



СТРУКТУРНОЕ
ОБНОВЛЕНИЕ
АКАДЕМИИ НАУК

4

ТРЕКИ
ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

13

ГЛОБАЛЬНЫЕ
МЕГАТРЕНДЫ
НАУКИ

19

КОНКУРЕНЦИЯ
ЗА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ
КАПИТАЛ

53

Наука и инновации

№1 (275)
ЯНВАРЬ 2026

научно-
практический
журнал



Наука Беларуси:
НОВЫЙ ЦИКЛ
РАЗВИТИЯ

ISSN 1618-9857



9 1771818 1985001 01

ISSN 2412-9372 (online)

БИОПРЕПАРАТЫ
для повышения урожайности
сельхозкультур, их качества
и устойчивости
к неблагоприятным
факторам внешней
среды

ГУЛЛИВЕР

Комплексный препарат, отличающийся высокими показателями защиты сельскохозяйственных культур от бактериозов и грибковых инфекций, способностью стимулировать рост и развитие растений, улучшать их минеральное питание и повышать урожайность томатов и огурцов закрытого грунта, капусты белокачанной, картофеля



СТИМУЛ

Предназначен для стимуляции роста и развития растений, подавления ряда инфекций растений бактериальной и грибной этиологии, оказывает фунгицидное и бактерицидное действие



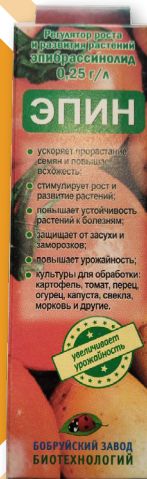
БАКТОГЕН

Предназначен для защиты томатов и огурцов от бактериального (бактериозы) и грибкового поражений (черная ножка, серая гниль, кладоспориоз, мучнистая роса, аскохитоз, пероноспороз, корневые гнили) в условиях закрытого грунта, капусты – в условиях открытого грунта



ЭПИН

Регулятор роста растений, антистрессовый адаптоген, стимулятор иммунной системы. Повышает энергию прорастания семян и их всхожести. Обеспечивает устойчивость растений к действию болезней и вредителей, экстремальных температур, засухи или переувлажнения, засоления почвы, ускоряет прорастание семян. Сокращает сроки созревания, повышает урожайность, увеличивает сроки хранения плодов



БОБРУЙСКИЙ ЗАВОД
БИОТЕХНОЛОГИЙ

Производитель:
 РУП «Бобруйский завод биотехнологий»
 213800, г. Бобруйск, ул. Чехова, 54
 УНН 700068910

Приобрести продукцию можно по адресу:
 г. Бобруйск, ул. Чехова, 54

Тел.: тел. + 375 225 715804;
+375 225 715814; +375 44 7894809

info@gidroliz.by



ЦудаМик – препарат микробный для обработки семян и вегетирующих растений сахарной свеклы с целью повышения продуктивности сахарной свеклы.

Применение препарата микробного «ЦудаМик» обеспечивает прибавку урожайности сахарной свеклы при обработке семян перед посевом, внесении в почву перед посевом и при проведении некорневых обработок на фоне снижения дозы минеральных удобрений.

Заказать и приобрести продукцию можно по тел.:
+375 (44) 750-78-90
или по e-mail: inmisale@mail.ru

Наличный и безналичный расчет



ЛАКСИЛ-МС2 – концентрат бактериальный для заготовки высокобелкового бобово-злакового сенажа.

В состав концентрата включены гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии, утилизирующие широкий спектр углеводов: гексозы, пентозы, олиго- и полисахариды, в том числе основные запасные полисахариды злаковых и бобовых трав (крахмал, полифруктозиды). Продукция способствует улучшению биодоступности, повышению переваримости, увеличению пищевой и энергетической ценности полученного корма.



АЛЬФАЛАКТИМ – многофункциональная кормовая добавка комплексного действия, сочетающая свойства фермента и пробиотика, для применения в составе кормов с высоким содержанием α-галактозидов. Кормовая добавка «Альфалактим» способствует увеличению живой массы молодняка крупного рогатого скота и порослят-отъемышей, снижает затраты корма на 1 кг прироста живой массы.



СТРУКТУРНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ
АКАДЕМИИ НАУК
4

ТРЕКИ
ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
13

ГЛОБАЛЬНЫЕ
МЕГАТRENДЫ
НАУКИ
19

КОНКУРЕНЦИЯ
ЗА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ
КАПИТАЛ
53

Наука и инновации

№1 (275)
ЯНВАРЬ 2026

научно-
практический
журнал



Наука Беларуси: новый цикл развития

ISSN 1688-9857
1688-9857(202601)1:1;1-12
www.innosfera.belnauka.by

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

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

В.С. Караник <i>председатель совета</i>	С.В. Гапоненко	М.В. Мясникович
С.А. Чижик <i>сопредседатель совета</i>	В.Л. Гурский	В.Я. Панченко
С.С. Щербаков <i>сопредседатель совета</i>	В.Г. Гусаков	В.Н. Пармон
Ж.В. Комарова	АЕ. Дайнеко	О.Г. Пенязьков
В.В. Азаренко	Дун Суочэн (Dong Suocheng)	Ф.И. Привалов
О.Ю. Баранов	В.Г. Залесский	С.П. Рубникович
В.Г. Богдан	А.И. Иванец	О.О. Руммо
	Ж.В. Комарова	Сюцин Лю (Xuqing Lui)
	В.В. Азаренко	А.В. Труханов
	О.Ю. Баранов	С.В. Харитончик
	В.Г. Богдан	С.А. Красный
		А.Г. Шумилин

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович
Наталья Минакова

Татьяна Жданович
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 446 экз. Цена договорная.
Подписано в печать 20.01.2026.

Издатель: РУП «Издательский дом «Беларуская навука».

Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №12

© «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

НАУКА БЕЛАРУСИ: НОВЫЙ ЦИКЛ РАЗВИТИЯ

Владимир Караник

Заглянуть за горизонт: новый цикл развития академической науки 4

Председатель Президиума НАН Беларуси Владимир Караник делится своим видением процесса трансформации, возможностей и перспектив развития академической науки в беседе с главным редактором журнала Жанной Комаровой.

Дарья Хачирашвили

Треки высшего образования 13

Как отвечает на вызовы времени отечественная высшая школа и какими видятся ее перспективы, рассказывает министр образования Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси Андрей Иванец.

Василий Гурский

Глобальные мегатренды в развитии науки 19

Автор концентрирует внимание на формировании глобальных мегатрендов в научной сфере, задачах, которые стоят перед отечественной наукой.

Научные исследования как катализатор прогресса 24

Представлены передовые разработки академических лабораторий, занятых производством новых знаний, необходимых для трансформации науки в глобальную индустрию.

Александр Чиж

Радиотонные технологии 25

В материале речь идет о фундаментальных и прикладных исследованиях лаборатории радиотоники ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», направленных на изучение оптических методов генерации, передачи и обработки сверхвысокочастотных сигналов.

Игорь Рязанов

Новые углеродные материалы для энергетики будущего 27

В материале речь идет об успехах лаборатории физико-химических технологий НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, разработавшей новые методы синтеза графеноподобного углерода, отличающегося низкой себестоимостью и экологичностью.

Екатерина Шамова, Ирина Дремук, Людмила Лукьяненко, Андрей Гончаров

Где встречаются биофизика и медицина 30

Лаборатория медицинской биофизики Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси представляет итоги междисциплинарных изысканий, направленных на выявление фундаментальных основ жизнедеятельности биосистем и разработку диагностических систем нового поколения.





Анатолий Пучило, Руслан Цвирко

Технологии выявления угроз и прогнозирования состояния природных экосистем 34

Учеными лаборатории геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси разработаны теоретические основы классификации растительности, технологии оценки ее состояния, а также природных экосистем с использованием данных наземных исследований и материалов дистанционного зондирования поверхности Земли.

Ирина Жаворонок, Василий Богдан

Изучение боли 38

Показана деятельность Центра изучения боли, созданного базе Института физиологии НАН Беларуси, ведущего фундаментальные и прикладные исследования для персонализированного медицинского сопровождения людей с патологическими нарушениями.



Ольга Шарко, Егор Улащик, Юлия Бекиш, Вадим Шманай

Биоконъюгаты: ПЦР-диагностика, генная терапия и не только 41

Обоснована важность исследований в области биоаналитики, генной терапии и тонкого органического синтеза, проводимых лабораторией химии биоконъюгатов Института физико-органической химии НАН Беларуси.

Виктор Голдыбан

Автономные агрегаты для аграрного сектора 46

Представлен обзор перспективных направлений работы лаборатории механизации производства овощей и корнеклубнеплодов НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства.

Александр Посталовский

Беларусь будущего: социокультурные основания технологического развития 49

Делается попытка определить ориентиры, формирующие облик нашей страны в долго- и среднесрочной перспективе, выявить общественные ожидания в отношении векторов совершенствования социума и технологического прогресса, и получить более ясное представление о том, какой хотят видеть Республику Беларусь ее граждане.

ЭКОНОМИКА КАЧЕСТВА

Александр Козлов

Конкуренция за человеческий капитал в эпоху постматериалистических ценностей 53

В статье поднимается проблема недооценки значения человеческого капитала в эпоху постматериализма. Обосновывается важность разработки программы, адаптированной к современной экономической политике, нацеленной на привлечение и удержание умов, в том числе в виртуальном мире.

