

С 2020 г. организован выпуск жидкой и сухой формы бактериальных концентратов линейки Лаксил на опытно-промышленном производстве Института микробиологии НАН Беларуси. Данная биотехнологическая продукция пользуется высоким спросом как на внутреннем рынке, так и в Российской Федерации. За 4 года объемы выпуска жидкой формы увеличились более чем в 25 раз (с 1,2 т до 31,5 т), а сухой – почти в 3 раза (с 200 кг до 565 кг). Произведенные в 2024 г. концентраты позволили заготовить более 1 млн т растительных кормов высокого качества.

Результаты испытаний и отзывы потребителей свидетельствуют, что применение выпускаемых институтом биопрепаратов позволяет интенсифицировать процесс силосования и улучшить сохранность кормов, повысить их энергетическую питательность и аэробную стабильность. Такие корма увеличивают продуктивность лактирующих коров и привесы телят, повышают общую резистентность животных. ■

И. Найденко,

вед. научный сотрудник лаборатории молочнокислых и бифидобактерий Института микробиологии, к.б.н.,

В. Денисенко,

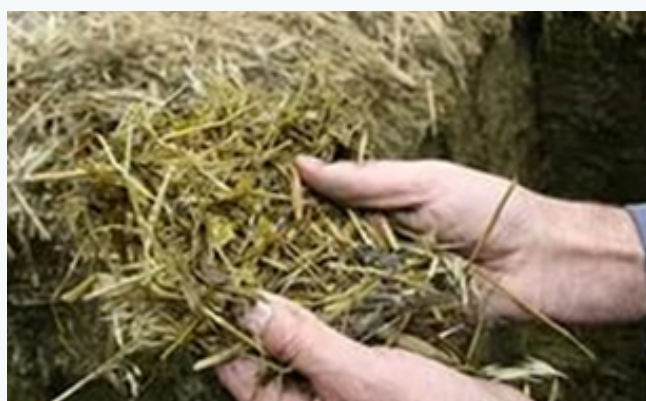
научный сотрудник лаборатории молочнокислых и бифидобактерий,

М. Сафонова,

научный сотрудник лаборатории молочнокислых и бифидобактерий,

А. Шепшелев,

директор Института микробиологии НАН Беларуси, к.т.н.



Силосованные с использованием Лаксил-МС2 злаково-бобовые травы



Молочнокислые бактерии – основа биопрепаратов для силосования кормов



Генетика будущего: как ДНК-технологии изменяют медицину

Молекулярно-генетические методы позволяют исследовать геном человека с беспрецедентной точностью, выявляя причины как редких, так и широко распространенных болезней. Эти достижения лежат в основе персонализированной медицины — подхода, при котором лечение подбирается с учетом индивидуальных генетических особенностей. Такие инновации повышают качество жизни пациентов и оптимизируют затраты здравоохранения, делая медицину более доступной и точной. В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси активно разрабатывают собственные ДНК-технологии, которые затем внедряются в практику.

Высокопроизводительное секвенирование: прорыв в диагностике наследственных заболеваний

В институте проводятся исследования полного цикла с применением высокопроизводительного секвенирования: от забора биологического материала до биоинформатической обработки данных (рис. 1). Этот подход позволяет анализировать полные геномы и экзомы человека с высокой точностью и скоростью.

Одно из ключевых направлений работы — поиск генетических факторов, вызывающих

как частые, так и редкие наследственные заболевания. В сложных клинических случаях генотипирование помогает врачам определить причину болезни, спрогнозировать ее развитие и подобрать индивидуальное лечение.

Благодаря дизайну собственных таргетных панелей для секвенирования генных сетей, вовлеченных в патогенез конкретных заболеваний, существенно снижена себестоимость исследований, повышена их доступность и расширен перечень патологий. Это позволило выявить спектр мутаций, характерных для белорусских пациентов с целым рядом наследственных болезней, в том

числе орфанных (редких). Было проведено обследование более 20 детей с такими заболеваниями, которым по результатам исследований установлен точный диагноз и назначено лечение. Зачастую выявляемые мутации ранее не встречались в других популяциях.

Совместно с РНПЦ «Кардиология» изучены генетические причины наследственных заболеваний сердечно-сосудистой системы, включая аневризму грудной аорты и различные типы кардиомиопатий и каналопатий, связанные с риском внезапной сердечной смерти. Установлен спектр мутаций в более чем



Рис. 1. Полный цикл исследований с применением высокопроизводительного секвенирования

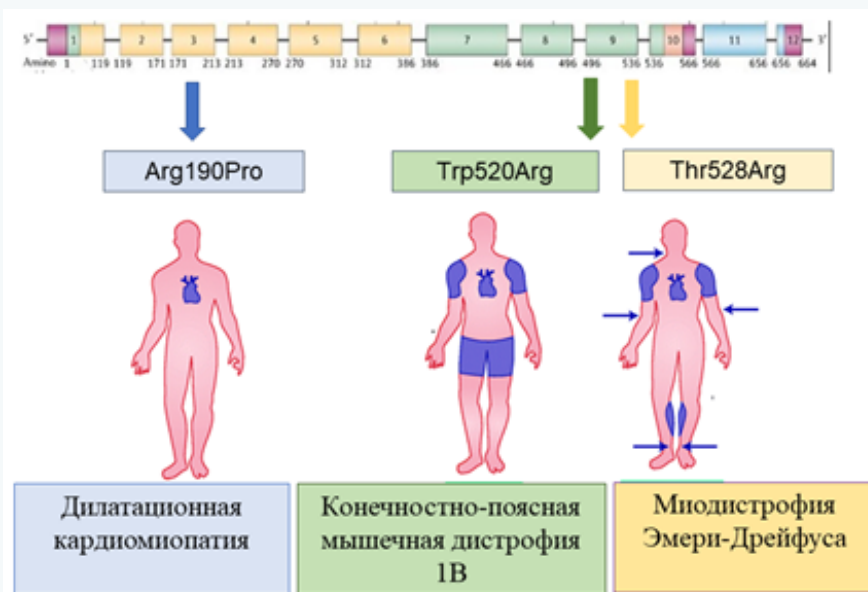


Рис. 2. Спектр моногенных заболеваний, ассоциированных с разными мутациями в гене *LMNA* (ламина)

200 генах, что позволяет повысить точность дифференциальной диагностики и выявить бессимптомных их носителей для своевременного проведения профилактических мероприятий (рис. 2).

В сотрудничестве с Минской областной детской клинической больницей изучена генетическая природа несовершенного остеогенеза – редкого заболевания, вызывающего частые переломы костей.

Генетическое тестирование позволило врачам определить типы болезни и назначить эффективное лечение. Впервые в мире были описаны 12 патогенных мутаций, встречающихся только у белорусских пациентов.

Технология высокопроизводительного секвенирования применяется также для изучения микробиома – совокупности всех микроорганизмов, обитающих в организме. В рамках иссле-

дований определен характерный для долгожителей нашей страны состав кишечного микробиома, а также варианты генов. Полученные данные используются для разработки функциональных кисломолочных продуктов.

Генетика мультифакторных и онкологических заболеваний: шаги к персонализированной медицине

Сердечно-сосудистые заболевания – одна из главных причин смертности в мире, что подчеркивает необходимость поиска новых подходов к их профилактике и лечению. Генетические исследования позволили выявить десятки вариантов генов, связанных с ними, разработать и внедрить методику оценки индивидуального риска тромбообразования.

Изучение генетических аспектов эндокринных заболеваний помогло определить ключевые гены, связанные с риском ожирения и сахарного диабета. Разработаны профилактические подходы, снижающие вероятность патологии на 15–25%.

Особое внимание уделяется изучению аутоиммунных ревматических заболеваний, таких как ювенильный идиопатический артрит (ЮИА) у детей, ревматоидный артрит у взрослых, системная красная волчанка и люпус-нефрит. Генетическая предрасположенность играет ключевую роль в формировании этих состояний. Выявлены мутации, повышающие риск развития ЮИА у детей младше 6 лет, а также генетические маркеры, характерные для различных форм болезни – от легких до тяжелых с системными проявлениями, что дает возможность точнее прогнозировать течение заболевания и индивидуализировать подходы к лечению.

Возрастная макулярная дегенерация (ВМД) – это прогрессирующее заболевание сетчатки, которое чаще всего поражает людей старше 60 лет. Оно связано с воздействием неблагоприятных факторов (например, курения и УФ-излучения) на фоне генетической предрасположенности. В сотрудничестве с БГМУ проведено масштабное исследование, включавшее около 600 человек, в результате чего были выявлены генетические варианты, участвующие в регуляции иммунного ответа и поддержании гомеостаза сетчатки, связанные с повышенным риском ВМД.

Онкогенетика – еще одно важное направление работы института. На выборке из более чем 400 пациентов с раком мочевого пузыря определены основные генетические нарушения, которые легли в основу методов прогнозирования выживаемости и риска метастазирования. Эти методы уже внедрены в практическую медицину, помогая оптимизировать лечение.

Совместно с БГМУ разработан способ анализа микроРНК,

позволяющий осуществлять точную дифференциальную диагностику доброкачественных и злокачественных узловых образований щитовидной железы. Методика уникальна для Беларуси, поскольку сочетает высокую чувствительность и специфичность, обеспечивая более точное определение природы узловых образований, чем при традиционных гистологических подходах. Анализ профиля микроРНК позволяет минимизировать необходимость инвазивных вмешательств (биопсии) и способствует более раннему выявлению злокачественных изменений. Также он важен для улучшения прогноза и подбора эффективного лечения. Например, использование микроРНК miR-375 и miR-205 доказало свою эффективность в диагностике папиллярного рака, а miR-221 и miR-222 – фолликулярной аденомы.

ДНК-технологии для сохранения репродуктивного здоровья

Новые подходы, основанные на ДНК-технологиях, дают возможность не только точнее выявлять причины бесплодия и невынашивания, но и предотвращать их, минимизируя влияние наследственных и внешних факторов.

В сотрудничестве с РНПЦ «Мать и дитя» и РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий разработан генетический тест, оценивающий риск репродуктивных потерь, включающий анализ 26 генов. Методика учитывает ключевые генетические факторы риска тромбообразования, что помогает врачам давать персонализированные рекоменда-

ции для успешного вынашивания беременности. Инструкции внедрены в медицинскую практику, что позволяет снизить расходы на лечение и повысить рождаемость на 50% среди женщин с высоким генетическим риском.

Также совместно с РНПЦ «Мать и дитя» созданы уникальные для Беларуси методы диагностики генетических причин мужского бесплодия, выявляющие широкий спектр повреждений ДНК в сперматозоидах. Этот подход обладает высокой чувствительностью и дает возможность обнаруживать как фрагментацию ДНК – наиболее распространенную молекулярно-генетическую причину мужского бесплодия, так и двунитевые разрывы ДНК, особенно критичные для генома, приводящие к гибели клеток, включая зиготы и эмбрионы.

Услуги по генетическому тестированию на выявление причин бесплодия и невынашивания, впервые разработанные и внедренные в Институте генетики и цитологии, остаются конкурентоспособной альтернативой импортным аналогам и широко применяются в медицинских центрах страны, а также пользуются спросом у иностранных граждан.

Фармакогеномика: персонализированный подход к лечению

Каждый человек уникален, и это в полной мере отражается на том, как его организм реагирует на лекарства. Индивидуальные генетические особенности могут влиять на скорость усвоения препаратов, их эффективность и риск побочных эффектов. Например, у некоторых людей определенные варианты генов требуют значительного снижения дозы или замены препарата, чтобы

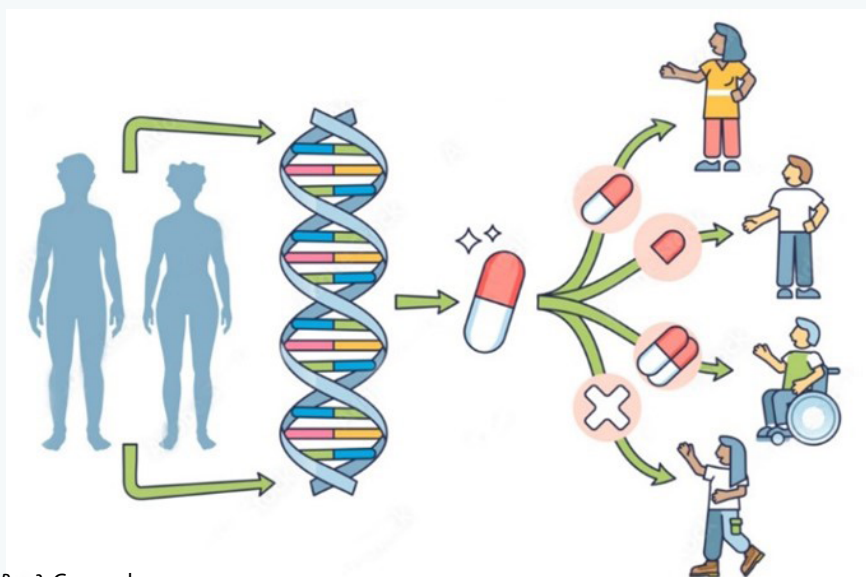


Рис. 3. Схема фармакогенетического тестирования для персонализации подбора лекарственного средства: по результатам теста определяется индивидуальная доза, в случае высокого риска побочных эффектов назначается альтернативное средство

избежать осложнений (рис. 3). На сегодняшний день в институте уже разработаны методики фармакогенетического тестирования для безопасного приема более 75 лекарственных препаратов.