Борис Гусаков

Эволюция понятия «эффективность» 59

Выполнен логический анализ понятия «эффективность», рассмотрена его эволюция с позиции экономической теории и специфика в прикладной экономике.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Николай Кочетов

Расширение возможностей использования методов оптимизации при принятии управленческих решений 64

Изложен подход для использования оптимизационных методов на базе стандартного программного обеспечения, электронных таблиц Excel, в частности надстройки «Поиск решения» для снижения производственных затрат, а также оптимального структурирования транспортных расходов.

УГОЛ ЗРЕНИЯ

Владимир Мартынов

Феномен глобальной трансформации современной культуры и проблема инкультурации личности 69

Раскрывается проблема влияния технической деятельности – доминирующей формы выживания и эволюции человека и общества – на мировоззренческие установки и личностные трансформации.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ольга Соболева, Ольга Тихонович, Светлана Пашкевич

Вариабельность лейкоцитарных индексов лабораторных крыс и мышей в норме и их прогностическая значимость 73

Представлен обзор интегральных лейкоцитарных индексов, значения которых впервые установлены для лабораторных крыс и мышей в физиологическом состоянии, влияющих на формирование нормативной базы научных и доклинических исследований.

Николай Добровольский, Иван Пикирени, Виктория Ермоченко, Кирилл Рубахов, Олег Руммо

Морфологические эффекты фотодинамической терапии атеросклеротических поражений сосудистой стенки (пилотное ex vivo исследование) 79

Представлены результаты пилотного исследования ex vivo по оценке морфологических эффектов применения фотодинамической терапии с использованием фотосенсибилизатора Фотолон для воздействия на атеросклеротические поражения аорты человека.



Заглянуть за горизонт: новый цикл развития академической науки



Фото Виталия Писоварчика, БЕЛТА.

Белорусская наука стоит на пороге нового этапа, когда интеллектуальный потенциал, технологические решения и научные инновации становятся ключевыми составляющими стратегии развития государства. В союзе фундаментальных знаний и практических достижений формируются новые горизонты ее будущего с опорой на созидание, партнерство и устойчивое движение вперед. Перед академическим сообществом стоят масштабные задачи – структурное обновление, повышение прикладной эффективности в масштабах страны и в глобальном научном пространстве. Своим видением процесса трансформации науки, ее возможностей и перспектив делится Председатель Президиума НАН Беларуси Владимир КАРАНИК.

– Белорусская наука, особенно академическая, во многом построена по принципу научно-производственной корпорации. Это модель, в которой явно выделяются три основных направления. Первое – фундаментальная наука, получение новых знаний. Отечественные научные школы, созданные еще в советские годы, обладают богатейшим опытом и продолжают совершенствоваться, развиваться, создавая заделы для будущих поколений исследователей и новых открытий. Второе – прикладная сфера, научно-методическое сопровождение реального сектора экономики. Ее результативность бесспорна – тысячи хозяйственных договоров с предприятиями, в рамках которых научные коллективы помогают решать актуальные задачи, стоящие перед отечественными предприятиями: от оптимизации производственных процессов до освоения новых видов продукции и внедрения новых технологий. Направления сотрудничества разные – от решения глобальных технологических задач до доработки методики производства небольшой шестеренки. Цель – повышение качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, обеспечение процесса импортозамещения. И третье направление касается непосредственно выпуска инновационной наукоемкой продукции организациями, входящими в структуру Академии наук. В этом формате активно и, надо заметить, успешно работают государственные научно-производственные объединения. Примечателен тот факт, что по итогам 2025 г. экспорт инновационной продукции НАН Беларуси превысил прошлогодние показатели: по предварительным данным, рост составит 15–20%.

Такое многообразие задач, начиная от получения нового знания и стремления заглянуть за горизонт до решения сугубо конкретных вопросов повышения качества и надежности выпускаемой продукции, говорит о том, что белорусская наука способна вести самые сложные проекты, достойно представлять страну в мировом научном пространстве. Важно отметить, что устойчивое развитие науки в Беларуси – это не только сохранение и приумножение традиций, но и развитие новых современных направлений. Цифровые технологии и искусственный интеллект представляют собой объективную и значимую составляющую современного мира, определяют темпы и направления преобразований.

В этих условиях перед нами стоит задача активно и системно работать над их освоением и внедрением, чтобы обеспечить конкурентоспособность отечественной науки и экономики. Этому в значительной степени способствует понимание со стороны государства стратегической роли науки как ключе-

вого фактора социально-экономического прогресса, ведется активная работа по созданию условий для эффективного взаимодействия академической, отраслевой и вузовской науки, стимулированию молодежных исследований и развитию талантов. Главная задача академической науки на данном этапе уже определена руководством страны – это высокая эффективность работы и наличие значимых результатов, которые не пылятся на полке, а активно внедряются в практику. Не ради галочки в отчете, а для решения существующих проблем реального сектора экономики и социальной сферы.

– Какие ключевые принципы закладываются в новый цикл развития академической науки и как они повлияют на приоритеты страны в ближайшие годы?

– Приоритеты науки корректируются в соответствии с запросами общества, времени с опорой на имеющийся опыт и компетенции. На текущую пятилетку (2026–2030 гг.) Указом Президента от 01.04.2025 г. №135 обозначены передовые и наиболее востребованные для государства направления научной деятельности, позволяющие в среднесрочной перспективе стимулировать развитие наукоемких и высокотехнологичных секторов экономики, предоставить конкурентные преимущества нашим производителям и обеспечить технологическую безопасность страны. Это такие области исследований и разработок, как биотехнологии, цифровые технологии, искусственный интеллект, медицина и фармацевтика, робототехника и новые материалы, инновации в промышленности и АПК, обеспечение безопасности человека, общества и государства. Изменяющийся мир диктует свои условия, становится все более конкурентным, и важно не просто идти в ногу со временем, а быть на шаг впереди. Самое ценное сегодня – идеи и интеллект.

– Как вы относитесь к идее создания национального реестра научных разработок?

– На мой взгляд, это может стать важным инструментом для координации и ускорения внедрения разработок академической, вузовской и отраслевой науки. Кроме того, позволит иметь актуальную информацию, кто и в каком научном направлении продвинулся, что обеспечит адекватное прогнозирование и даст возможность избегать необоснованного дублирования работ. А реальный сектор экономики, сталкиваясь с проблемами, будет иметь оперативный доступ к существующим прикладным

решениям и, как говорит Президент нашей страны Александр Лукашенко, «без махровой бюрократии и длинных конкурсных процедур» сможет заключать договоры на их использование и внедрение.

Также национальный реестр позволит объективно отслеживать освоение разработок, их практическую реализацию, сможет стать основой для создания эффективных финансовых инструментов стимулирования и мотивации ученых доводить идеи до коммерческого продукта, тем самым повышая результативность научной сферы.

Поскольку существует деление, пусть и чисто формальное, на академическую, вузовскую и отраслевую науку, иногда создается впечатление, что между ними возникают трения, что не способствует решению государственных задач.

– Между ними нет какой-то конфронтации. Скорее, есть недостаточно эффективное взаимодействие. Это, с моей точки зрения, не позволяет в полной мере реализовать синергетический эффект, несмотря на наличие компетентных специалистов и значимых наработок в каждом из обозначенных секторов. Уверен, что объединение усилий приведет не просто к их сложению, а послужит катализатором роста практических результатов отечественной науки. Согласно Закону «О Национальной академии наук Беларуси» и ее Уставу, НАН Беларуси обладает статусом высшей научной организации страны и наделена полномочиями по координации как фундаментальных, так и прикладных исследований, проводимых на территории республики, независимо от того, кто их выполняет. Это как раз та сфера, где действительно предстоит очень многое сделать. И я очень рад, что понимание необходимости этой работы есть как со стороны Министерства образования, так и наших коллег из других ведомств. После совещания у Президента разработаны планы взаимодействия, подписан Договор о сотрудничестве с Министерством образования, на постоянной основе проводятся совместные научно-технические советы, чтобы еще раз, собравшись за одним столом с представителями реального сектора экономики, наметить векторы нашего будущего развития, определить круг первоочередных задач, совместно выбрать проекты, нуждающиеся в научно-методическом сопровождении, и выстроить конструктивный диалог, который позволит наладить эффективную кооперацию. Нам вместе предстоит протоптать тропинки в малоизученных областях, по которым отечественная наука и промышленность затем пойдут дальше.

■ *О каком горизонте планирования идет речь?*

– Горизонт многоуровневый, условно его можно разделить на ближайший, среднесрочный и долгосрочный. Если мы касаемся конкретного заказчика, составленного Министерством промышленности и содержащего те прикладные вопросы, которые необходимо решить в ближайшее время, прежде всего в части импортозамещения, повышения конкурентоспособности отечественной продукции, то в этом случае горизонт планирования от года до 3 лет. Ведь если задача оперативно не решится нами, то производственный сектор будет вынужден привлекать для ее выполнения импортные технологии, а это делает нас уязвимыми перед внешними факторами. Поэтому, что касается заказчика, стремимся ставить перед собой минимальные сроки. Горизонт же остальных программ научных исследований и государственных научно-технических программ – 5 лет.

Есть и такие научные направления, которые в ближайшем будущем, возможно, не дадут какого-то осязаемого коммерческого результата, но они генерируют новые знания, являющиеся фундаментом для развития технологий следующего поколения. Наши предшественники оставили хорошую базу, которой мы пользуемся, и мы обязаны обеспечить таким же качественным багажом будущих ученых, используя который они смогут двигаться дальше.