Совместно с РНПЦ неврологии и нейрохирургии изучено влияние генотипа на лечение молодых пациентов (18–45 лет) с инфарктом мозга. Выявлено, что для части пациентов клопидогрел, широко используемый антитромботический препарат, оказался неэффективным, в результате чего назначено альтернативное лечение. Генетические исследования показали, что при лечении варфарином доза может отличаться в 6 раз, в зависимости от генотипа. А у 18% пациентов симvastатин вызывал риск развития миопатии – вместо него рекомендовали другие статины.

При лечении шизофрении генетические тесты помогают прогнозировать риск осложнений от антипсихотиков. Например, у пациентов с определенными генами повышается вероятность двигательных нарушений, что может негативно влиять на качество жизни. Разработана панель маркеров для индивидуального подбора препаратов. Так, при форме фармакорезистентной эпилепсии, вызванной мутациями в гене *SCN1A*, сразу рекомендовано назначение альтернативной терапии.

В исследовании, проведенном на пациентах с остеопорозом, выявлены генетические маркеры, влияющие на эффективность лечения бисфосфонатами и риск побочных эффектов. Остеопороз, опасный своими низкотравматическими переломами, тре-

бует длительного лечения, однако у значительного числа страдающих им (по результатам исследования – у 39,3%) стандартные препараты не всегда эффективны. Совместно с коллегами из БГМУ и 1-й ГКБ г. Минска разработаны алгоритмы лечения, включающие этап генетического тестирования и позволяющие подобрать индивидуальные схемы терапии.

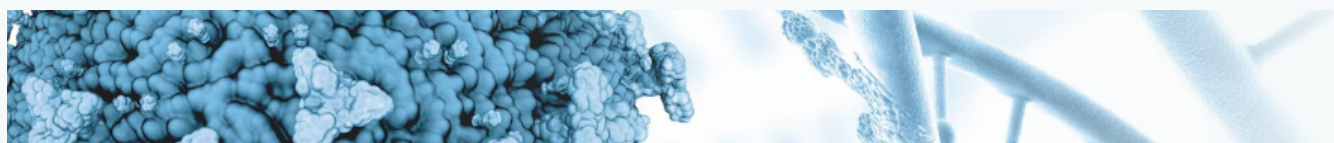
В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси создан Республиканский центр геномных биотехнологий, аккредитованный в Белорусской национальной системе аккредитации и имеющий лицензию Минздрава. В нем выполнено уже более 400 тыс. генетических анализов на сумму более 4,5 млн долл., выдано более 27 тыс. генетических паспортов.

Экономический эффект таких исследований очевиден. Снижение затрат на лечение осложнений и госпитализацию пациентов с тяжелыми формами аутоиммунных заболеваний может существенно сократить расходы здравоохранения. Кроме того, ранняя диагностика позволяет пациентам быстрее возвращаться к активной жизни, что положительно сказывается на экономике в целом. ■

А. Кильчевский,
заместитель Председателя
Президиума НАН Беларуси,
академик,

Л. Макарина-Кибак,
директор Института генетики
и цитологии НАН Беларуси, д.м.н.,

П. Морозик,
замдиректора Института генетики
и цитологии НАН Беларуси
по научной работе, к.б.н.



Молекулярная генетика на службе АПК

Точные знания о структуре и функционировании геномов, механизмах генетической детерминации хозяйственно ценных признаков – основа для создания новых конкурентоспособных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, пород, типов и кроссов животных.

Институтом генетики и цитологии совместно с НПЦ НАН Беларуси по земледелию, НПЦ НАН Беларуси по животноводству, БГСХА, Институтом овощеводства, Институтом льна многие годы разрабатываются и успешно применяются на практике технологии молекулярного маркирования геномов, которые позволяют оценить качество исходного селекционного материала, определить доноров хозяйственно ценных признаков, контролировать передачу желательных генов в процессе выведения новых сортов растений и пород животных с заданными свойствами; осуществлять ДНК-идентификацию и паспортизацию различных биологических объектов.

С целью повышения эффективности отечественного растениеводства изучаются гены, детерминирующие формирование продуктивности, качества, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам у ряда сельскохозяйственных культур. Разработаны наборы ДНК-маркеров для маркер-опосредованной селекции, которые успешно применяются на практике.

Более 30 лет ведутся работы по созданию высокопродуктивных сортов сои и высокомасличных гибридов подсолнечника для

климатических условий Беларуси. Получены практико-ориентированные данные по генетике фотопериодизма сои, маркерам накопления белка в зерне, устойчивости к абиотическому стрессу. Без участия сторонних организаций созданы сорта Птичь, Пущанская, Василиса.

Разработаны и изучены по показателям продуктивности, масличности, устойчивости к различным факторам среды более 1 тыс. гибридных комбинаций подсолнечника. Гибриды Поиск, Белорусский ранний стали стандартами госсортоиспытаний для своих групп спелости и демонстрируют высокую стабильность масличности в различных агроэкологических условиях.

С целью получения сортов льна масличного с заранее спрогнозированным жирнокислотным составом разработана геномная технология, позволяющая эффективно отбирать формы, гомозиготные по генам, контролирующим синтез основных жирных кислот, определяющих качество льняного масла. Совместно с Институтом льна создан масличный сорт Дар, устойчивый к полеганию, фузариозному увяданию и с высокой урожайностью семян.

Исследования последних лет направлены на изучение меха-

низмов устойчивости к засухе и пониженным температурам у растений семейства *Brassicaceae*. Работы включают всестороннее изучение коровых коллекций рапса с помощью биоинформатического анализа транскриптомов, что позволяет охарактеризовать полный перечень генов, ассоциированных с реакцией на абиотический стресс, а также проводить молекулярно-генетическую идентификацию каждого ДНК-маркера, связанного с отдельным видом данного стресса.

Кроме того, разработаны ДНК-маркеры, обеспечивающие независимое тестирование генов, контролирующих комплекс хозяйственно ценных признаков рапса: содержание клетчатки в семенах, уровни содержания ненасыщенных жирных кислот, устойчивость к фомозу и морозостойкость. Технологии применены при маркер-сопутствующей селекции сортов Герцог, Амур, Федор и Медей, созданных совместно с НПЦ НАН Беларуси по земледелию.

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) играет ключевую роль в обеспечении продовольствием населения во всем мире. Для данного вида отмечено обеднение генофонда по признакам качества зерна, что обусловлено широким распространением однотипных сортов, селекция которых велась в основном на урожайность. Известно, что дикие и примитивные пшеницы характеризуются лучшими биохимиче-

скими показателями, чем сорта и селекционные линии. В институте созданы интрогрессивные линии от скрещиваний сортов *T. aestivum* с образцами видов *T. dicoccoides*, *T. dicoccum*, *T. durum*, *T. spelta*, *T. kiharae*. Молекулярно-цитогенетический анализ (С-бэндинг, генотипирование маркерами SNP и SSR) показал, что у всех интрогрессивных линий произошли рекомбинационные события с участием хромосом сородичей пшеницы или их фрагментов. Установлено положительное влияние интрогрессии чужеродного генетического материала на качественные показатели зерна: накопление микроэлементов (Zn, Fe, Cu, Mn), аминокислот, содержание белка и клейковины. Показана перспективность использования родственных видов для повышения питательной ценности зерна мягкой пшеницы. Линии с чужеродным генетическим материалом со стабильно высокими показателями качества зерна переданы как для научных исследований (Институт биологии Карельского научного центра РАН, Институт цитологии и генетики СО РАН), так и для включения в селекционный процесс (НПЦ НАН Беларуси по земледелию, ВИР им. Н.И. Вавилова, Институт ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана).

Ведутся исследования в области авто- и аллополиплоидии зерновых культур. Разработан высокоэффективный метод полиплоидизации ржи с использованием закиси азота, который в 10 раз эффективнее традиционного метода колхицинирования. С помощью нового метода в период 2010–2024 гг. получено более 30 тетраплоидных селекционных образцов ржи, на основе двух из них созданы и районированы сорта Росана и Камея 16.

Последний с 2021 г. является сортом-стандартом, посевные площади под которым ежегодно увеличиваются (более 2 тыс. га в 2024 г.).

Специалистами института разработана технология создания нового типа ржано-пшеничных гибридов – секалотритикум. В отличие от тритикале, секалотритикум имеет цитоплазму не пшеницы, а ржи. Показано, что геном секалотритикума более стабилен – это может обеспечить лучшую продуктивность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды. 30 образцов секалотритикума уже проходят испытания.

Созданы и внедрены в селекционный процесс эффективные методы идентификации генов, детерминирующих устойчивость к болезням и вредителям плодовых культур, абиотическому стрессу. Так, определены ДНК-маркеры, сцепленные с генами авирулентности яблони к парше, мучнистой росе, красногалловой яблонной тле и бактериальному ожогу. С помощью методов биоинформатики впервые идентифицированы гены, кодирующие транскрипционные факторы семейства *Trihelix* в геноме яблони. Определено их количество, длина, расположение в геноме, филогенетические связи. Показано, что они задействованы в ответе на абиотический стресс.

Получены ценные межвидовые гибриды картофеля, несущие гены авирулентности к фитофторозу *Rpi-sto1*, *Rpi-sto VII* и Y-вирусу *RystoV*. Выявлены ДНК-маркеры к генам устойчивости картофеля к цистообразующей нематоде.

Современная направленность на здоровый образ жизни напрямую связана с проблемами функционального питания человека, в частности с выведением сортов растений, обладающих высокой анти-

радикальной и антиоксидантной активностью за счет накопления комплекса биологически активных веществ (БАВ). В Институте генетики и цитологии с использованием методов сравнительного анализа структуры и функций генов биосинтеза и регуляции накопления каротиноидов и антоцианов выявлены новые аллели генов и гены-гомологи, связанные с увеличением и распределением пигментов в плодах у пасленовых культур (томат, перец, баклажан). Совместно с БГСХА создано 12 сортов и гибридов томата с высоким накоплением БАВ.

На основе полиморфизма 50 генов томата и перца разработаны и апробированы SCAR и CAPS-маркеры ценных аллелей генов, детерминирующих качество плодов, габитус растений, устойчивость к грибным, бактериальным, вирусным болезням, функциональную мужскую стерильность, форму плода. В сотрудничестве с БГСХА и Институтом овощеводства создано 53 сорта.

С использованием анализа генетического разнообразия разработаны методы ДНК-идентификации сортов 18 экономически важных сельскохозяйственных культур: пшеницы, ячменя, картофеля, льна, томата, сои, подсолнечника, яблони, груши, сливы обыкновенной, сливы диплоидной, вишни, черешни, абрикоса, смородины черной, смородины красной, крыжовника обыкновенного, земляники садовой и видов *Fragaria*. Данный подход позволяет быстро определить видовую, сортовую принадлежность и гибридное происхождение генотипов, минуя оценку по морфологическим признакам, защитить авторские права, исключить возможность фальсификации закупаемых за рубежом семян и связанных с этим экономических потерь.

Исследования Института генетики и цитологии для отраслей животноводства направлены на изучение аллелофондов пород животных, отбор генетически лучших особей по хозяйственно ценным признакам, элиминацию наследственных дефектов, контроль происхождения и чистопородности.

Для повышения фертильности молочного голштинского скота белорусской селекции разработаны методики генетического мониторинга популяций по выявлению детерминированных наследственных заболеваний – гаплотипов фертильности NN1, NN3, NN4, NN5, HCD, комплексного порока позвоночника, брахиспинального синдрома, дефицита лейкоцитарной адгезии, ранней абортiruемости эмбрионов, дефицита 11 фактора крови, цитруллинемии. В период 2017–2023 гг. постоянный контроль распространения наследственных генетических дефектов привел к снижению частоты выявления животных – скрытых носителей синдрома брахиспинии (BY, NN0) в 6,5 раза, дефицита лейкоцитарной адгезии (BLAD, HNB) в 3,5 раза, дефицита холестерина (HCD) в 4,4 раза, комплексного порока позвоночника (CVM, HNC) в 1,8 раза.

С целью повышения фертильности мясных пород крупного рогатого скота разработаны методики выявления аутосомно-рецессивных заболеваний: множественного артрогрипоза, дубликации развития, лизосомального альфа-маннозидоза, карликовости.

Совместно с Всероссийским НИИ животноводства им. ак. Л. К. Эрнста впервые проведено полногеномное генотипирование белорусского красного скота. Установлено его отличие

от европейских тауриновых пород и определен вклад зарубежных красных пород в его формирование: бурая швицкая – 37,9%, датская красная – 33,3%, финская айширская – 16,9%. Обнаружены уникальные генетические особенности (полиморфизмы 17 генов), значимо ассоциированные с компонентным составом молока, что позволяет рассматривать белорусский красный скот как ценный национальный генетический ресурс, обладающий высоким потенциалом как для внутрипородного совершенствования, так и межпородного скрещивания.

Для повышения эффективности свиноводства разработаны панели ДНК-маркеров с целью детекции селекционно значимых полиморфизмов в генах, ассоциированных с многоплодием, молочностью, крупноплодностью, плодовитостью, развитием «кратерности» сосков, мясо-откормочными качествами. Созданы методы ДНК-диагностики наследственных генетических аномалий свиней: дефект неподвижности короткохвостых сперматозоидов, RN-синдром, «кислое мясо», RYR-синдром, злокачественная гипертермия, DMD-стресс-синдром поросят в постотъемный период. На основе конкурентной аллель-специфической ПЦР-KASP разработана тест-система для определения пород домашних свиней.

В настоящее время в мировой аквакультуре широко используется генетическая сертификация элитных производителей для получения полноценного потомства. В институте разработаны ДНК-технологии для определения видовой и породной принадлежности рыб, выращиваемых в аквакультуре Беларуси (белый и пестрый толстолобик, белый амур, амурский сазан, карп).

Маркер-сопутствующая селекция позволяет выявить перспективных производителей для товарного и племенного выращивания и исключить из их групп особей гибридного происхождения.

Институт генетики и цитологии единственный в стране имеет аккредитацию на генетическую сертификацию рыб семейства осетровых. Установление видовой принадлежности рыб (продуктов, икры) с помощью разработанных технологий анализа митохондриального и ядерного геномов направлено на выявление фальсифицированной продукции и защиту интересов потребителей.

Таким образом, в результате реализации заданий государственных программ разработаны практико-ориентированные геномные биотехнологии, которые внедряются в Республиканском центре геномных биотехнологий. Заказчиками услуг генетического тестирования выступают учреждения Минсельхозпрода и Минприроды.

Комплексное применение молекулярно-генетических и селекционных исследований приносит ощутимый экономический эффект: в растениеводстве – ускоренное создание сортов с заданными свойствами; в животноводстве – улучшение воспроизводительных и продуктивных качеств племенного скота. ■

А. Кильчевский,
заместитель Председателя
Президиума НАН Беларуси,
академик,

Л. Макарина-Кибак,
директор Института генетики и
цитологии НАН Беларуси, д.м.н.,

Е. Гузенко,
замдиректора по научной и
инновационной работе
Института генетики и цитологии
НАН Беларуси, к.б.н.

Отделение медицинских наук

Основная цель медицинских наук — разработка эффективных методов диагностики, лечения и профилактики заболеваний, создание и внедрение инновационных решений для повышения качества и продолжительности жизни.

Передовые практики медицинской академической науки



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

В деятельности научных организаций Отделения медицинских наук целесообразно выделить ряд приоритетных специализаций, отражающих специфику работы входящих в него институтов. Фундаментальные и прикладные исследования в них проводятся коллективами трех научных структур, включая Институт физиологии и Институт радиобиологии, а также Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси.



Татьяна Гнедько,
заместитель академика-секретаря
Отделения медицинских наук НАН Беларуси,
доктор медицинских наук, профессор

Так, наиболее важные направления деятельности Института радиобиологии – это прежде всего поиск молекулярно-биологических эффектов ионизирующего и неионизирующего излучения, разработка препаратов с радиозащитными и радиомодифицирующими свойствами.

Радиоэкология и радиационная безопасность – еще одна сфера изысканий организации, и касается она моделирования распределения загрязняющих веществ, воздействия на человека при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера с помощью цифровых технологий, создания техниче-

ских решений по обработке данных дистанционного зондирования методами искусственного интеллекта для оценки и прогноза состояния среды обитания людей, а также моделирования и разработки новых подходов по снижению негативного влияния радиации и техногенных факторов, производства качественных продуктов питания на территориях радиоактивного загрязнения.

Институт физиологии НАН Беларуси занимается изучением нейронных процессов и картирования мозга при нарушениях когнитивных функций, механизмами нейродегенеративных заболеваний. Специалисты учреждения



ведут пионерные изыскания, связанные с внутримозговой доставкой лекарственных препаратов, технологиями восстановления поврежденных нейронных сетей головного и спинного мозга. Особое место в исследованиях занимают вопросы, связанные с созданием технологий повышения эффективности деятельности биологических объектов при нарушении эндогенного равновесия организма, оценкой физиологических механизмов обогащения пищевых и биологически активных веществ для установления формулы оптимального питания различных групп населения, их физиологических потребностей.

И наконец, экспериментальная медицина, которой в Институте физиологии уделяют особое внимание. Она направлена на проведение доклинических исследований в области медицинской безопасности и эффективности новых лекарственных средств, изделий медицинского назначения, методов диагностики, медицинской профилактики и лечения, разработки стандартизованных экспериментальных моделей, имитирующих патологические состояния человека (трансляционные модели).

Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси – единственная в стране организация, целенаправленно занимающаяся меди-

ко-биологическими проблемами алкоголизма. В этой сфере осуществляется поиск способов диагностики хронической алкогольной интоксикации с использованием биохимических маркеров, научной доказательности эффективности соединений, оказывающих протекторное действие на различные системы органов при таком состоянии и абстинентном синдроме. Самыми востребованными и перспективными являются еще 2 сектора научных изысканий: биотехнологии лекарственных и биологически активных веществ, функциональных добавок, витаминология и нутрицевтика. Сотрудники института ведут мониторинговые исследования витаминного статуса различных групп населения, занимаются определением целевых комплексов для профилактики витаминного дефицита и коррекции дисбалансов для предупреждения развития заболеваний, разрабатывают рецептуры витаминных и витаминно-минеральных комплексов на основе растительного и лекарственного растительного сырья.

Вместе с тем научный и производственный потенциал Отделения медицинских наук следует рассматривать шире, с учетом ресурсов междисциплинарных кластеров и специализированных центров, созданных на базе институтов. К их числу

относятся: Международный научный центр минимизации радиационных рисков и Междисциплинарный кластер «Центр ядерной медицины», открытые в Институте радиобиологии; Центр мозга, Центр изучения боли, Центр доклинических исследований и экспериментального моделирования, функционирующие в Институте физиологии; Международный научный центр проблем алкоголизма и Научно-образовательный кластер Института биохимии биологически активных соединений, а также Кластер инновационных биомедицинских технологий под общим руководством Отделения медицинских наук.

Особо стоит отметить кадровый потенциал кластеров и центров, состоящий из специалистов 10 научных организаций НАН Беларуси, 4 учреждений образования, 11 производственных предприятий, 7 учреждений здравоохранения и 17 зарубежных партнеров.

Так, Кластер инновационных биомедицинских технологий (руководитель В.Г. Богдан – доктор медицинских наук, профессор) на функциональной основе объединяет 4 организации (Институт физиологии, Институт биоорганической химии, Институт биофизики и клеточной инженерии, Институт генетики и цитологии), входящие в состав трех

Отделений наук – медицинских, биологических, химии и наук о Земле. Ими впервые в Республике Беларусь созданы новые модуляторы ангиогенеза на основе кольцевых ДНК, на разработанной экспериментальной модели доказана эффективность локального введения искусственного гена VEGF165/Ang-1 за счет образования новых кровеносных сосудов с полным восстановлением нарушенного кровоснабжения в мышцах, синтезирован прототип первого отечественного генотерапевтического препарата для лечения хронической ишемии конечности (топ-10 Национальной академии наук 2024 г.).

В рамках деятельности Научно-образовательного кластера (руководитель О.Е. Кузнецов – кандидат биологических наук, доцент), выявлены механизмы развития и сформированы новые технологии в прогнозе роста вирус-ассоциированных опухолей, разработаны оригинальные диагностические системы для определения специфических антител к протеинам клеточного цикла, предложены молекулярно-биологические и биомедицинские технологии оценки иммунологических и молекулярно-биологических изменений (мутации в генах Rb1 и p53, метилирование гена p16INK4a); установлены механизмы потери экспрессии Rb1 с метилированием промотора после контакта клетки с вирусной ДНК/РНК, что обусловлено избыточной концентрацией антиапоптотических протеинов и служит критерием ранней онкогенной трансформации (топ-10 Национальной академии наук 2024 г.).

В Центре мозга (руководитель С.Г. Пашкевич – кандидат биологических наук, доцент) Института физиологии совместно с учеными РНПЦ травматологии и ортопе-

дии определены нейрофизиологические особенности при оценке функции спинного мозга у пациентов с кифотической деформацией позвоночника с остеоартрозом. Созданы биомодели, наиболее близко соответствующие реальным патологическим процессам, для апробации методов терапии ишемических повреждений структур головного мозга.

К числу особо значимых научных достижений, полученных институтами Отделения медицинских наук, можно отнести разработку сотрудников Центра изучения боли Института физиологии (руководитель И.П. Жаворонок – кандидат биологических наук, доцент) метода клеточной терапии экспериментальной нейро- и ангиопатии с научным обоснованием новых фармакологических интраоперационных способов защиты почек от острого гипоксического повреждения в эксперименте. Ученые экспериментально доказали обезболивающий, противовоспалительный и репаративный эффект трансплантации суспензии митохондрий при повреждениях периферических нервов и сосудов. Впервые с помощью молекулярного докинга обоснована функциональная структура новых прототипов лекарственных препаратов с обезболивающим действием, определены наиболее эффективные пути их введения. В перечень топ-10 достижений Национальной академии наук Беларуси в 2023 г. было включено создание моделей оригинальных иммунных пептидов и блокаторов проникновения вируса гриппа в клетку, перспективных для разработки вакцин и противовирусных препаратов. В Институте физиологии совместно с Институтом биоорганической химии

НАН Беларуси и РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии проведена оценка безопасности двух типов модифицированных лимфоцитов для CAR-T терапии на модели опухоли нейробластомы.

В Институте радиобиологии впервые установлены цитотоксические и фотосенсибилизирующие эффекты отечественных экстрактов лишайников для формирования новых методов фотодинамической терапии злокачественных новообразований. Получен патент Республики Беларусь по экологической оценке гепатогенности территории на основании определения в естественных условиях равновесной концентрации радона и радия для уточнения инженерно-геологических условий строительства зданий и сооружений. Разработана схема экспериментальной установки на основе полупроводникового CdZnTe-детектора для измерения удельной активности γ -излучающих радионуклидов в образцах почвы на месте их отбора.

В Институте биохимии биологически активных соединений разработан новый иммуноферментный метод для экспресс-диагностики острого почечного повреждения, предложена панель биохимических маркеров злоупотребления алкоголем, а также установлены их пороговые значения у пациентов, страдающих алкогольной зависимостью без сопутствующего поражения печени.

Институты Отделения медицинских наук вносят свой вклад в расширение перечня новых производственных технологий и продуктов. Учитывая потребность здравоохранения страны, Институтом биохимии биологически активных соединений

создано первое отечественное изделие медицинского назначения «Средство ранозаживляющее с антибактериальным и обезболивающим эффектом «РАН-ЛЕК-ПАНТЕНОЛ» (аэрозоль) для лечения и профилактики осложнений поверхностных ожогов и ран, организовано промышленное производство. Разработан состав раствора БИОС, предназначенного для деконтаминации ДНК при проведении лабораторных исследований, налажен его выпуск. Предложена рецептура йогурта с экстрактом бересты «Бетулин» и первая линейка продуктов профилактического питания с производством на предприятии «Молочный мир» в г. Гродно. Разработан и внедрен на предприятии «Завод «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» способ получения стандартного образца циклического димера капролактама (победитель Республиканского конкурса инновационных проектов 2023 г. в номинации «Лучший инновационный проект»). Созданный учеными состав биологически активной добавки «Антихмель» рекомендован в качестве общеукрепляющего и антигипоксического средства, способствующего снижению токсического воздействия алкоголя. Организовано производство и реализация спрея с антибактериальным эффектом, предназначенного для гигиенической очистки и дезинфекции рук и поверхностей без применения моющих средств, воды, мыла. На базе института осуществляется выпуск «Тест-систем диагностических для обнаружения антигенов вируса SARS-CoV-2 и вирусов гриппа А и В» для экспресс-диагностики вирусных заболеваний. Обогачительный фитокомплекс «Маяк» и ржано-пшеничный хлеб «Полезный выбор» серии «Антистресс» –

разработка Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси совместно с УП «Унитехпром БГУ», филиалом ОАО «Берестейский пекарь» Пинского хлебозавода (диплом I степени и золотая медаль конкурса «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» на Международной выставке инноваций «НИ-ТЕСН'2023» (г. Санкт-Петербург, РФ).