Неоднократные попытки внедрения программных документов в виде задачек ранее не приводили к желаемым результатам и превращали их в формальный невостребованный элемент, не содержащий строгих критериев. Вы полагаете, что на этот раз все будет по-другому?

– К сожалению, «задачник» часто ассоциируется с перечнем, извините за это слово, «хотелок» – насущных запросов и пожеланий тех или иных представителей различных ведомств. Именно поэтому мы сейчас проводим работу по его трансформации в конкретный рабочий план. Он предполагает четкую фиксацию проблемных вопросов, подлежащих решению, с обязательным указанием исполнителей, сроков реализации, необходимых материальных и финансовых ресурсов с определением их источников, критериев достижения результата, ответственности сторон, а также механизмов контроля за ходом и выполнением работ. Такой подход обеспечит переход от абстрактных намере-

ний к практическим действиям. В части критериев по степени важности на первом месте стоит коммерциализация и экономическая эффективность. Разработка должна внедряться и приносить прибыль конкретному предприятию. Если речь идет об обеспечении технологического суверенитета и реализации программы по импортозамещению, то ведущим критерием является результативность. К примеру, ученые НАН Беларуси предлагают сопоставимую технологию с показателями, не уступающими импортной. По цене, учитывая эффект объема, она может быть несколько дороже, но если в силу некоторых внешних причин, к примеру санкционного давления, импорт перестает быть доступным, наличие собственного аналога предоставляет отечественному производителю окно возможностей. В таком случае вероятно, что прибыль на первом этапе будет чуть меньше, однако она будет, но главное, что предприятие сможет работать дальше, платить зарплату работникам и налоги в бюджет.

Почему с науки «жесточайший спрос», а с промышленности – более лояльный?

– В силу своей корпоративной принадлежности мы склонны наблюдать только за тем, что происходит в научной сфере. Но поскольку я имел возможность видеть разные отрасли, могу утверждать, что промышленность находится под таким же пристальным вниманием со стороны Главы государства. Мы просто не всегда отслеживаем уровень этих требований. И если и говорить об особом отношении к науке, то это касается особого внимания в вопросах поддержки, а не в более жестком спросе.

В чем, по вашему мнению, заключается основная проблема, из-за которой промышленность неохотно принимает научные разработки: в бюрократических барьерах, разной управленческой культуре, ведомственных подходах, недостатке компетенций или других факторах? Какие инструменты можно применить для оперативной стимуляции этого процесса уже сейчас, без отсрочек?

– Проблема недостаточно высокой заинтересованности промышленности в научных разработках и услугах отечественных ученых действительно существует. Причин тому несколько. Первой я бы назвал общечеловеческое желание идти по пути наименьшего сопротивления, ведь проще взять импортное оборудование с готовой

технологией «под ключ». Она работает сразу, и у предприятия нет никакой головной боли, что позволяет ему двигаться дальше. Когда речь идет о перспективной отечественной разработке, то надо понимать, что неизбежен этап опытно-промышленной эксплуатации с доведением отдельных элементов технологии, что называется, «до ума», решением возникающих проблем. Это занимает время, которое, как известно, стоит дорого. В какой-то мере объяснимо, почему иногда при выборе подходов чаша весов склоняется в сторону импорта, хотя сейчас есть понимание того, что, выбрав на каком-то этапе более простое решение, в последующем можно столкнуться с проблемами, решение которых растянется на годы. Представьте, что при реализации проекта, в основе которого лежат заимствованные импортные решения, в определенный момент, когда до финиша останется 15–20%, иностранный поставщик откажет в поставке некоторых элементов оборудования либо программного обеспечения. Соответственно, риску подвергнется весь проект, а вложенные средства уже не вернуть. И поверьте, это не гипотетическое предположение, это, к сожалению, реальность сегодняшнего мира. И как ответ на эти риски мы видим изменения в отношении предприятий различных форм собственности к отечественным научно-исследовательским работам.

Вторая причина – недостаточная технологическая готовность некоторых наших предприятий различных секторов экономики к внедрению инновационных разработок. Потому что современные научные идеи зачастую требуют и современного производства. Предприятие, прошедшее модернизацию, этим критериям соответствует, а те, кто этого не сделал, могут оказаться не в состоянии оперативно внедрять инновации, поскольку быстро получить новое технологическое оборудование не всегда удастся, а длительное ожидание приводит к потере потенциальных рынков сбыта и, как следствие, утрате смысла заниматься этой работой.

Еще один блок вопросов, который нельзя не учитывать. На данный момент имеется достаточно большой объем текущих задач, которые предприятия должны решать здесь и сейчас. И когда исследователи предлагают им перспективные научные разработки, у потенциальных заказчиков возникает вопрос: когда и на каких площадях этим заниматься, где взять дополнительные кадровые ресурсы, а главное – приведут ли эти усилия к значимому финансовому результату? В условиях такой неопределенности нередко выручают научно-производственные

объединения НАН Беларуси, берущие на себя этап внедрения.

Наглядный пример – опыт Физико-технического института. Если существует потребность компаний в небольших объемах уникальных изделий либо несерийного оборудования, то институт способен на своих производственных участках наладить мелко-серийное производство. Если же просматриваются большие коммерческие перспективы, то разработка, уже доведенная «до ума», передается промышленному предприятию со всеми расчетами и технологическими регламентами. Такие примеры есть, и их немало. Мы планируем в дальнейшем активнее задействовать свой промышленный потенциал для того, чтобы выпускать опытно-промышленные партии на собственных мощностях, для подтверждения высоких потребительских качеств разработанной продукции. На совещании у Главы государства эта тема поднималась.

Важный вопрос, который до сих пор остается открытым: из каких источников и в каких объемах должна финансироваться работа по выпуску опытно-промышленных партий и опытно-промышленной эксплуатации? Академия наук выступает заказчиком Государственной программы «Наука для экономики и общества» на 2026–2030 гг., и в какой-то мере можно использовать возможности программы для данной работы. Но в целом технологическая цепочка от фундаментальной идеи до прикладных исследований и внедрения требует небольшой доработки с введением понятных, прозрачных механизмов финансирования отдельных направлений научно-производственной деятельности и инициативных проектов, а также базового финансирования. Эти нововведения сейчас активно обсуждаются и, в принципе, поддерживаются Президентом и Правительством.

Хотелось бы уточнить, что вкладывается в понятие «базовое финансирование»? Это ведь не такой и новый подход?

– Нельзя утверждать, что это нечто совсем новое. Скорее, речь идет о корректировке используемых ранее методов. Суть предложений сводится к следующему: поскольку государственное научное учреждение в рамках своей деятельности использует государственную собственность, здания и сооружения, то целесообразно рассмотреть возможность прямого выделения государством средств на поддержание своей собственности в надлежащем состоянии и финансирования текущей деятельности.

Таким образом, базовое финансирование – это капитальный и текущий ремонт, оплата топливно-энергетических ресурсов, содержание аппарата управления, благоустройство территории, уборка снега, вывоз мусора и прочие расходы. То есть то, что не имеет никакого отношения к науке. Данный вопрос возник потому, что на практике сегодня накладные расходы многих научных учреждений превышают 50%. Иными словами, государство выделяет деньги на науку, а большая половина из них уходит на обеспечение текущей деятельности. Вопрос важный, и он требует решения. Де-факто получается, что текущий ремонт какого-то помещения – большая научная проблема, а дворник в Ботаническом саду – научный сотрудник и получает свое жалование из средств, выделяемых на науку. Планируется эти перекосы в финансировании исправить в ближайшее время. Мы считаем, что это окажет положительное влияние и на проблемы, связанные с выпуском опытно-промышленных партий изделий и опытной промышленной эксплуатацией оборудования, о которых говорилось выше. Когда мы обеспечим базовым финансированием текущую деятельность учреждений, институты смогут в большем объеме вкладывать свои заработанные средства в сектор научных исследований и разработок, появится дополнительная возможность самим финансировать инициативные темы и проекты, доводить научные идеи до состояния готовых продуктов с понятными рыночными перспективами.

В этой связи планируется ли изменение общего статуса научных учреждений? Предполагается ли их трансформация – внутренняя или внешняя – в соответствии с теми требованиями, которые к ним предъявляются?

– Разработан план, пока в «черновом» варианте, об оптимизации структуры, которая будет проходить поэтапно. Уже подготовлены предложения: где-то предусматривается реорганизация, где-то – объединение, где-то, как вы правильно заметили, изменение статуса научного учреждения. Какие-то процедуры будут закреплены Указом Президента, возможно, потребуются нормативные акты на уровне Правительства, а там, где позволят наши полномочия, решения будут приняты и на уровне Президиума НАН Беларуси. Это необходимо для того, чтобы улучшить управляемость, а главное – повысить эффективность функционирования Академии наук.

Надо полагать, будут выработаны некие показатели, которым должен соответствовать каждый институт? Или будет проведена общая ревизия деятельности научных организаций?