Сотрудниками Центра мозга Института физиологии предложен метод создания гибких микроэлектродов для регистрации внеклеточной электрической активности нейронов.

В рамках работы Центра ядерной медицины (руководитель И.А. Чешик – кандидат медицинских наук, доцент) Института радиобиологии создана экспериментальная модель изучения радиомодифицирующих свойств БАД «Спирулина X-RAY», разработан протокол стандартизованной оценки дозиметрических измерений рентгеновской установки биологического назначения X-RAD 320, обеспечивающий оптимизацию процесса облучения в эксперименте.

Научные организации Отделения активно используют возможности информационных технологий для успешного решения практических задач в области медицинской науки. Так, Отделением медицинских наук совместно с Институтом биохимии биологически активных соединений зарегистрирован первый отечественный интерактивный калькулятор физического развития и питания ребенка для выбора рациона из продуктов отечественных производителей (предназначен как для практического здравоохранения, применения врачами-педиатрами,

неонатологами, гастроэнтерологами, аллергологами, нутрициологами, так и для родителей (диплом I степени в номинации «Проект – лидер искусственного интеллекта Беларуси» (II Форум IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»)).

В Институте физиологии предложен программный конвейер для количественной оценки параметров формирования биологических нейронных сетей головного мозга. Два оригинальных комплексных программно-аппаратных решения принадлежат Институту радиобиологии: экспериментальный образец цифровой модели поверхности загрязненных территорий и метод цифровой обработки спектрограммы гамма-излучения радионуклидов в образцах различного происхождения. Также разработан комплекс адаптированных методик оценки морфофункционального состояния мультипотентных стволовых клеток с использованием методов проточной цитометрии.

Приоритетными задачами и обязательными условиями современного и перспективного развития медицинской академической науки является формирование интеграционной междисциплинарной и межведомственной платформы научно-технического и интеллектуального ресурса для создания и масштабирования передовых практико-ориентированных, социально значимых и востребованных отечественным и мировым здравоохранением технологий, изделий и продуктов медицинского назначения в целях сохранения здоровья и качества жизни человека с учетом персонифицированной оценки его стартового потенциала и изменений в различных условиях жизнедеятельности. ■



Инновации для здоровья: от исследований до внедрения

Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси занимается исследованиями в области биохимии и фармакологии алкогольной (наркотической) зависимости, витаминологии, нейробиологии, изучением молекулярных механизмов регуляции обмена веществ, разработкой новых изделий медицинского назначения, лекарственных средств и биологически активных добавок. В последние годы учеными завершен цикл ряда работ, открыт опытный участок для производства собственной продукции.

Средство ранозаживляющее с обезболивающим и антисептическим эффектом «РАНЛЕК-ПАНТЕНОЛ»

Активный научный поиск в Институте биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси в области клинической фармакологии позволил разработать инновационное ранозаживляющее средство с обезболивающим и антисептическим эффектом «РАНЛЕК-ПАНТЕНОЛ». Он показан к применению в системе здравоохранения, косметологии, для бытовых нужд. Его основное преимущество – обезболивание, профилактика бактериальных осложнений и регенерация. Состав средства не содержит дефицитных и экологически небезопасных компонентов, дешевле зарубежных аналогов и является импортозамещающей продукцией.

Формула средства позволяет компенсировать повышенную потребность поврежденной кожи или слизистой оболочки в пантотеновой кислоте. Бензокаин уменьшает проницаемость клеточной мембраны для ионов Na^+ , вытесняет Ca^{2+} из рецепторов,

расположенных на внутренней поверхности мембраны, блокирует возникновение и проведение нервных импульсов (действие развивается в течение 1 мин и продолжается 15–20 мин). Полигексаметиленгуанидина гидрохлорид, входящий также в состав, обладающий широким спектром антимикробной активности в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, вирусов и грибов, позволяет предотвратить бактериальное заражение кожи (создает бактерицидный эффект до 72 часов).

Аэрозоль предназначен для ежедневного ухода за кожей, в том числе очень сухой и склонной к шелушению, а также в качестве вспомогательного средства при солнечных и термических ожогах, для восстановления при повреждениях кожи (раны, ожоги, трофические и лучевые язвы), профилактики бактериальных осложнений и местного обезболивания. Композиция улучшает состояние кожи, обеспечивает ее защиту от нега-

тивного воздействия окружающей среды, оказывает успокаивающее и смягчающее действие, способствует снятию покраснения.

Каждая из представленных разработок института проходит строгие доклинические и клинические испытания и исследования, что гарантирует их высокую эффективность, безопасность и качество. Это, в свою очередь, подтверждается степенью доверия среди потребителей и востребованностью на отечественном рынке. Так, тест-системы для обнаружения антигенов вируса SARS-CoV-2 и вирусов гриппа А и В и средство ранозаживляющее с обезболивающим и антисептическим эффектом «РАНЛЕК-ПАНТЕНОЛ» реализуются через аптечную сеть и отпускаются в учреждения здравоохранения; раствор для элиминации и деконтаминации ДНК «БИОС» активно используется в работе научно-исследовательских и медицинских лабораторий при выполнении молекулярно-биологических исследований.

Тест-системы для обнаружения антигенов вируса SARS-CoV-2 и вирусов гриппа А и В



Многие инновационные разработки института стали ответом на глобальные вызовы современности. Среди них – коронавирусная инфекция 2019 (COVID-19), инфекционные заболевания с аэрозольным механизмом передачи, вызываемые вирусами гриппа.

Наилучший способ предупреждения заболеваний – быстрое обнаружение антигенов вирусов. Для этих целей сотрудниками

института создана диагностическая тест-система, основанная на методике использования иммунохроматографии, для качественного определения антигена SARS-CoV-2 (N-антиген) и вирусов гриппа А (H1N1/H3N2) и В (B/Victoria, B/Yamagata). Метод предназначен для проведения скрининга, вспомогательной диагностики. Набор представляет собой нитроцеллюлозную мембранную тесто-

вую карту, на поверхности которой размещены 4 антигена с контрольным образцом и комплект для взятия проб (в мазках из носа человека *in vitro*). После помещения пробы в лунку для анализа при наличии антигена вируса происходит ее взаимодействие с мечеными рекомбинантными антителами, образующими с антигеном иммунный комплекс, который впоследствии мигрирует в мембране благодаря капиллярному действию. Детектируемые антигены: коронавирус SARS-CoV-2 (N-антиген), вирусы гриппа А (H1N1/H3N2) и В (B/Victoria, B/Yamagata). Тест-система предназначена для применения в клинической лабораторной диагностике в учреждениях здравоохранения, научно-исследовательских организациях, а также для самостоятельного контроля.

Раствор для элиминации РНКаз, ДНКаз, деконтаминации ДНК «БИОС»

В Институте создано средство «БИОС», предназначенное для элиминации РНКаз, ДНКаз и деконтаминации ДНК. Загрязнение особенно проблематично в высокочувствительной технике, используемой для выполнения полимеразной цепной реакции (ПЦР). Присутствие загрязняющих частиц ДНК и РНК в лабораториях молекулярной биологии, в особенности на рабочих станциях ПЦР, может привести к артефактам, ложноположительным результатам и неточным данным в ПЦР. Доказано, что удаление загрязняющих частиц нуклеиновых кислот важно, так как загрязняющие

частицы ДНК особенно устойчивы. «БИОС» – это готовый к применению раствор для удаления нуклеиновых кислот с большинства поверхностей рабочих станций ПЦР и/или лабораторных устройств и оборудования. ДНК/РНК удаляет в течение нескольких секунд после использования. Раствор содержит нещелочной агент – водный раствор фосфорной кислоты – и оказывает активное действие на загрязняющие частицы плазмидной, геномной и ампликонной ДНК и РНК. Использование «БИОС» как до, так и после ПЦР-анализа – быстрый и легкий способ поддержания чистой рабочей зоны, что экономит время и затраты.



Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси не останавливается в своем развитии. Ученые активно осваивают новые направления, в том числе с помощью информационно-аналитических систем (искусственный интеллект), занимаются созданием компонентов для очистки мембранных фильтров для пищевой промышленности, средств для профилактики и лечения сахарного диабета, кардиомиопатии, опухолевых заболеваний и др. ■

О. Кузнецов,
директор Института биохимии
биологически активных соединений
НАН Беларуси, к.б.н.,
Е. Радута,
ученый секретарь Института
биохимии биологически активных
соединений НАН Беларуси

НОВАЦИИ



ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ
НАН БЕЛАРУСИ
И КАФЕДРЫ БИОФИЗИКИ БГУ

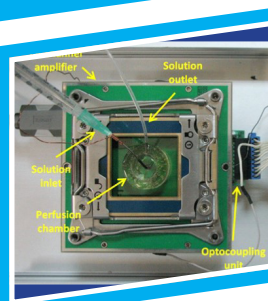


Аппаратно-программный комплекс регистрации электрической активности нейронов
(собственная разработка гибких микроэлектродов на основе графена), предназначен для:

- индуцирования, регистрации и анализа процессов кратковременной и долговременной синаптической пластичности в срезах мозга;
- морфометрического анализа сегментированных изображений, позволяющего рассчитывать большинство основных характеристик элементов нервной ткани, на основе машинного обучения;
- скрининга, тестирования и прогнозирования влияния нейрофармакологических препаратов на функционирование ткани мозга

Планарные сенсоры

для интерфейса с нервной тканью, трансплантации,
скрининга лекарственных препаратов

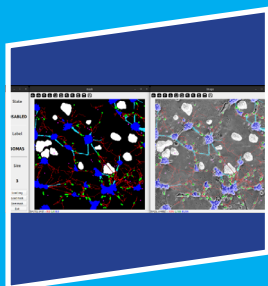


Signal View

Программа визуализации записей (формат rhd)
электрической активности культуры нейронов

Spike Char

Программа графического отображения амплитуд внеклеточных потенциалов



Методы количественной оценки параметров развития биологических нейронных сетей с применением средств машинного обучения
Программные модули прижизненного распознавания клеток, кластеров и нейритов.
Графический интерфейс программы представлен в виде 3 окон:

- исходное изображение с наложенной поверх маски, которую можно отключить
- бинарная маска содержит конечную маску сегментации
- окно состояния с информацией о текущем функционале указателя для ручной сегментации (размер области, класс разметки)

Помимо стандартных операций, связанных с созданием, сохранением и изменением изображений, содержащих разметку, ПО позволяет использовать методы полуавтоматической сегментации: GraphCut и метод водораздела

Аппаратная система стимуляции стволовых клеток
предназначена для ускорения процесса дифференцировки
стволовых клеток в нейроноподобные элементы



УНП 100217308

Задачей Отделения аграрных наук является координация научных исследований и практического использования их результатов по важнейшим направлениям научного обеспечения агропромышленного комплекса: в области земледелия и растениеводства, животноводства и ветеринарной медицины, механизации сельского хозяйства, производства продовольствия, экономики и организации сельскохозяйственного производства.

The background of the entire page is a faded, light green image of a combine harvester working in a field. The harvester is positioned in the middle ground, with its long arm extended. The foreground is filled with tall, green grass, and the background shows a line of trees under a hazy sky.

Отделение аграрных наук

Ключевые тренды аграрного сектора



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

Ученые-агроарии выполняют важную миссию по масштабному внедрению отечественных инноваций в АПК, что обеспечивает сохранение конкурентных позиций Республики Беларусь на мировом продовольственном рынке. Так, за 2021–2024 гг. в аграрно-промышленный сектор передано для использования 189 завершённых научно-технических разработок. Объём выпуска вновь освоенной продукции за эти годы составил порядка 4280 млн руб.

Ученые работают над повышением генетического потен-

Организации Отделения аграрных наук НАН Беларуси осуществляют полный комплекс работ по научному сопровождению всех отраслей АПК страны. Над решением многочисленных практических задач при реализации крупных системных проектов трудятся более 4,4 тыс. сотрудников, в том числе около 2 тыс. исследователей, 40 докторов и 360 кандидатов наук. Как инновационная структура Отделение включает 24 научные организации с опытными производствами или участками, 5 сельскохозяйственных и 2 промышленных предприятия.

циала культурных растений и животных, улучшением плодородия и эффективности основного ресурса – сельскохозяйственных земель. За последние 5 лет создано 33 новых сорта зерновых растений отечественной селекции: 8 – льна-долгунца и 5 – льна масличного разных сроков созревания, 13 – озимого и ярового рапса, соответствующих мировым стандартам качества, приспособленных к почвенно-климатическим условиям Беларуси, устойчивых к полеганию и болезням.

Получено 12 сортов овощных культур, что позволило значительно расширить их ассортимент. Отечественные сорта картофеля занимают в структуре посадок в республике 75% и практически в полном объеме покрывают внутренние потребности страны, а также экспортируются. Получено 46 патентов, подано 35 заявок, заключено 147 лицензионных договоров.

Идет работа по выведению новой отечественной породы красного молочного скота, что



Фото Сергея Дубовика



Фото Сергея Дубовика

обуславливает высокую рентабельность за счет продуктивности (жирность получаемого молока – 4,6%, содержание белка – не менее 3,8%) и продолжительности срока использования животных.

Представлена линейка перспективных машин и оборудования для реализации инновационных технологий выпуска и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 гг. и на период до 2030 г. Следует отметить, что потребности сельского хозяйства в технике обеспечены собственным производством на 85%.

В области создания продовольствия разработаны 51 новый продукт и технологии их выпуска с учетом потребности в новых конкурентоспособных линейках, в первую очередь – профилактического и функционального питания.

Дальнейшие научные исследования будут нацелены на формирование нового сельского хозяйства на основе информационных технологий, включая такие составляющие, как точное земледелие, интеллектуальное животноводство и ветеринарная медицина, мехатроника и автоматизированные комплексы машин и оборудования для получения продукции и производства продовольствия для здорового пита-



Фото Сергея Дубовика

ния, создания инновационной, конкурентоспособной на мировом рынке, ресурсосберегающей экономики АПК.

Приоритетное продвижение получают научные исследования в области питания, разработки технологий, способствующих повышению качества и безопасности сырья и готовой продукции. Селекционные работы будут вестись с использованием новых генетико-биотехнологических методов, что позволит быстрее создавать высокопродуктивные, высококачественные сорта и гибриды сельскохозяйственных растений, максимально реализовать их генетический потенциал в конкретных почвенно-климатических зонах,

при стрессовых факторах внешней среды.

В животноводстве применение современных селекционно-генетических и биотехнологических методов будет направлено на получение конкурентоспособных пород, типов, кроссов, линий сельскохозяйственных животных, адаптированных к условиям промышленной технологии.

Предстоит создать и освоить серийный выпуск инновационной техники и оборудования для реализации перспективных технологий на основе применения автоматизированных и роботизированных систем, принципиально новых подходов, обеспечивающих их рациональное взаимодействие с биологическими объектами – почвой, растениями, животными.

В целом интенсификация сельскохозяйственной отрасли на основе научно-технического и технологического прогресса будет предусматривать как экологизацию всей хозяйственной деятельности, так и увеличение дохода с единицы производственного ресурса. Значительный потенциал получения новых знаний и практических результатов для аграрного сектора в широком смысле заключается в междисциплинарном характере проводимых исследований.

Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса на инновационной основе в сочетании с каждодневным трудом белорусских аграриев позволит даже в условиях влияния внешних вызовов реализовать реальные возможности по обеспечению экономического роста в АПК, укрепить конкурентный потенциал отечественных производителей и повысить уровень и качество жизни населения. ■



Научное сопровождение животноводства

Деятельность Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству – драйвера инновационного развития отрасли в стране – направлена на совершенствование разводимых и создание новых пород сельскохозяйственных животных, разработку и внедрение в производство инновационных технологических решений, повышение качества молока, мяса, яйца, рыбы и др.



Генетическая лаборатория

Комплексные приемы ДНК-маркерного тестирования и прогнозирования степени проявления желаемых признаков у потомства, генетическая оценка молочного скота методом BLAR и мониторинг генофонда по локусам генов, ассоциированных с показателями продуктивности, позволили ученым вывести голштинскую породу отечественной селекции.

Применение на практике системы получения быков новых

поколений с помощью геномной оценки племенной ценности (величина ее комплексных индексов – от 124 до 171%) и трансплантации эмбрионов обусловили значительное ускорение селекционного процесса с использованием в качестве доноров как высокопродуктивных коров, так и имеющих отличные характеристики телок. Научно обоснована система содержания племенных быков желательных генотипов в хозяйствах страны.

В рамках создания отечественной красной породы молочного скота имеющееся поголовье распределено на 4 крупные неродственные генеалогические группы, что исключает инбридинг (родственное спаривание) в будущих поколениях. В РПУП «Устье» формируются группы высокоудойных коров, вследствие чего регистрация племенного ядра проводится в соответствии с требованиями Закона о племенном деле для последующего использования ремонтных бычков в программе селекции.

Разработаны модульные технологические решения для ферм и комплексов по производству молока и говядины различной

мощности, базирующиеся на выделении отдельных технологических модулей (содержания, приготовления и раздачи кормов, поения, доения, навозоудаления, обеспечения микроклимата) на основании однородности решаемых технологических задач путем взаимодействия групп специализированных машин с биологическими объектами. Благодаря применению ресурсосберегающих технологий содержания и кормления животных с доением в доильных залах или на роботизированных установках с компьютерным управлением технологическими процессами трудозатраты на 1 ц молока снижены с 9,5 до 1,2 человеко-часа, расход кормов – с 1,3 до 0,9 кормовых единиц, а один работающий получает до 500 т молока в год.

Новейшие методы селекции позволили вывести следующие породы свиней: белорусскую мясную, белорусскую крупную белую и внутривидовый тип белорусского дюрка – и задействовать их с высоким экономическим эффектом на промышленных комплексах страны. Путем углубленной селекционной работы на основе исследований роста и разви-

тия хряков, маток и племенного молодняка, применения современных методов ДНК-технологий (маркер-зависимой селекции) получен и апробирован внутрипородный тип свиней в породе ландрас «Припятский» и конкурентоспособный заводской тип породы йоркшир «Двинский». Завершается создание материнской породы белорусский ландрас с продуктивными качествами на уровне лучших мировых аналогов.

Разработана и одобрена практиками система разведения и гибридизации свиней, позволяющая комплектовать племенные фермы промышленных комплексов высокоценным в генетическом плане поголовьем, для чего построены племзавод первого порядка и племенной репродуктор. Совершенствуются методики прогнозирования ценных качеств свиней на основе выявления их математических взаимосвязей с индикаторными показателями гематологического профиля, позволяющие сочетать традиционную племенную работу с ДНК-тестированием и программами АСУ-селекции, что ускоряет пороодообразование в 2–2,5 раза.

Сформировано селекционное стадо исходных линий яичных кур с белой и коричневой окраской скорлупы яиц (2 кросса) численностью 8,5 тыс. голов, обеспечивающее возможность использования только отечественных кроссов.

Учеными Института рыбного хозяйства выведены 2 новые породы карпа: белорусская зеркальная – с улучшенным экстерьером, высокой продуктивностью и устойчивостью к заболеваниям и чешуйчатая – с отличными товарными качествами и повышенными показателями плодовитости.



Куры исходных линий яичных кроссов



Зеркальный карп белорусской селекции



Йоркширская порода



Голштинская порода

Совершенствование существующих и создание новых пород сельскохозяйственных животных, разработка современных технологий кормопроизводства и кормления, технологическая модернизация и переоснащение ферм, комплексов, птицефабрик и других животноводческих объектов, освоение наукоемких инновационных технологий, связанных с механизацией, автоматизацией производственных процессов, создание систем и средств защиты животных от неблагоприятных факторов среды позволяют не только увеличить объемы производства высококачественного сырья для перерабатывающей промышленности, но и создают условия для изготовления продуктов питания, обладающих высокими потребительскими свойствами, что является прямым фактором повышения конкурентоспособности. ■

А. Портной,
гендиректор НПЦ НАН Беларуси
по животноводству, к.с.-х.н.,
В. Тимошенко,
первый зам. гендиректора
по научной и инновационной
работе НПЦ НАН Беларуси
по животноводству, д.с.-х.н.,
член-корреспондент НАН Беларуси,
И. Шейко,
первый зам. генерального
директора НПЦ НАН Беларуси
по животноводству, д.с.-х.н.,
академик НАН Беларуси,
А. Музыка,
завлабораторией разработки
интенсивных технологий
производства молока и говядины
НПЦ НАН Беларуси
по животноводству, к.с.-х.н.

Микробиологический контроль агрономически вредных организмов

Мировой опыт защиты растений свидетельствует о том, что активное использование химических пестицидов, несмотря на их оперативность в регулировании численности популяций фитопатогенов и фитофагов и сильное мутагенное действие на них, негативно влияет на окружающую среду и качество сельскохозяйственной продукции, приводя к появлению резистентных форм и рас. Характерно, что у многих видов растительоядных насекомых, клещей, фитопатогенов устойчивость может вырабатываться одновременно к одной или нескольким группам химических веществ. Стратегия интегрированной системы защиты растений, основанная на совместном применении всех доступных форм подавления агрономически вредных видов (агротехнические, химические, биологические и т.д.), наиболее приемлема и должна опираться на знания популяционной динамики в системе «растение – паразит», соблюдение требований экологической и санитарно-гигиенической безопасности.

Одно из направлений работы Института защиты растений свя-

зано с разработкой направлений биологического метода защиты растений, в том числе с поиском и селекцией высокоактивных штаммов энтомопатогенных микроорганизмов и нематод, микроорганизмов-антагонистов и получением на их основе микробиологических препаратов, включение которых в интегрированные программы позволяет сократить использование пестицидов химического синтеза. Создано 14 биопрепаратов фунгицидного и инсекто-акарицидного действия, регуляторов роста, средств для оздоровления почвы, которые активно внедряются в аграрном секторе, в том числе в органическом сельском хозяйстве.

Триходермин-БЛ в виде спорово-мицелиальной массы на сыпучем зерновом субстрате способствует защите культур закрытого и открытого грунта, в лесном хозяйстве. Препарат биологический Фунгилекс, Ж обладает высокой активностью в отношении широкого спектра возбудителей болезней растений. Действующее начало – высокоактивный штамм гриба-антагониста *Trichoderma* sp. D-11 с антибиотической, гипер-

паразитической и ферментативной активностью, титр – не менее 1 млрд жизнеспособных спор/мл. Применяется для защиты от корневой, серой и белой гнилей овощей открытого и защищенного грунта, от ризоктониоза и альтернариоза картофеля, черной ножки капусты, корневая свеклы, корневых гнилей злаков, антракнозного и фузариозного увядания льна, болезней кормовых бобов; стимулирует корневое питание, повышает всхожесть семян.

Инокулянт микробиологический Ресойлер, Ж на основе высокоактивных штаммов почвенных сапротрофных грибов-антагонистов рода *Trichoderma* с антагонистической и ферментативной активностью предназначен для оздоровления почв и повышения продуктивности агробиоценозов. Вносится при обработке почвы перед посевом культур для улучшения их роста и развития, повышения урожайности (на 10–30%), снижения численности патогенных и токсинообразующих грибов в ризосфере; а также в конце вегетации – по пожнивным остаткам для ускорения их разложения и снижения инфекционной нагрузки. Препарат экологически безопасен, безвреден для человека, животных, пчел и агрономически полезных почвенных микроорганизмов; высокоэффективен, совместим с удобрениями и средствами защиты растений; не накапливается в сельскохозяйственной продукции. Обеспечивает прибавку урожая яровой пшеницы на 3,0 ц/га (биологическая эффективность против корневых гнилей составляет 27,1–64,3%); лука репчатого – на 78,8 ц/га (биоэффективность от пероноспороза – 36,4–48,6%); капусты белокачанной – на 31,0 ц/га, моркови – на 24,2 ц/га; картофеля – на 41,9 ц/га. Внедрен на площади 1081,2 га.



Препарат	Норма расхода, кг, л/га	Кратность обработок	Эффективность, %	
			in vitro	in vivo
Мелобасс, ПС, титр не менее 6 млрд спор/г (<i>Beauveria bassiana</i> (Bals) Vuill, штамм 10-06)	20,0	2	66,6	80,0

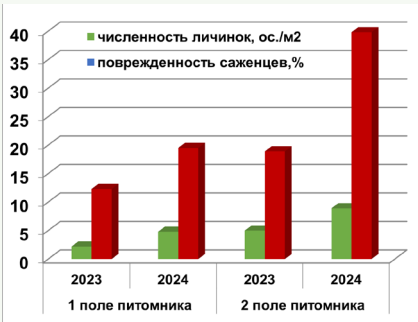
Таблица. Эффективность биологического препарата МЕЛОБАСС, ПС для защиты яблони от личинок майского хруща

Действие Бактоцида, Ж на основе кристаллоносных энтомопатогенных бацилл *Bacillus thuringiensis* направлено против листогрызущих и сосущих фитофагов. Пораженные препаратом вредители прекращают питание, не наносят ущерба растениям и через несколько дней погибают.