– Основополагающий критерий, единый для всех, – эффективность. Если организация работает эффективно, все остается как есть, за единственным исключением: будут внедряться современные подходы, направленные на снижение затрат и предоставление дополнительных возможностей для ее развития. Но если институт как финансово, так и научно неэффективен, ему придется перестраивать свою работу, находить новую нишу. К счастью, организаций, которые не показали эффективной работы, – единицы, а вот недостаточно результативных, где требуется оптимизация, к сожалению, немало. Мы считаем, что оптимизация, конечно, потребует определенных усилий, но она же и откроет новые возможности и перспективы для движения вперед. Я очень рад, что такие подходы находят поддержку и понимание со стороны руководителей институтов, что они активно делятся своими идеями, представляют разумные, проработанные предложения. Это позволило обеспечить высокий уровень взаимодействия со всеми организациями, входящими в структуру Академии наук.

Я не устану повторять, что не надо путать понятия «эффективность» и «эффектность». Эффектная работа не нужна в науке, нужна эффективная.

Владимир Степанович, скажите, определены ли уже или еще будут установлены временные рамки трансформации научных организаций?

– Такие планы есть. Хочу лишь обратить внимание на то, что все перемены должны и будут проходить в строгом соответствии с законодательством, в том числе и с требованиями Трудового кодекса. Думаю, что основной этап совершенствования структуры и механизмов финансирования будет завершен к концу первого полугодия 2026 г. Мы для себя определили контрольные временные точки – 1 апреля и 1 июля. Но сотрудникам волноваться точно не стоит, мы нацелены на то, чтобы сохранить и приумножить все лучшее, но внести корректировки там, где есть проблемы. Наши планы не должны пугать тех, кто работает и заинтересован трудиться дальше, перед ними лишь откроются дополнительные возможности. Понятно, что базовое финансирование позволит отвлекать меньше средств из научной сферы на текущую деятельность,

что, я уверен, положительно скажется на уровне заработной платы научных работников. Более того, есть предложение (оно находится на согласовании в соответствующих госорганах), касающееся существенного повышения доплат за ученые степени. Но хочу отметить, что речь не идет об уравниловке. Распределение средств будет строго регламентировано. На максимум могут претендовать кандидаты и доктора наук, занятые в перспективных направлениях развития научного знания, работающие в рамках научно-исследовательских проектов в аккредитованных научных организациях. Учитывая насущные проблемы сохранения и увеличения количества ученых, предполагается также существенно повысить надбавки тем, кто успешно готовит аспирантов, то есть следующее поколение ученых.

Можно уточнить, как и кем будет контролироваться эта система выплат?

– Сегодня уже существует система установления доплат за ученые степени и звания. В нее планируется внести дополнения, дающие право на получение повышенной надбавки за ученую степень и устанавливающие четкие критерии, кто может на нее претендовать. Данная доплата должна быть не просто способом повышения заработной платы, а иметь для научных сотрудников выраженный стимулирующий характер. Решение будет приниматься только коллегиально, и, конечно, будут внедрены механизмы контроля за корректностью и справедливостью данного процесса.

Система возврата бюджетных средств работает и сегодня, но она, к сожалению, не мотивирует на то, чтобы научное учреждение охотно бралось за инновационные проекты для реального сектора экономики. Все дело в несовершенстве законодательства, размытости понятий. Практика такова, что многим институтам приходилось возвращать бюджетные средства не потому, что задача не выполнена, а в силу несоблюдения неких формальных признаков.

– Этот вопрос также поднимался на многих уровнях и в разные периоды, и я уже на него частично отвечал. Стоит задача более четко урегулировать взаимоотношения между заказчиком и исполнителем. В проекте готовящегося нормативного акта содержатся конкретные критерии оценки эффективности и планируется ввести понятие «результативность». На практике все должно выглядеть так: если

задача не выполнена – то вопрос к исполнителю, если заказчик принял разработку, соответствующую всем заявленным параметрам, то оперативное внедрение в практику – зона его ответственности.

Как регулировать ситуацию, если при реализации проекта возник объект, который представляет интерес для третьей стороны, то есть находящейся за пределами интересов заказчика? Наука должна зарабатывать деньги, а инструмента нет?

– Заказчик в лице представителя реального сектора экономики либо государства, оплативший работы и являющийся собственником данной разработки, вправе использовать ее так, как считает нужным. Если же мы говорим об инициативной разработке ученых, то это другой вопрос. На этот счет имеются разные механизмы – от регулярной выплаты роялти до продажи лицензии. Здесь ключевой вопрос: кто плательщик? Сторонняя коммерческая организация? Или объект интеллектуальной собственности, созданный инициативно и за собственные средства института, передается для тиражирования государственному предприятию реального сектора экономики? Интеллектуальная собственность тоже имеет свою стоимость, и есть механизм ее определения. Если ее внедрение в практику соответствует интересам государства, то можно предусмотреть механизм безвозмездной передачи научных разработок организациям государственного сектора с последующей компенсацией из бюджета при планировании следующего финансового года. Это позволит компенсировать затраты и материально стимулировать исследователей для новых коммерчески успешных научных проектов.

Понятно, что сложных вопросов, с которыми мы столкнемся при практической реализации данных подходов, будет немало, но надеюсь, что такие методики все-таки будут созданы, и они будут рабочими. Тем более что методика оценки стоимости объектов интеллектуальной собственности уже существует.

Нельзя обойти стороной еще один важный момент, касающийся работы экспертных групп и экспертизы проектов. Требуется ли трансформация этой работы: ускоренная, более точная и четкая экспертиза, повышенная ответственность экспертов?

– Эксперты – очень квалифицированные люди. С моей точки зрения, экспертиза должна стать более

принципиальной. Да, эксперт в состоянии оценить актуальность темы, то, насколько она соответствует тем или иным направлениям, в том числе и статусу академического института, но он также понимает, что институту нужно зарабатывать деньги на текущую деятельность. В результате мы нередко сталкиваемся с тем, что называется мелкотемьем, и это при том, что имеется большое количество актуальных и востребованных разработок, в которых нуждается страна. Появление механизма базового финансирования позволит нам совместно с ГКНТ более активно проводить работу по повышению объективности и принципиальности экспертизы. Мы полагаем, что в итоге количество мелких проектов сократится, что приведет к уменьшению нагрузки на экспертов и положительно скажется на скорости и качестве прохождения экспертизы, а также увеличит число знаковых проектов в различных сферах.

Рассматривается ли в принципе какая-то поддержка экспертов, их особый статус, ведь, как правило, они привлекаются к экспертизе на добровольных началах либо с минимальным уровнем оплаты их труда?

– Они получают зарплату по месту работы. Возможно, этого недостаточно. Поэтому одно из предложений, которое тоже докладывалось на совещании у Главы государства, – разрешить в основное рабочее время до 25% его продолжительности заниматься экспертной и педагогической деятельностью, естественно, не в ущерб основной работе, а нанIMATEлю предоставить право дополнительно стимулировать тех, кто не ограничивается строгим соблюдением должностных обязанностей, а готов на нечто большее. Механизм, который позволяет дополнительно простимулировать таких работников, есть – это надбавки за сложность и интенсивность труда. Это в общих чертах. Более четко все будет изложено в проекте нормативного правового акта, который, я очень надеюсь, вскоре будет подписан.

Среди актуальных тем, которые не раз поднимались на самых разных уровнях, – венчурное финансирование.

– Тема действительно злободневная, ведь венчурное финансирование предполагает поддержку высокорисковых проектов, которые не всегда дают практический результат. Никто не оспаривает важность и актуальность данного направления, но следует учитывать и риски, которые оно несет. В первую

очередь – это реальная опасность научного иждивенчества: вот подадим красивый проект, пообещаем горы, получим средства, а потом отчитаемся, написав, что очень старались, но ничего не получилось. С другой стороны, в эпоху керосиновых ламп исследования в области электричества тоже считались высокорискованными, и многие из них закончились ничем, но в том числе и благодаря им в последующем электричество плотно вошло в жизнь человечества.

Дискуссии по этому поводу идут острые и активные. Я уверен, что взвешенное сбалансированное решение в ближайшее время будет выработано. А пока могу лишь высказать исключительно свое личное мнение. Считаю, что механизмы венчурного финансирования в первую очередь должны «обкатываться» на базе технопарков вузов, там, где сконцентрирована наиболее креативная часть научного сообщества – молодые представители профессорско-преподавательского состава, студенты. На первом этапе деньги следует направлять только на покрытие прямых затрат, а не на зарплаты и бонусы, это позволит в последующем четко проконтролировать, что было сделано и сколько это стоит. Такая модель, с моей точки зрения, на данном этапе наиболее оптимальна.

Важны и вопросы определения источников финансирования. Они тоже находятся в стадии обсуждения. Вероятнее всего, это не должны быть прямые бюджетные деньги. Предполагается привлекать средства как из различных фондов, в том числе государственных, так и из реального сектора экономики, а координатором может выступить Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, который будет проводить конкурсный отбор и приемку результатов.

Прямо скажем, это для БРФФИ новое направление, которое потребует дополнительной проработки и приведет к росту нагрузки на данную структуру, но, учитывая важность этой работы, мы к этому готовы. Тем более Глава государства указывал, что на этапе формирования механизмов венчурного финансирования в первую очередь Академия наук должна сконцентрироваться на организации этой работы, а БРФФИ – это как раз структура, которая входит в НАН Беларуси. И если данное направление будет успешно развиваться, то это, несомненно, послужит усилению координирующей роли Академии наук и приведет к росту инновационной активности реального сектора экономики.