Энтолек, Ж, содержащий споры энтомопатогенного гриба *Lecanicillium lecanii* Zare & W. Gams., титр – не менее 2 млрд спор/мл, оказывает инсектицидное и акарицидное действие на тлей, белокрылок, трипсов, клещей и успешно применяется для защиты тепличных огурцов, томатов и роз.

Мелобасс, ПС – перспективный биологический препарат для защиты от вредителей на основе споровой массы и мицелия энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill, титр – не менее 6 млрд спор/мл. Оказывает комплексное действие на подвоях и саженцах плодовых культур: снижает численность личинок майских хрущей, стимулирует рост и повышает выход стандартных саженцев. Результативен в контроле колорадского жука на картофеле, личинок двукрылых вредителей на огурце защищенного грунта (минеральная вата), стеблевого кукурузного мотылька. Не фитотоксичен, безопасен для человека и теплокровных животных, с доказанной высокой биологической эффективностью (таблица).

Использование энтомофагов – один из способов увеличения доли экологической составляющей в защите растений от



Поврежденность саженцев в питомнике в зависимости от численности личинок хрущей, РУП «Толочинский консервный завод», Витебская обл., 2024 г.

вредителей. В Беларуси наиболее широко применяются хищный клещ фитосейулюс *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henrio (в закрытом грунте для контроля численности паутинных клещей), энкарзия *Encarsia formosa* Gahan (для регулирования популяций тепличной белокрылки), хищные клещи *p. Neoseiulus* (тепличная белокрылка, трипсы), хищный клоп *Macrolophus caliginosus* Wagne (тепличная белокрылка, тли, трипсы, паутинный клещ), яйцевой паразит трихограмма *Trichogramma* spp. (яблонная и гороховая плодоярка, кукурузный мотылек, капустная совка, а также против комплекса совок на кормовой, столовой и сахарной свекле). Практический интерес представляют препараты на основе энтомопатогенных нематод из семейств *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae*.

Один из путей снижения финансового (главным образом валютного) прессинга – организация производства средств

защиты растений в Беларуси с использованием местных сырьевых, трудовых ресурсов и производственных мощностей предприятий химического профиля. По технологиям Института защиты растений в нашей стране налажен промышленный выпуск медьсодержащих фунгицидов контактного действия (Азофос, 65% пс; Азофос 50 к.с.; Азофос модифицированный; Азофос Форт) в объеме около 200 т в год для защиты плодовых, ягодных, овощных культур, картофеля от возбудителей грибковых заболеваний – фитофтороза, альтернариоза, парши, корневых гнилей, монилиоза, коккомикоза и др. По биологической эффективности они не уступают зарубежным аналогам, а стоимость обработки в 3–3,5 раза меньше. Основным сырьем служат жидкие медьсодержащие отходы предприятий республики.

Сотрудники института впервые в Беларуси разработали пестицидный препарат оригинального состава, обладающий не только фунгицидным и бактерицидным, но и росторегулирующим действием. Его промышленное производство планируется организовать на базе УП «АзотХимФортекс» (г. Гродно). Создание новых химических медьсодержащих препаратов, а также расширение ассортимента биопрепаратов и регламентов их применения позволяют реализовать систему земледелия, максимально приемлемую для местных экологических условий, обеспечивающую охрану окружающей среды и природного разнообразия при сохранении высокой продуктивности сельскохозяйственного сектора. ■

А. Запрудский,
директор Института защиты растений, д.с.-х.н.

Гибрид кукурузы Вивален 3218

Один из приоритетов научно-производственной деятельности Полесского института растениеводства – создание конкурентоспособных отечественных гибридов кукурузы различного использования (силос, зерно) и налаживание их оригинального и первичного семеноводства.

Результатом работы в данном направлении стало включение в Государственный Реестр сортов Республики Беларусь 16 гибридов кукурузы, в том числе за последние 5 лет – 5 с торговым названием Вивален: Вивален 3218 (2022), Вивален 1118 (2022), Вивален 3419 (2023), Вивален 3620 (2024) и Вивален 3821 (2025). Это гибриды новой формации, обладающие комплексом адаптивных признаков (холодостойкость, засухоустойчивость, интенсивная влагоотдача зерном, устойчивость к болезням и вредителям) и стабильно высокой кормовой и зерновой продуктивностью.

Вивален 3218 – флагманский гибрид из этой линейки, демонстрирующий высокие результаты на полях республики, достойно конкурируя с иностранными аналогами. Предназначен для выращи-

вания на зерно и силос. В годы испытаний средняя урожайность зерна составила 119 ц/га, максимальная – 141 ц/га, влажность при уборке – 29,3%, выход – 77,4% с содержанием 9,24% протеина и 69,35% крахмала. Сбор с гектара протеина – 9,1 ц, крахмала – 67,8 ц. При возделывании на силос средняя урожайность сухого вещества – 209 ц/га, максимальная – 288 ц/га. Его среднее содержание в зеленой массе 32,5%, сбор с гектара протеина – 14,4 ц, в сухом веществе зеленой массы – 8,07%.

Вивален имеет быстрый стартовый рост и высокий темп накопления вегетативной массы в начальный период развития, повышенную кормовую и зерновую продуктивность, устойчивость и толерантность к основным болезням и вредителям; высокие качественные показатели кормовой продукции; пониженную уборочную влажность зерна, высокую экологическую адаптивность к почвенным и климатическим условиям Беларуси. Гибрид обеспечивает надежное семеноводство в условиях юга страны. Допущен для возделывания на силос по всей республике, на зерно – в Брестской, Гомельской и Минской областях.

В Полесском институте растениеводства налажено оригинальное семеноводство – производство семян родительских форм гибрида кукурузы Вивален 3218. Так, в 2022–2024 гг. получено 50 т семян родительских форм (Славия М, БКР 46). В сырьевых зонах Мозырского и Ивацевичского кукурузокалибровочных заводов в 2023–2024 гг. – более 1 тыс. т семян гибрида Вивален 3218, в том числе в 2024 г. – 970 т. В минувшем году его посевные площади составили около 9 тыс. га, из них на зерно – около 2,5 тыс. га, и прослеживается выраженная тенденция к их увеличению в 2025 г. до 30 тыс. га за счет расширения семенного фонда. ■

В. Кравцов,
замдиректора по научной работе
Полесского института растениеводства



Новые сорта и технологии в плодоводстве

Демонстрируя передовые научные подходы к развитию отрасли, Институт плодоводства ведет постоянную работу, направленную на выведение новых сортов плодовых культур и совершенствование технологий их выращивания.

Впервые для Беларуси определены, оценены и сведены в единые документы – технологические регламенты – агротехнические приемы возделывания наиболее востребованных коммерческих сортов яблони и груши белорусского сортимента, определены пути их продвижения к потребителю на отечественный и зарубежные рынки, что позволит повысить эффективность их культивирования и реализации до 20%, получать до 30 т продукции с 1 га с выходом плодов товарного качества до 98%. Регламенты включают в себя следующие основные разделы: выбор участка; требования, предъявляемые к посадочному материалу, почвам и системе их содержания; борьба с болезнями, вредителями и грызунами; пчелоопыление; орошение и фертигация; формирование кроны и обрезка деревьев; уборка урожая.

Нормативы, включенные в документ, успешно применены на Толочинском консервном заводе, а также в фермерском хозяйстве «Владимир плюс» на площади 54 га, что позволило произвести 1620 т плодов, выручка от реализации которых составила 1620 тыс. руб.

Одна из новинок и значительное достижение белорусских селекционеров – сорт жимолости «Сінявокая», полученный от свободного опыления *L. caerulea L. subsp. kamtschatika* (авторы – З.В. Гракович, М.Л. Пигуль) среднего срока созревания, зимостойкий, со средней урожайностью 8,0 т/га (2,5 кг с куста), массой плода – 1,0 г (максимальная – 1,4 г). Ее ягоды сладкие, голубовато-синие, с восковым налетом слабой интенсивности, удлиненно-колокольчатой формы с вытянутым основанием и валиком на верхушке или грушевидные, кожица средней толщины, консистенция мякоти хрящеватая, с приятным ароматом. Отличные кусовые качества отличают как свежие плоды (4,5 балла), так и



Промышленный сад



Сорт жимолости Сінявокая

продукты их переработки (4,3–4,8 балла). Содержание растворимых сухих веществ 14,23%, кислот – 1,62%, аскорбиновой кислоты – 47,47 мг/100 г, сахаров – 7,74%, пектинов – 0,51%, фенольных соединений – 620 мг/100 г. Сорт освоен в ООО «Здоровая страна» и КФХ «СидСад», где на площади 3 га заложены многолетние насаждения «Сінявокай», экономический эффект от внедрения составил 133 тыс. руб.

Работа ученых Института плодоводства в области создания новых сортов способствует развитию аграрного сектора экономики нашей страны, укреплению позиций отечественного производителя, снижению зависимости от импорта плодовой продукции. ■

А. Таранов,
директор Института
плодоводства, к.с.-х.н.



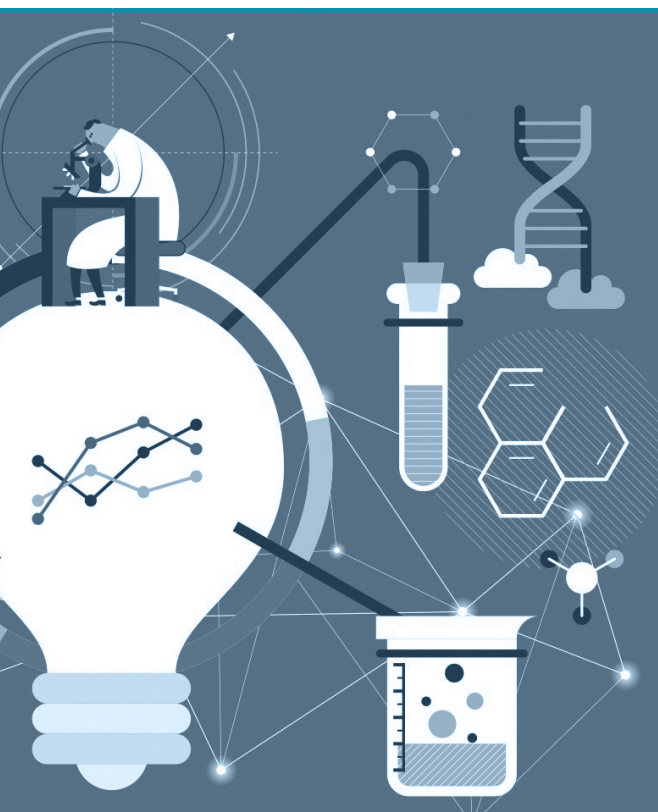
Юрий Адамейко,
помощник директора по информационной безопасности и общим вопросам
ОАО «Минский НИИ радиоматериалов»,
аспирант Института экономики НАН Беларуси,
магистр экономических наук;
chameleon001@yandex.ru



Ирина Подорожная,
научный сотрудник
ОАО «Приборостроительный
завод Оптрон», магистр
технических наук;
iaya86@mail.ru

Проблемы коммерциализации результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь и способы их решения

УДК 338.24:001.895



Аннотация. В статье рассматривается законодательное регулирование коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности (НТД), созданных с привлечением государственных средств. Показаны возможные и применяемые на практике способы коммерциализации. Приведены показатели научного и инновационного развития Республики Беларусь за 2018–2023 гг. На основе статистических данных выявлены основные экономические и производственные причины, препятствующие появлению инновационной продукции, работ, услуг. Даны рекомендации по организации инжиниринговых центров, содействующих раскрытию инновационного потенциала предприятия и снижающих существующие экономические риски: нехватку собственных средств, высокую стоимость нововведений, низкий спрос, длительный срок окупаемости результатов НТД.

Ключевые слова: результаты научно-технической деятельности, коммерциализация, способы коммерциализации, экономические факторы, производственные факторы, Республика Беларусь, инжиниринговый центр.

Для цитирования: Адамейко Ю., Подорожная И. Проблемы коммерциализации результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь и способы их решения // Наука и инновации. 2025. №2. С. 78–83.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-02-78-83>

Коммерциализация результатов НТД, особенно созданных с использованием бюджетных средств в рамках выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ (НИОКТР) – ключевой фактор инновационного развития любой страны, напрямую влияющий на экономический рост и конкурентоспособность отечественной продукции на глобальном рынке. Однако этот вид деятельности сопряжен с рядом сложностей, затормаживающих процесс, поэтому на разных уровнях принимаются меры по повышению его эффективности. В данной статье выделены и рассмотрены основные экономические и производственные препятствия и предложено комплексное решение их преодоления.

В Республике Беларусь основным документом, устанавливающим порядок обязательной коммерциализации результатов НТД, созданных полностью или частично за счет государственных средств, является Указ Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 г. №59 [1]. В Положении, утвержденном данным Указом, приведены термины и их определения. Важнейшие из них – «результаты НТД» и «коммерциализация результатов НТД».

Результаты НТД обозначены как объекты интеллектуальной собственности и документированная научно-техническая информация, полученные при осуществлении НТД в соответствии с договорами на выполнение НИОКТР (заданиями) [1].

Коммерциализация результатов НТД в самом общем виде – это их практическое применение с целью получения экономической выгоды, выраженной в денежной или натуральной форме, и/или

улучшения условий для развития личности, повышения качества жизни [1].

Указом №59 установлены различные способы такой коммерциализации:

- *собственными силами при возмездной реализации товаров (работ, услуг), передаче сведений (части сведений), составляющих секреты производства (ноу-хау), документированной научно-технической информации, путем предоставления другим лицам права на использование результатов НТД; при применении для собственных нужд;*
- *при совместной деятельности, где одна сторона безвозмездно предоставляет право на использование результатов НТД с условием последующей их коммерциализации приобретателем этих прав [1].*

Вариант «для собственных нужд» не направлен на получение прибыли от этих результатов и/или не связан с установлением гражданско-правовых отношений с третьими сторонами. Предполагается, что они будут задействованы при проведении последующих НИОКТР.

Основной способ коммерциализации результатов НТД – производство товаров (работ, услуг) в результате выполнения НИОКТР в рамках заданий различных программ, проектов и грантов.

Последние существенные изменения в Указ №59 внесены в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 18.06.2018 г. №240. Рассмотрим те из них, которые касаются показателей научного и инновационного развития Беларуси за 2018–2023 гг. [1, 2].

Как объем промышленного производства (в фактически дей-

ствовавших ценах), так и объем отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) организациями промышленности постоянно увеличивались и составили в 2023 г. 187,7 млрд руб. и 33,1 млрд руб., тогда как в 2018 г. – 110,4 млрд руб. и 16,2 млрд руб. соответственно. Возросла и доля экспорта наукоемкой и высокотехнологичной продукции в общем объеме экспорта товаров и услуг – до 39,5%.

Следует отметить, что в указанный период число организаций, выполнявших научные исследования и разработки, было непостоянным, с колебаниями от 445 в 2021 г. до 462 в 2023-м, в то время как количество предприятий промышленности, осуществлявших затраты на инновации, стабильно возрастало: с 400 до 457. Соответственно, численность персонала, занятого исследованиями и разработками, колебалась, хотя, в общем, наблюдалась тенденция к ее сокращению: с 27 411 чел. в 2018 г. до 26 738 чел. в 2023-м [2].

Несмотря на предоставленную возможность проводить коммерциализацию результатов НТД в течение 3 лет с момента получения охранного документа, при условии, что оно произошло после исполнения договора на выполнение НИОКТР (задания), количество поданных заявок на патентование изобретений, а также действующих и выданных патентов продолжило неуклонно снижаться (таблица) [2].

Для реализации инновационного пути развития экономики в стране существует множество нормативных правовых актов, наиболее важные из которых:

- *указы Президента Республики Беларусь о мерах по повышению эффективности использования объектов интеллектуальной собственности;*

дополнительных мерах по стимулированию научной, научно-технической и инновационной деятельности; некоторых мерах по ее стимулированию; о программах инновационного и социально-экономического развития;

- Закон о государственной инновационной политике и инновационной деятельности;
- постановления об утверждении комплекса мероприятий по развитию национальной инновационной системы; стратегии развития малого и среднего предпринимательства [3–9].

В отечественных литературных источниках много работ посвящено предложениям по налоговым льготам, усилению государственной поддержки, совершенствованию законодательной базы для дальнейшего совершенствования коммерциализации результатов НТД. В большинстве публикаций отмечаются те же экономические, производ-

Показатель	Год					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Подано заявок на патентование изобретений	547	393	394	386	342	359
Выдано патентов на изобретения	625	461	447	316	302	248
Действует патентов	2135	1813	1752	1555	1490	1387

Таблица. Сведения о поступлении патентных заявок и выдаче патентов. Источник: [2]

ственные и другие проблемы, что представлены в статистических отчетах [2].

В изданиях Белстата приведены оценки по степени важности экономических, производственных и других факторов, препятствующих инновациям организаций промышленности (рис. 1) [2].

Несмотря на то, что инновации – лишь один из многочисленных объектов, в отношении которого возможно осуществление коммерциализации, большинство возникающих при этом проблем одинаковы. В публикации [10] выделены основные: отсутствие эффективной инфраструктуры и системы подготовки, переподготовки и повышения квалифика-

ции кадров в сфере бизнес-образования, а также ограничения на распоряжения правами на результаты НТД, полученные с привлечением государственных средств.

О низком уровне развития инфраструктуры в сферах научно-технической и инновационной деятельности, международного сотрудничества, государственно-частного партнерства сообщается также в [11]. В статье [12] отмечается отсутствие эффективных механизмов закупки пробных партий научно-технической продукции.

Аналитическое исследование налоговых льгот и преференций, способствующих активизации научной, научно-технической и инновационной деятельности, приведены в [13, 14].

Характерными причинами, сдерживающими коммерциализацию результатов НТД в организациях Министерства образования Республики Беларусь, согласно [15], являются:

- недостаточный уровень развития инфраструктуры, в том числе ответственных структурных подразделений;
- низкий уровень восприимчивости к инновациям из-за отсутствия необходимого оборудования и квалифицированного персонала;
- финансово-экономические проблемы (недостаток собственных средств, неплатежеспособность заказчиков и т.п.);

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ	Недостаток собственных денежных средств Недостаток финансовой поддержки со стороны государства Низкий платежеспособный спрос на новые продукты Высокая стоимость нововведений Высокий экономический риск Длительные сроки окупаемости нововведений
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ	Низкий инновационный потенциал организации Недостаток квалифицированного персонала Недостаток информации о новых технологиях Недостаток информации о рынках сбыта Невосприимчивость организации к нововведениям Недостаток возможностей для кооперирования с другими организациями
ДРУГИЕ	Низкий спрос на инновационную продукцию (работы, услуги) Несовершенство законодательства по вопросам регулирования и стимулирования инновационной деятельности Неопределенность сроков инновационного процесса Неразвитость инновационной инфраструктуры (посреднические, информационные, юридические, банковские, прочие услуги) Неразвитость рынка технологий

Рис. 1. Факторы, препятствующие инновациям организаций промышленности
Источник: [2]

- невершенство законодательства в части распоряжения правами на результаты НТД;
- неразвитость рынка инноваций по причине неконструктивного взаимодействия между разработчиками, посредниками и конечными потребителями результатами НТД;
- проблемы в области маркетинга, отсутствие информационной базы об инновациях;
- низкий уровень развития международного сотрудничества.

Авторами [15] предложены направления и мероприятия по преодолению этих недостатков, включающие совершенствование подготовки кадров, нормативной правовой базы, системы управления интеллектуальной собственностью, развитие инфраструктуры и т.п.

При сравнении обозначенных в публикациях проблем с оценкой по степени важности каждого фактора в отдельности, приведенных в отечественных статистических изданиях [2], можно отметить существенные отличия в приоритетности для организаций промышленности.

Для выбора и анализа наиболее важных обстоятельств, затрудняющих коммерциализацию результатов НТД, нами составлены оценочные рейтинги по решающим, значительным и незначительным критериям, рассчитанным как процентная доля каждого отдельного фактора среди задействованных организаций промышленности. В итоге были отобраны первые пять актуальных в 2023 г. причин в порядке убывания. Динамика их изменения в период с 2015 г. представлена на рис. 2–4. Выбранный временной

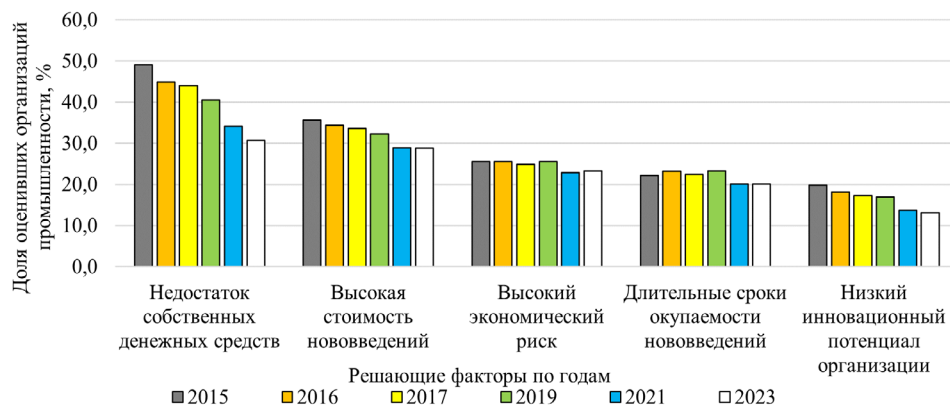


Рис. 2. Динамика изменений решающих факторов, препятствующих инновациям, в 2015–2023 гг.

Примечание: авторская разработка на основе [2]

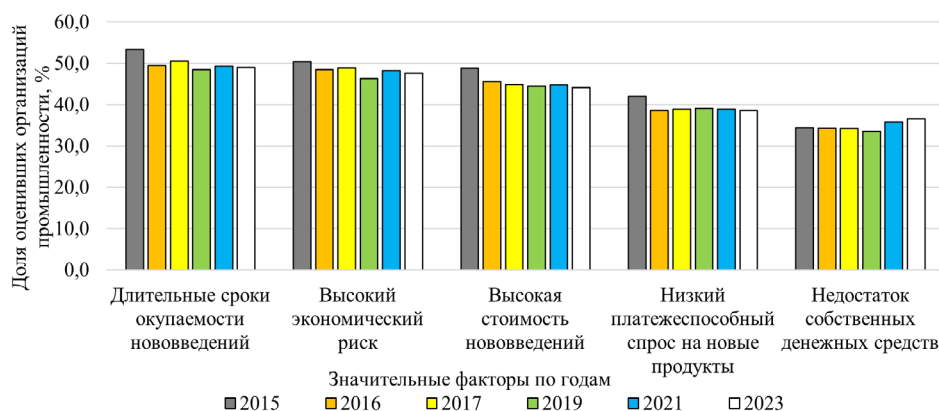


Рис. 3. Динамика изменений значительных факторов, препятствующих инновациям, в 2015–2023 гг.

Примечание: авторская разработка на основе [2]

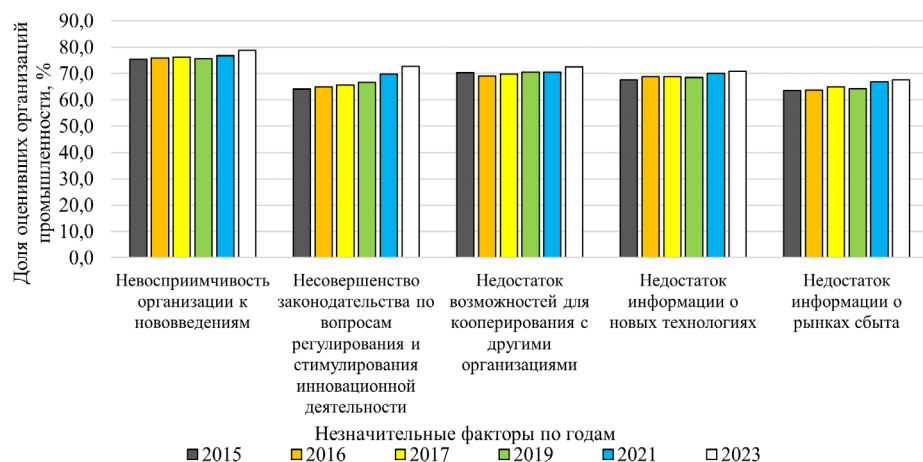


Рис. 4. Динамика изменений незначительных факторов, оказывающих наименьшие препятствия инновациям, в 2015–2023 гг.

Примечание: авторская разработка на основе [2]

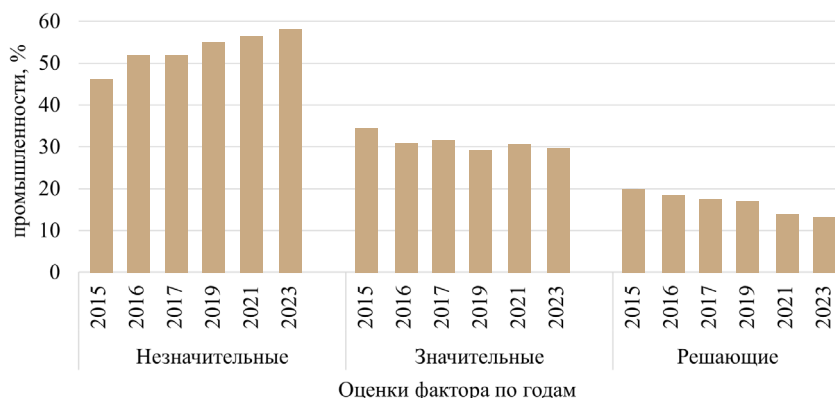


Рис. 5. Динамика изменения оценок низкого инновационного потенциала организации. Примечание: авторская разработка на основе [2]

интервал обусловлен началом действия Указа №59, исполнения договоров в части создания результатов НТД до 7 августа 2013 г. и периодичностью издания статистического сборника.