Кроме того, это откроет двери для реализации самых смелых идей как академическим ученым, так

и представителям вузовской и отраслевой науки, позволит активно реализовать совместные проекты. В перспективе технопарки смогут стать опытными лабораториями для крупных предприятий, которые будут заказывать молодежи какие-то исследования либо воплощать идеи своих молодых конструкторов, а академическая наука будет обеспечивать научное сопровождение и на первичном этапе проводить оценку той или иной идеи, промышленного образца на предмет их перспективности и востребованности. Мы планируем активно работать над тем, чтобы система венчурного финансирования действительно заработала, чтобы она функционировала и развивалась – это требование времени.

Мы говорим о корректировках, которые вносит время, о новых компетенциях ученых. Не значит ли это, что им необходимо развивать предпринимательские навыки, повысить уровень бизнес-знаний?

– Выскажу свое личное мнение. Я видел немного примеров, когда ученые начинают заниматься бизнесом и достигают ярких и положительных эффектов. Многие ученые при подготовке своего бизнес-проекта все расчеты строят на определении потребности, а потом удивляются, что их продукт или услугу никто не покупает. Приходится объяснять, что потребность и спрос – это разные вещи, что ориентиром должен быть спрос, то есть финансово обеспеченная потребность, кроме того, в бизнесе еще очень много факторов, оказывающих влияние на успешность того или иного проекта. Я считаю, что учить маститых ученых-практиков азам экономики – это неэффективное использование их колоссального потенциала. Гораздо важнее организовать работу так, чтобы аппарат НАН Беларуси более активно брал на себя функции коммерциализации и трансфера технологий, а ученые должны радоваться новым научным достижениям и получать за них достойное вознаграждение.

– То есть вы полагаете, это задача аппарата – сопровождение и поддержка внедрения?

– Именно так, он для этого и существует. Тем не менее, если у кого-то получается что-то делать самостоятельно и продавать, мы не только порадуемся, но и окажем всю необходимую помощь. С моей точки зрения, гораздо целесообразнее оказывать ученым помощь и поддержку путем предоставления информации и отслеживания существующих конкурсов,

проектов, в которых они могут участвовать, сопровождать эту деятельность на всех этапах. Информирование о наиболее интересных направлениях, где есть компетенции, но нет готовых решений, имеется рыночная перспектива, очень ценны. То есть речь идет о маркетинге, продвижении, рекламе. Это тоже научная сфера, только требующая несколько других знаний, умений и навыков.

Глава государства четко сказал, что если науке нужен центр трансфера технологий – структура, которая будет заниматься исключительно оценкой разработок и их потенциала для реального рынка, подготовкой документов и прочим, – создавайте его в рамках существующей штатной численности. Но для начала следует разобраться, что у нас есть и с какими рыночными перспективами. Если количество имеющихся разработок значительно превышает возможности существующей структуры и ее способность обеспечить их эффективное сопровождение, будем поднимать вопрос о создании дополнительного центра трансфера технологий для этой работы. То есть дело не в красивой вывеске, а в том, что за этим стоит. Эта функция пока не в полной мере выполнялась у нас в Академии наук. Поэтому это еще одно направление, которое нужно освоить.

– Интеллектуальный потенциал, о котором говорил Александр Лукашенко на встрече с научной общественностью, – серьезный ресурс нации, который следовало бы, наверное, оценить и всесторонне поддерживать.

– Все зависит от того, что вкладывается в понятие «интеллектуальный потенциал». Это знания и их генерация, одновременно участие в международных проектах, работа в совместных лабораториях, над совместными проектами. С моей точки зрения, на качественно новый уровень выходят отношения с Российской Федерацией, Китайской Народной Республикой. У нас большие надежды на Международную ассоциацию Академий наук, которая демонстрирует то, что и в этой структуре есть запрос на углубление интеграции и объединение интеллектуальных потенциалов наших организаций и компетенций друг друга. Общаясь со многими руководителями научных структур из других стран, часто приходится слышать об их готовности взять сотню наших специалистов на длительную стажировку. Но наша позиция здесь твердая. Мы считаем, что не следует переманивать ученых друг у друга, гораздо эффективнее определиться, можем ли мы реализовать совместный проект

и какую его часть может выполнить каждый в своей стране. Это более правильно и перспективно. Сейчас активно создаются совместные лаборатории, центры, и это радует. Они начинают обретать и стабильное финансирование, и конкретные проекты, что позволяет создать устойчивую систему, в которой объединение усилий и интеллектуальный труд становятся движущей силой научного и технологического прогресса страны.

– Наступил 2026 г. – год новой пятилетки и новых возможностей, понятный и уже очерченный горизонт развития отечественной науки. Какими вам видятся наука и НАН Беларуси в 2035 г.?

– Очень надеюсь, что Академия наук будет работать по принципу эффективной научно-производственной корпорации с хорошим финансированием, с объемом реализации инновационной продукции и научных разработок на порядок выше, чем сейчас, и по тем направлениям, которые, без сомнения, востребованы во всем мире – биотехнологии, новые материалы, микроэлектроника, цифровые технологии, робототехника и медицина. Конечно, большие надежды на гуманитарную науку, которая должна будет продемонстрировать очень глубокие и интересные работы. Ведь развитие технического прогресса без каких-то нравственных ориентиров – очень опасный путь.

Замечу, кстати, что робототехника включена в государственную программу, более того, выделено отдельное направление – создание роботизированных платформ. Это не просто дань моде, это будущее. Нам нельзя упустить этот шанс. Это тот выбор, который делает сегодня белорусская наука. Мы должны стремиться к тому, чтобы на смену физически тяжелому, монотонному, рутинному человеческому труду пришли машины. А человек должен, используя свои уникальные возможности, творить, созидать, самореализовываться.

Что касается белорусской науки, то, опираясь на свои традиции и потенциал, она должна и может не просто идти в ногу с мировыми тенденциями, но и формировать собственные направления технологического и человеческого развития, где в центре всегда остается человек – мыслящий, созидающий, вдохновляющий. ■

Жанна КОМАРОВА



Глобальные изменения, вызванные цифровой трансформацией всех сфер деятельности, обусловили необходимость серьезных сдвигов и в высшем образовании. Ведь вуз априори – самый чувствительный барометр в области профессиональных компетенций и кадровых запросов, который в современных условиях должен идти в ногу со временем, предлагать новые формы обучения, усиливать интеграцию фундаментальности и практико-ориентированности, учитывать, что знание в новом мире приобретает более инструментальный характер. Как отвечает на вызовы времени отечественная высшая школа и какими видятся ее перспективы, рассказывает министр образования Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси Андрей ИВАНЕЦ.

Треки высшего образования

Андрей Иванович, университетам во все времена отводилась роль производителя знаний и формирования личности. Насколько она трансформировалась сейчас?

– Белорусская высшая школа развивается в традиционном стиле, и это, по моему мнению, абсолютно правильно, потому что миссия университета как научно-образовательного и социокультурного центра будет неизменна еще на протяжении многих лет. Глубоко уверен в том, что во все времена наука в вузах должна занимать лидирующие позиции, и это неизбывное условие их существования, иначе они превращаются в колледж или в школу. Неизменной остается их роль в генерации инноваций. Это устоявшийся тренд, доказавший свою жизнеспособность. Ведущие мировые университеты, по сравнению с нашими, на сегодняшний день имеют следующее соотношение занятых: 20% работников готовят специалистов на уровне бакалавриата, 30% занимаются подготовкой магистров, а 50% – инновациями. Мы тоже перестраиваемся на эти рельсы, и это абсолютно верный выбор, поскольку при мощном инновационном блоке, хорошем арсенале фундаментальных и практико-ориентированных исследований станет более совершенной и образовательная траектория.

Новая реальность диктует необходимость формирования современной творческой, научной среды, совершенствования методологии обучения, организационной культуры вузов. Какие изменения происходят в отечественной системе образования?

– В этом направлении Министерством предпринято несколько серьезных шагов. В первую очередь это предоставленная университетам возможность внедрять до 50% своего вузовского компонента при

проектировании учебных планов наряду с выполнением необходимых требований к наличию государственного компонента. То есть по одной и той же специальности в разных вузах страны, например в Белорусском, Полесском, Гродненском государственных университетах, набор дисциплин может существенно отличаться индивидуальным сочетанием теоретических знаний, практических навыков, спецификой конкретной образовательной программы.

Отмечу еще одну новацию Минобразования – запуск в виде экспериментальной программы дуальной формы обучения, предоставляющей студентам уникальную возможность учиться и одновременно работать на производстве по будущей специальности, глубоко осваивая навыки профессии. Важным условием такого формата является наличие монозаказчика. Пионером в этом деле выступило ОАО «Нафтан», которое совместно с Полоцким государственным университетом открыло подготовку кадров для нефтехимического комплекса по трем специальностям, подразумевающую реализацию львиной доли учебного компонента непосредственно в стенах объединения. Безусловно, это требует оснащения и лабораторий, и учебных классов, готовности не только профессорско-преподавательского состава обучать в новых условиях, но и работников «Нафтана» принимать серьезное участие в образовательном процессе. В результате студенты получают достаточно специфические знания, «заточенные» под нужды именно этого производства, и, безусловно, должны остаться работать именно здесь. Такая двойная система обеспечивает эффективный и сбалансированный подход к подготовке будущих профессионалов.

И совершенно уникальная программа специализированного высшего образования спроектирована БГУИР и ОАО «ИНТЕГРАЛ», выступившего заказчиком узких специалистов в области микроэлектроники. Программа рассчитана на 6 лет обучения, с выдачей диплома магистра и позволяет получить специфические знания и навыки конкретно под потребности предприятия.

Для цифровой эпохи нужен соответствующий персонал, обладающий совершенно иными компетенциями, нежели имеющиеся сейчас. Насколько отечественная система образования готова к таким серьезным сдвигам и какие образовательные продукты (стандарты) способствуют этому процессу?

– В 2022 г. в Республике Беларусь внедрен новый классификатор специальностей высшего образования. Их количество сокращено посредством объ-

единения или укрупнения с 630–650 до почти 330. Укрупненные специальности получили в свою очередь развитие в профилизации, не требующей внесения изменений в классификатор. Если раньше при открытии новых образовательных направлений необходимо было создавать новую специальность, то сегодня такой потребности нет. В рамках каждой из них можно выработать достаточно большой перечень профильных дисциплин и таким образом, без искусственного рождения новых профессий, достаточно оперативно – в течение буквально полугода – корректировать учебную программу или учебный план. К примеру, Министерством образования совместно с Комитетом государственного контроля введена профилизация специальности «Государственный аудит» в области государственного управления, финансов, финансового контроля и аудита. С помощью этого гибкого механизма заказчик сформировал требования к содержанию образования будущих работников, необходимых ведомству, что позволит получить высококлассных профессионалов.

То есть мы предпочитаем осуществлять подготовку работника с новыми компетенциями в рамках существующей специальности через расширение перечня профилизаций либо через изменение вузовского компонента без изменения государственного. Это абсолютно правильный путь, потому что чем больше специальностей, тем сложнее управлять рынком труда с точки зрения трудоустройства на протяжении всей жизни. Ведь сегодняшняя востребованность специалиста не гарантирует потребности в нем через 20–30 лет. Министерством образования совместно с Министерством труда закончена трехлетняя работа по созданию сопоставительных таблиц между профессиональными и образовательными стандартами. Это огромный труд, который во многом разрешил извечный спор о том, какие из них важнее, и поставил во главу угла профстандарты, описывающие требования к квалификации работника для выполнения определенной трудовой функции, и уже на основании их установлено, какие знания, умения, навыки и опыт необходимы для этого.

Готовят ли университеты студентов к профессиям, которые пока находятся в стадии зарождения, например специалистов по искусственному интеллекту и машинному обучению, инженеров по робототехнике, урбанистов-экологов и т.д.?

– Хотел бы развеять миф о том, что искусственный интеллект – новое направление для нашей страны. Это далеко не сверхзадача, от решения кото-

рой мы отстали. Подготовка по этой специальности в Беларуси была начата в 1995 г., то есть более 30 лет назад, в БГУИР. В 2004 г. к нему присоединился Купаловский университет, в 2020-м – Брестский государственный технический университет. Каждый из них за счет вузовского компонента имеет свою направленность. БГУИР, к примеру, как первопроходец больше специализируется на семантических моделях создания алгоритмов ИИ, Брестский ориентируется на инженерные аспекты искусственного интеллекта, Гродненский – на прикладные направления использования. В Бресте открыт центр компетенции по промышленной робототехнике и цифровой инженерии (БрГТУ), созданы лаборатории по ИИ, сформирована соответствующая инфраструктура. Тематика ИИ активно разрабатывается на 3 факультетах БГУ – прикладной математики, мехмате и радиофизическом.

Искусственный интеллект становится все более доступным для образовательной практики и применения как преподавателями, так и студентами. Наша задача – прописать открытые правила его использования с четким акцентом на соблюдении ответственности всех сторон за созданный ИИ-продукт. Они содержатся в инструктивно-методических письмах и рекомендациях и находятся в свободном доступе на национальном образовательном портале. Согласно им студентам при написании курсовых и дипломных разрешается применять инструменты ИИ. Это приветствуется и расценивается как ссылки из открытых источников. В готовом продукте обязательно должна быть отмечена часть, сгенерированная ИИ, указан промт, с помощью которого сгенерирована часть работы. При дальнейшей ее защите студент должен показать новизну и личный вклад в решаемую задачу. Преподаватели также могут задействовать ИИ при подготовке лекций, планов занятий, презентаций, интеллектуальных карт и других материалов. Главное, чтобы каждый специалист, занятый в системе высшего образования, умел обращаться с этим инструментом.

Как вузы откликаются на технические, технологические и цифровые трансформации и сказывается ли это на образовательном процессе?

– Отечественная система образования чутко реагирует на требования времени. Модернизируются управленческие и обучающие процессы, внедряются новые образовательные продукты, формируется инфраструктура. Одним из наиболее эффективных ее субъектов выступают центры компетенций

на базе вузов. В рамках утвержденной правительством Концепции развития инженерного образования Республики Беларусь до 2035 г. планируется в ближайшую пятилетку открыть порядка 30 таких структур. Четыре из них уже работают и представляют собой суперсовременные образовательные пространства с высокотехнологичным оборудованием, симуляторами, технологиями виртуальной и дополненной реальности, с помощью которых можно программировать, создавать и трансформировать уменьшенные копии реальных промышленных образцов для разработки и масштабирования впоследствии конкретных заказов предприятий. Такие центры уже открыты в Брестском техническом университете, БГУИР и 2 в БНТУ. Отрадно, что в их организации самое непосредственное участие принимают промышленные предприятия, заказчики кадров.

Безусловно, новые технологии неизбежно входят в нашу жизнь, и блок образовательных онлайн-инструментов, в том числе дистанционных форм обучения, платформ для самообучения, будет занимать все более широкую нишу. Отдельно остановлюсь на дистанционной форме получения высшего образования, которая реализуется в нашей стране уже на протяжении трех лет. Она достаточно четко сформирована: имеет прописанные каноны и правила организации, необходимые программно-аппаратные инструменты не только для проведения занятий, но и обеспечения всего образовательного процесса – электронные учебные пособия, электронные курсы, систему прокторинга – контроля за проведением соответствующих занятий. Предполагалось, что такой формат обучения будет очень востребован и станет быстро развиваться, однако на сегодняшний день только один вуз – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники – осуществляет набор и подготовку дистанционщиков. Как показала практика, эта форма образования более актуальна для студентов с особенностями психофизического развития, имеющих определенные сложности с точки зрения мобильности, передвижения, социализации, поэтому сбрасывать ее со счетов ни в коем случае не стоит – для определенной категории обучающихся она очень актуальна и перспективна.

Нет никаких сомнений, что в перспективе мы станем участниками огромных образовательных онлайн-платформ, и они будут нужны и эффективны для людей с хорошим базовым образованием, с дополнительными компетенциями, мотивированных

и высокоорганизованных. Однако убежден, что самые передовые технологии не в силах заменить реальное живое общение глаза в глаза с преподавателем, как и не способны умалить роль мировоззренческой роли образования, то есть формирование целостного понимания мира, культурологического кода, осознания важности социокультурной, социогуманитарной роли для всех специальностей. Через эту парадигму формируется личность человека и его гуманные и общепризнанные ценности, позволяющие использовать знания во благо и на созидание.

Какова роль Министерства образования в стимулировании сотрудничества с реальным сектором экономики, а также создания новых научно-образовательных экосистем?

– Каналы взаимодействия между сектором высшего образования и другими субъектами экономики активно развиваются. Минобразования установлены тесные связи с профильными отраслевыми министерствами, которые искренне заинтересованы в сотрудничестве с нами и стали нашими полноправными партнерами в деле профессиональной подготовки специалистов. Совместно с Министерством промышленности реализуется дорожная карта, представляющая собой стратегический план действий по содержанию образования, развитию образовательной среды и материальной базы наших организаций, научному взаимодействию, обеспечению и решению конкретных задач для предприятий Минпрома. Такая же дорожная карта разработана и с Министерством энергетики, которое курирует вопросы обеспечения кадрами для нужд ведомства и оказывает ощутимую помощь в пополнении матбазы учреждений образования, создании учебных лабораторий, размещении научных заказов. Такое взаимодействие свидетельствует о том, что вовлеченность профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, студентов в решение конкретных научных задач для отечественной экономики, в частности Министерства энергетики, будет залогом и качества образования, потому что новые знания, рождаемые в ходе работы на производстве, становятся элементами образовательного процесса, способствуют формированию профессиональных навыков и сокращают разрыв между теорией и практикой. Аналогичным образом выстроено взаимодействие со всеми отраслевыми министерствами.

Главное, что в эту орбиту вовлекаются и крупные региональные подразделения, и конкретные предприятия. Важную роль играет ПВТ в рамках реали-

зации дорожной карты сотрудничества по различным направлениям: внедрение ИИ в образовании, стартап-движение студентов, работа с одаренными школьниками. Динамично развивается сотрудничество с Министерством лесного хозяйства. Плодотворные связи установлены с Нацбанком. С ним проводятся республиканские олимпиады для школьников по финансовой грамотности, разрабатываются учебные пособия. Планируем организацию стажировок преподавателей в Нацбанке (банковское дело, экономика, цифровая экономика), отбираем одаренных студентов для прохождения там практики.

Подписано соглашение о сотрудничестве с Банком развития – основным финансовым инструментом поддержки инноваций и инновационного развития в нашей стране. С ним будут выполнены проекты, связанные с повышением квалификации наших преподавателей, вовлечением старшекурсников в живую работу учреждения, реализацией конкретных кейсов.