На рис. 2–4 показано, что одними из основных препятствий для внедрения инноваций являются именно экономические факторы. Многие предприятия сталкиваются с ограниченными возможностями для инвестиций в новые разработки, высокой стоимостью конечного продукта (работ, услуг). Все это приводит к низкому спросу на него и, соответственно, увеличению сроков окупаемости.

Несмотря на имеющееся разнообразие государственных программ, комплексов мероприятий и стратегий, именно решающие и значительные экономические факторы, приведенные на рис. 2 и 3, оставались актуальными в рассматриваемый нами период, хотя и отмечалось небольшое их снижение (исключение – недостаток собственных средств, этот показатель уменьшился почти на треть от исходного значения в 2015 г.).

Анализируя результаты составленной нами рейтинговой оценки незначительных факторов, мало влияющих на внедре-

ние инноваций организациями промышленности (рис. 4), можно заключить о небольших отклонениях в период с 2015 по 2023 г. Ощутимое увеличение, почти на 9%, среди незначительных факторов отмечалось у показателя, отражающего состояние законодательства по вопросам регулирования и стимулирования инновационной деятельности.

Выявленные нами основные проблемы экономического характера отмечены и в отечественных литературных источниках, авторами которых даны различные предложения по улучшению ситуации.

В статье [16] предлагается обеспечить финансирование затрат на разработку новых технологий и продукции путем создания банковских кредитных продуктов и проектов. Рекомендуемые в [17] направления по совершенствованию механизма коммерциализации результатов НТД включают решение ряда финансовых вопросов, повышение привлекательности участия субъектов в государственных программах, развитие частно-государственного партнерства. Среди производственных факторов в качестве главного отмечен только низкий инновационный потенциал организации,

приведенный на рис. 5. Однако с годами наблюдается постепенное улучшение ситуации.

Учитывая стойкое постоянство значительных и ключевых преград к коммерциализации результатов НТД, требуются иные стратегии и подходы для преодоления существующих проблем. О необходимости функционирования структур, которые обеспечили бы эффективную реализацию инновационных идей от их разработки до нахождения конкретного потребителя, сообщается в [11].

По нашему мнению, решением может быть поиск партнеров среди организаций-заказчиков, заинтересованных в результатах НТД; инвесторов, инвестиционных фондов, банков; предприятий смежных отраслей деятельности и/или оказывающих узкоспециализированные услуги для создания инжиниринговых центров на территории предприятия по отдельным направлениям исследований, разработок и создания продукции (работ, услуг).

Преимущества таких инжиниринговых центров состоят в:

- осуществлении целевых инноваций под определенный спрос заказчика;
- партнерстве с организациями, оказывающими информационные, банковские и иные услуги;
- достаточном количестве собственных и/или привлеченных денежных средств;
- снижении стоимости при одновременном высоком спросе на инновационную продукцию (работу, услуги);
- уменьшении сроков окупаемости;
- содействии развитию рынка технологий;
- отсутствии необходимости в строительстве комплексов, баз, территорий.

В поддержку нашего предложения среди приведенных в публикации [18] мировых тенденций коммерциализации инноваций содержатся:

- регионализация подходов к инновациям и их коммерциализации (создание специализированных структур инновационной деятельности (технопарки, бизнес-инкубаторы, агентства и центры трансфера технологий);
- укрепление сотрудничества между бизнесом и образовательными учреждениями (в том числе посредством увеличения финансирования государством и частным сектором совместных проектов), рост количества научных и технологических парков, формирование промышленного партнерства.

Выводы. Проведенное исследование показало, что основные проблемы, с которыми сталкиваются отечественные предприятия, носят экономический характер, выражающийся в недостатке собственных денежных средств на инновационные разработки, рисках высокой стоимости нововведений из-за низкого спроса и длительных сроков окупаемости. Данные обстоятельства в совокупности еще больше понижают инновационный потенциал организаций.

Существующих подходов к коммерциализации результатов НТД недостаточно. Для продолжения инновационного развития необходимо снижение экономических препятствий путем создания инжиниринговых центров, сотрудничающих с заинтересованными в целевых инновациях партнерами, что будет способствовать формированию рынков и спросу на новые технологии. ■

Статья поступила в редакцию 22.11.2024 г.

■ **Summary.** The article examines the legislative regulation of the commercialization of the results of scientific and scientific-technical activities. Possible legislative and practical methods of commercialization are shown. The indicators of scientific and innovative development of the Republic of Belarus for 2018–2023 are presented. The main economic and production reasons that prevented the creation of innovative products, works, and services were selected. Recommendations are given for the creation of engineering centers among interested partners. This type of association will contribute to the development of the innovative potential of the enterprise and will reduce existing economic risks: lack of own funds, high cost of innovation, low demand and a long payback period for the results of scientific and scientific-technical activities.

■ **Keywords:** results of scientific and technical activities, commercialization, methods of commercialization, economic factors, production factors, Republic of Belarus, engineering center.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-02-78-83>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств: Указ Президента Респ. Беларусь от 04.02.2013 г. №59: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 18.06.2018 г. №240 // НЦПИ. — Минск, 2024.
2. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь // <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/nauka-i-innovatsii/statisticheskie-izdaniya/>.
3. О дополнительных мерах по стимулированию научной, научно-технической и инновационной деятельности: Указ Президента Респ. Беларусь от 07.09.2009 г. №441: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 28.12.2017 г. №467 // НЦПИ. — Минск, 2024.
4. О некоторых мерах по стимулированию инновационной деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 09.03.2009 г. №123: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 25.10.2022 г. №381 // НЦПИ. — Минск, 2024.
5. О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг.: Указ Президента Респ. Беларусь от 15.09.2021 г. №348: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 04.11.2022 г. №381 г. // НЦПИ. — Минск, 2024.
6. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг.: Указ Президента Респ. Беларусь от 29.07.2021 г. №92: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 29.06.2023 г. №180 // НЦПИ. — Минск, 2024.
7. О государственной инновационной политике и инновационной деятельности: Закон Респ. Беларусь от 10.07.2012 г. №425-3: в ред. Закона Респ. Беларусь от 06.01.2022 г. №152-3 // НЦПИ. — Минск, 2024.
8. О комплексе мероприятий по развитию национальной инновационной системы на 2021–2025 гг.: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15.12.2021 г. №722: в ред. Постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 03.08.2023 г. №512 // НЦПИ. — Минск, 2024.
9. Об утверждении Стратегии развития малого и среднего предпринимательства «Беларусь — страна успешного предпринимательства» на период до 2030 г.: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 17.10.2018 г. №743 // НЦПИ. — Минск, 2024.
10. Нечепуренко Ю.В. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь: состояние, проблемы, пути решения / Ю.В. Нечепуренко // Новости науки и технологий. 2021. №4. С. 19–27.
11. Киселевич А.И. Нормативные условия для развития инфраструктуры коммерциализации инноваций: европейский опыт и проблемы Беларуси / А.И. Киселевич // Цифровая трансформация. 2018. №3(4). С. 27–33.
12. Шумилин А.Г. Результативность государственных научно-технических программ 2016–2020 гг. и формирование новых программ на 2021–2025 гг. / А.Г. Шумилин, С.С. Щербаков // Новости науки и технологий. 2021. №1(56). С. 4–13.
13. Гавриш А.Н. Правовое регулирование налоговых льгот и преференций, предоставляемых субъектам (участникам) научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь / А.Н. Гавриш, В.В. Хомченко // Новости науки и технологий. 2024. №2. С. 33–45.
14. Шулейко О. Налоговые стимулы для научной, научно-технической и инновационной деятельности / О. Шулейко // Наука и инновации. 2018. №5(183). С. 33–37.
15. Нехорошева П.Н. Формирование системы коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности организаций Республики Беларусь / П.Н. Нехорошева, Ю.В. Нечепуренко // Белорусский экономический журнал. 2024. №3. С. 19–34.
16. Толкачева Е.Г. Инновационная деятельность в Республике Беларусь: экономическое содержание, значение и тенденции развития / Е.Г. Толкачева // Потребительская кооперация. 2023. №3. С. 23–28.
17. Косовский А. Господдержка научно-технической и инновационной деятельности за счет инновационных фондов / А. Косовский // Наука и инновации. 2020. №12(214). С. 45–50.
18. Киселевич А. Коммерциализация инноваций: модели, компоненты, уровни / А. Киселевич // Банкаўскі веснік. 2022. №7. С. 62–72.

Vladimir Gusakov

Belarusian science: current state and future challenges 3

Alexander Shumilin, Irina Filatova

Exact sciences as growth points for innovation 11

Import-substituting sensor for Belarusian mechanical engineering
High technologies as helpers in the search of drugs against COVID-19

Sergey Shcherbakov, Galina Melnikova

High-tech developments for key industries 19

Onboard automated system SVM-420i
Innovative equipment and technologies for ion nitriding
Polymers for mechanical engineering
Sintered friction materials for automotive and railway transport

Alexey Trukhanov

Significant achievements in Chemistry and Earth Sciences 37

Quality of products is the key to the health of the nation
Membrane technologies protecting the environment
Geoinformation system for improving the accuracy of numerical weather forecasts for Belarus

Oleg Baranov, Valentina Rassadina, Zhanna Anisova

Applied research to improve the population's quality of life 47

Genetics of the future: how DNA technologies are changing medicine
Molecular genetics at the service of the agro-industrial complex
Bacterial concentrates to improve the quality of silage feed of the Laksil line

Vasily Bogdan, Tatyana Gnedko

Advanced practices of medical academic science 61

Innovations for health: from research to practice

Vladimir Azarenko

Key trends in the agricultural sector 69

Scientific support for animal husbandry
New varieties and technologies in fruit growing
Microbiological control of agronomically harmful organisms
Vivalen corn hybrid

Yury Adameika, Iryna Padarozhniaya

Problems of Commercialization of Results of Scientific and Technical Activities in the Republic of Belarus and Solutions 78

The authors consider the legislative regulation and practical methods of the R&D commercialization. They show the reasons obstructing the innovative production, and give recommendations for overcoming them.



Институт микробиологии
НАН Беларуси

Институт микробиологии НАН Беларуси



г. Минск, ул. Академика
Купревича, 2, 220084



+375 (44) 750-78-90



inmisale@mail.ru

Институт микробиологии НАН Беларуси является ведущим научно-исследовательским центром Республики Беларусь в области микробиологии и биотехнологии

Деятельность института ориентирована на изучение:

- физиологии, биохимии и генетики микроорганизмов;
- формирование национального фонда микробных биологических ресурсов;
- генно-инженерное конструирование штаммов микроорганизмов с заданными свойствами;
- разработку высокоэффективных импортозамещающих биотехнологий для:
 - сельского хозяйства;
 - промышленности;
 - здравоохранения;
 - охраны окружающей среды.

ИННОВАЦИОННАЯ ПРОДУКЦИЯ:



ЛАКСИЛ-МС2

концентрат бактериальный
для силосования растительного сырья



АНТОЙЛ +, АНТОЙЛ +С

биопрепарат для очистки
коммунально-бытовых сточных вод-
биоактиватор для очистных сооружений любого типа



ГРАМИСИЛ

биологический препарат для обработки семян и
вегетирующих растений озимой пшеницы с целью стимуляции
роста и повышения продуктивности зерновой культуры

Институт физико-органической химии НАН Беларуси



Институт физико-органической химии НАН Беларуси – лидер в области мембранных и ионообменных технологий, осуществляющий производство полимерных мембран и модулей на их основе



УСЛУГИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Разработка технологий и изготовление материалов и оборудования для:

- очистки сточных вод
- водоподготовки для различных нужд предприятий
- очистки природных поверхностных и грунтовых вод
- разделения технологических сред в фармацевтике, биотехнологии, пищевой (в том числе молочной), целлюлозно-бумажной, химической промышленности и т.д.
- санитарно-эпидемиологических и физико-химических анализов
- стерилизующей фильтрации

ПРЕДЛАГАЕМ ПРОДУКЦИЮ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

- полимерные мембраны для микро- и ультраfiltrации
- полуволоконные мембранные модули для ультраfiltrации
- мембранное оборудование для микро-, ультра- и наноfiltrации
- ионообменные волокна «ФИБАН»



КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



факс: (+375 17) 356 80 97



uf@ifoch.bas-net.by



ifoch.by

220072, ул. Сурганова, 13,
г. Минск, Республика Беларусь

УНП 100185198