Отдельно следует выделить взаимодействие вузов с организациями НАН Беларуси. Это участие академических ученых в образовательном процессе, выполнение общих исследований, использование современного оборудования академических институтов для совместной работы ученых и подготовки кадров. Конечно, помимо новых форматов взаимодействия в рамках университетов следует развивать подготовку кадров и на базе промышленных предприятий. Мы обратились к опыту Советского Союза и реализуем перспективную инициативу – организуем студенческие конструкторские бюро, объединяющие студентов, молодых ученых и преподавателей для решения прикладных задач, создания опытных образцов и прототипирования. К началу учебного года разработано Положение о студенческих конструкторских бюро, где прописаны цели и основные направления их деятельности. С уверенностью можно сказать, что эти структуры вызвали серьезный интерес со стороны отечественных субъектов хозяйствования. Подписано соглашение между МАЗом и БГУИР, ОАО «ИНТЕГРАЛ» и БГУИР, БЕЛАЗом и БНТУ об открытии таких подразделений.

Не списываем со счетов и традиционные филиалы кафедр на предприятиях, проведена их полная ревизия, обозначена задача усилить роль в выполнении более серьезной миссии – решении современных технологических запросов.

По нашей инициативе вносятся изменения в Трудовой кодекс, которые поддержаны всеми регуляторами, о привлечении специалистов-практиков к

проведению учебного процесса в вузах и колледжах. В настоящее время, согласно нормам действующего законодательства, любому смежнику со стороны для преподавания в вузе нужно смещать свой рабочий день либо тратить выходной и получать при этом почасовую оплату. Понятное дело, что привлечь на таких условиях высококлассные кадры достаточно проблематично. Необходимо создать им благоприятные условия, в первую очередь сохранить основное рабочее время и зарплату на предприятии, предложить удобное расписание, согласованное с руководством компании. К счастью, мы находим отклик у руководителей субъектов хозяйствования и уверены в том, что в случае корректировки кодекса лучшие профессионалы пополнят ряды наших преподавателей.

Предпринимаются ли меры по закреплению молодежи на производстве?

– Такая работа, безусловно, ведется. Сейчас по инициативе Минобразования и Министерства труда корректируются ЕКСД по всем отраслям для того, чтобы обеспечить возможность трудоустройства учащихся выпускных и предвыпускных курсов по специальности. Пока это невозможно, поскольку отсутствие диплома сулит им перспективу получить лишь рабочую вакансию. В то же время это почти готовые специалисты, и если разрешить им хотя бы частичную занятость в рамках будущей профессии, это решит как минимум три важнейших задачи. Первое – на предприятии они получают недостающий опыт, второе – закрывается проблема практико-ориентированного обучения и адаптации на первом рабочем месте, третье – обеспечится управляемое позитивное распределение, которое будет рассматриваться не через призму лотереи, а в формате реальной деятельности на конкретном предприятии.

К тому же выпускники могут попробовать несколько вариантов трудоустройства, для того чтобы найти самый оптимальный. Парадигма выбора первого рабочего места молодого специалиста как социальная гарантия будет реализована в этом случае в полной мере. Более того, она полностью соответствует задаче, поставленной Главой государства на Республиканском педсовете, о возможности так называемого предварительного распределения. По сути, им и является занятость на выпускном и предвыпускном курсах, поскольку молодой человек при ходатайстве руководителя организации, в которой трудился, с большой долей вероятности будет в нее направлен для последующей работы.

Дигитализация приведет к тому, что многих профессий попросту не станет. Каким специалистам придется потесниться и не вызовет ли это проблему безработицы?

– Традиционные специальности высшего образования, по моему мнению, полностью не исчезнут, они трансформируются именно за счет совершенствования его содержания и применения компетентностного подхода при подготовке специалистов, заключающегося в формировании у обучающегося креативности, умения коммуницировать, выстраивании командной работы и т.д. Безусловно, появятся и новые профессии. В области информационных технологий, защиты информации, кибербезопасности это «информационная безопасность», «электронная экономика», «цифровой маркетинг», «кибербезопасность», «киберфизические системы». И они становятся все более востребованными. Ведь сегодня, чтобы парализовать экономику любого государства, совсем необязательно воевать – достаточно организовать кибератаку на объекты инфраструктуры, отключить программные продукты.

Не теряет своей актуальности и гуманитарное направление, поскольку в условиях так называемой гибридной войны, которая сейчас ведется достаточно открыто, важность и значимость подготовки таких специалистов тоже будет возрастать.

С точки зрения оценки качества нашего образования, одним из главных критериев является его привлекательность для иностранных студентов. О чем свидетельствует статистика?

– Буквально за последние два года их количество увеличилось с 30 до 35 тыс., расширилось и географическое присутствие – со 110–112 стран до свыше 120. Если раньше зарубежные учащиеся в основном учились в столичных университетах, то сейчас к ним присоединились и региональные вузы. Например, в Гомельском университете им. Скорины каждый четвертый студент – иностранец, в Купаловском и Витебском университетах – каждый 5-й. Более 5 тыс. иностранных студентов только из Китайской Народной Республики обучается в БГУ. Подходы к их образованию неуклонно трансформируются. К примеру, для большей их части преподавание ведется на английском языке. Обсуждается реализация пилотного проекта на китайском языке для выходцев из КНР, чтобы не тратить время на освоение русскоязычной программы. Поскольку изучение русского языка требует много времени, в ближайшее время

он скорее всего будет использоваться только для обучения слушателей постсоветского пространства.

Немаловажным аспектом, подтверждающим привлекательность нашего образования, является то, что по итогам вступительной кампании этого года более 4,5 тыс. медалистов остались в нашей стране. Несмотря на бытующие стереотипы о серьезном оттоке самых лучших за рубеж, сухие цифры статистики говорят о том, что 90% победителей республиканских олимпиад и 95% медалистов пришли на учебу в белорусские вузы.

Как развивается и раскрывается потенциал вузовской науки?

– За последние три года вузы нарастили экспорт научной продукции в 3 раза. Это лучшее доказательство востребованности наших продуктов за рубежом, хотя цели их экспортировать нет, потому что все лучшее мы в первую очередь внедряем у себя. Нашими студентами разработано два наноспутника, запущенных на орбиту. Фактически они представляют собой учебные лаборатории для студентов факультета радиофизики БГУ, которые используют данные, полученные из космоса, для обучения и моделирования своих опытов в различных областях. Особая наша гордость – система оптического наблюдения за поверхностью Земли «Сова», которая доставлена на МКС и там нашла свое применение. Она создана НИИ прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ. В этом же институте разработан и изготовлен комплекс-имитатор воздействия факторов околоземного космического пространства на твердотельные материалы, а также в рамках ГП «Научеёмкие технологии и техника» – ИАС «Природные ресурсы Беларуси».

Важный вклад в пополнение ассортимента изделий медицинской техники внес научно-технологический парк «Политехник». В 2025 г. по заказу Министерства здравоохранения им выпущено



Студенты автотракторного факультета БНТУ на практических занятиях на МТЗ



БГУИР: эталоны единицы мощности и ослабления электромагнитных колебаний



Космический наноспутник – разработка БГУ

около 3 тыс. эндопротезов коленных суставов и более 5 тыс. тазобедренных. Это серьезное подтверждение востребованности вузовской наукоемкой продукции. В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники разработаны системы контроля и управления беспилотным транспортом, а также эталоны единицы мощности и ослабления электромагнитных колебаний, Полоцким государственным университетом имени Е. Полоцкой для ОАО «ИНТЕГРАЛ» создана рецептура, а также технология получения органического масла для приготовления полирующей суспензии, предназначенной для двусторонней полировки кремниевых пластин.

Бесспорно, потенциал вузовской науки значительно больше и пока, к сожалению, используется не в полной мере. Как я уже отмечал, причина кроется в том, что преподаватели наших университетов в основном занимаются обучением студентов, в то время как их главным занятием должна быть наука. Преломив эту ситуацию, мы сможем с большей эффективностью превращать знания в инновации, а их, в свою очередь, в высокотехнологичные разработки. Уверен, что только в кооперации вузовской, академической и отраслевой науки мы сможем реализовать все стоящие перед нами задачи. ■

Дарья ХАЧИРАШВИЛИ

Глобальные МЕГАТRENДЫ в развитии НАУКИ



Василий Гурский,
главный ученый секретарь
НАН Беларуси, доктор
экономических наук,
доцент

Стремление к познанию присуще природе человека и относится к базовым его потребностям. Зачастую оно сильнее, чем потребность в безопасности и пропитании. Можно предположить, что люди стараются изучить окружающий мир, чтобы выжить или обеспечить себе более комфортную среду обитания. Вместе с тем не стоит игнорировать тот факт, что процесс познания имеет более глубокую природу и коренится в самой сущности человека как мыслящего существа. На наш взгляд, получение нового знания, его осмысление, интерпретация и интеграция в систему мировоззрения – важнейшая составляющая процесса формирования индивидуума, раскрытия его творческого потенциала. Иными словами, без процесса познания невозможно полноценное развитие личности. Причем речь идет не только об отдельно взятом ученом, но и об обществе в целом.

Исследователь, добывая знания, предоставляет их социуму, который ими пользуется. Даже если человек не проводит изыскания сам, но знакомится с публикациями и достижениями науки, он приобщается к новым знаниям, идет процесс их общественного усвоения и применения, вследствие чего все стороны интеллектуально и духовно обогащаются. Говоря современным языком, происходит расширенное воспроизводство человеческого и социального капитала. Именно в этом качестве рассматривалась наука в Древней Греции и в Древнем Китае на заре их становления. К слову, в Китае к настоящим

ученым причисляли тех, кто занимался философией, поэзией и каллиграфией, а изобретатели бумаги, пороха и компаса считались ремесленниками.

Сегодня акцент в процессе познания смещается в утилитарную сторону, предпочтение отдается знанию, необходимому для совершенствования техники и технологий, для экономического роста. Во многом именно практикоориентированность определяет направления вложения средств и, соответственно, перспективы науки как сферы деятельности. Это общемировой тренд, который вызван прежде всего жестким обострением конкуренции, стремлением к технологическому доминированию одних стран и желанием сохранить свою независимость – других. Игнорировать эти процессы невозможно. Как отметил Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко 21 ноября 2025 г. на совещании по вопросам развития научной сферы и деятельности Национальной академии наук Беларуси, «общество пришло к такому состоянию, что без науки дальше развития не будет», и подчеркнул: «Само время требует от нас консолидации усилий на магистральных направлениях, которые обеспечат для белорусского государства устойчивость и высокое качество жизни наших людей» [1].

Наука как особый вид человеческой деятельности по получению новых знаний превратилась в глобальную индустрию, стимулирующую экономику. Вместе с тем и сама наука, являясь мощной трансформирующей силой общества, претерпевает существенные преобразования, меняется ее облик (формы организации). Анализ мировых тенденций в развитии научной сферы позволил выявить следующие существенные изменения (мегатренды):

- диспаритет в отношении к фундаментальной и прикладной наукам, требование практических результатов на всех стадиях исследовательского процесса;
- активное развитие междисциплинарности, требующее сочетания методов и законов нескольких наук;

- широкое использование цифровых технологий, рост сферы применения технологий больших данных и искусственного интеллекта;
- резкое ускорение и сжатие инновационного цикла;
- формы представления научных результатов становятся более открытыми, доступными для широких коммуникаций (модель открытых инноваций), включая открытые базы данных, визуальные форматы и др.;
- возникновение научной кооперации (кластеры), распространение модели сопроизводства инноваций (co-creation) с участием потребителей, новые форматы самоорганизации в виде сообществ по интересам в социальных сетях и других интернет-ресурсах;
- трансформация модели взаимодействия государства, бизнеса и общества в части развития науки; использование вместо прямого финансирования из бюджета мер стимулирования инновационной активности, при которой государство остается центральным регулятором в сфере науки;
- усложнение и удорожание научной отрасли, вследствие чего растет дифференциация стран по уровню ее развития и разрыв по степени применения новых технологий в производстве;
- обострение конкуренции за лидерство в научно-технической области, что порождает технологический протекционизм и приводит к необходимости повышения технологического суверенитета;
- активное использование недобросовестного трансфера технологий, научно-технологический шпионаж, переманивание ведущих специалистов, ученых, деятелей культуры и искусства (перекатка мозгов).

Рассмотрим подробнее наиболее важные тенденции. Один из важнейших вопросов – соотношение фундаментальной и прикладной науки. Без поддержки первой требование практических результатов на всех стадиях исследовательского процесса и быстрой окупаемости вложенных средств неизбежно приводит к мельчанию результатов, которые зачастую носят характер частных решений сугубо прикладных (а значит – устаревших) задач. Ведомствам и компаниям гораздо проще иметь дело с краткосрочными, не очень дорогими, не самыми сложными проектами. Отказ от фундаментальной науки в пользу быстро окупаемых проектов не способствует прорывным достижениям и предвидению

будущего. При этом зачастую не получается выдерживать преэемственность в реализации начатых инициатив. Только государство в рамках долгосрочных программ научного и научно-технического развития может обеспечить устойчивое и динамичное функционирование науки.

28 мая 2021 г. в Пекине на 20-м съезде академиков Китайской академии наук Генеральный секретарь Центрального комитета Коммунистической партии Китая Си Цзиньпин подчеркнул: «Фундаментальные исследования находятся в начале цепочки научных исследований – от исследований до применения в производстве. Только тогда, когда прочно заложен фундамент, здание науки и техники может быть возведено на высоком уровне» [2]. Если даже в одной из самых высокотехнологичных стран на самом высоком уровне говорят о важности таких работ, это заслуживает особого внимания.

Известно, что фундаментальная наука имеет своей целью формирование знания о сути (природе) вещей, явлений и процессов, а также о законах природы и общества. Форма теоретического знания может быть разной – от определения понятия, формулы или уравнения до стройной теории, объясняющей взаимосвязи в той или иной предметной области. Недаром во все времена символом знания была книга. Без осознания сути вещей невозможно целенаправленно развивать и практические компетенции, как без знания закона Ома, например, или понимания природы электричества нельзя создавать электрические приборы. При этом именно теоретический багаж позволяет открывать новые практические направления. Так, электрическая лампочка появилась не вследствие совершенствования свечи или керосинки, а в результате открытия и изучения нового явления – электричества, практическая значимость которого поначалу ни для кого не была ясна. Так же и люминесцентные и светодиодные лампы стали следующим шагом в совершенствовании осветительной техники только после открытия новых материалов и эффектов.

Все знания, в том числе фундаментальные, со временем становятся прикладными. Только для получения практического эффекта от теории его необходимо апробировать и адаптировать, понять его место в общей картине мира. Зачастую оно не находит места в существующей системе знания и тем более в практике (например, открытие бозона Хиггса или темной материи). Для того чтобы определить полезность некоторых фрагментов нового знания, необходимо изобрести соответствующие приборы, материалы и технологии, с помощью кото-

рых можно будет воплотить нужную формулу или уравнение в реальность. Поэтому сочетание теоретических изысканий и практических разработок далеко не всегда возможно сразу. Зачастую требуется «подтянуть» смежные области, чтобы понять, как можно использовать уже полученные сведения. Как правило, это требует междисциплинарных исследований.

Большинство современных прорывных разработок носит комплексный характер, а значит, требует их изучения сразу в нескольких сферах, зачастую не связанных между собой напрямую. Так, например, создание систем искусственного интеллекта потребовало глубоких изысканий не только в физике, математике и информатике, но и в сфере права. Исследования в области генома человека столкнулись с морально-нравственной проблематикой. Новые знания в области геной инженерии сельскохозяйственных растений и животных требуют соответствующей медицинской экспертизы и правовой оценки. Междисциплинарность предполагает решение ряда научных и организационных вопросов, начиная от интеграции методологий в процессе исследований и заканчивая экспертизой комплексных программ научных изысканий с привлечением специалистов разных направлений. Для этого необходимы новые решения в сфере организации научных коллективов. Следует формировать кластеры научных организаций, создавать межотраслевые лаборатории, объединенные команды ученых и практиков под конкретные задачи.

Несомненно, от науки требуются и разработки для нужд современной экономики, и совершенно новые прорывные решения для будущего. Поэтому крайне важно разумное соотношение фундаментальных и прикладных исследований. Первые должны смотреть за горизонт, а вторые – генерировать инновации, которые могут быть внедрены уже сегодня или завтра, постепенно совершенствуя производительные силы общества и подготавливая базу для более глобальных изобретений.

Сегодня наука рассматривается как важнейший фактор развития общества и современной экономики. С одной стороны, научная революция формирует новую среду жизнедеятельности человека, характеризующуюся постоянно растущим разнообразием новых технологий (цифровых, биологических, аддитивных, блокчейн, big-data и др.) и расширением границ их использования, возникновением качественно новых материалов (био-, нано- и др.) и новых явлений (искусственный интеллект, виртуальная и дополненная реальность и др.), с другой –

только наука может ответить на новые вызовы, связанные с этим, выступая вместе с тем лишь одним из факторов движения общества вперед. Важно понимать, что наращивание потенциала прикладных наук не может происходить в отрыве от технологического развития страны. Даже при наличии самых прорывных разработок экономической прогресс требует соответствующего состояния производительных сил и производственных отношений. Если в стране, где нет собственного производства самолетов, ученые изобретут сверхэкономичный авиационный двигатель, то вероятность организации его выпуска будет минимальна. Скорее всего ноу-хау тем или иным способом будет позаимствовано международными корпорациями и внедрено в государствах, имеющих для этого соответствующую технологическую базу. Развивать целую отрасль под отдельную прорывную разработку с высокими рисками окупаемости проекта никто не будет. Сами ученые в одиночку задачу внедрения инноваций решить не могут по определению, необходима тесная совместная работа реального сектора экономики и научных организаций.

При отсутствии вовлеченности со стороны производственных предприятий разработки ученых вынужденно застывают на этапе лабораторного образца. Причем заинтересованность промышленного сегмента обратно пропорциональна рискам, связанным с реализацией проекта и объемом инвестиций, необходимых для масштабирования изобретения, то есть чем более инновационный и прорывной проект предлагается, тем меньше заинтересованность действующих субъектов рынка в его внедрении в отлаженный технологический процесс. При этом высока вероятность того, что без участия крупного инвестора (государства или корпорации) новшества, существенно опережающие уровень развития производительных сил, перекочат за рубеж быстрее, чем отечественные предприятия будут готовы их внедрить. Поэтому, формируя программы научных исследований, следует предусмотреть возможность развития инновационной восприимчивости реального сектора в перспективе. В отдельных случаях необходим государственный заказ на научные исследования по прорывным направлениям с дальнейшим продвижением разработок под контролем государства.

Борьба за технологическое доминирование в современном мире обусловлена тем, что технологические возможности становятся не менее значимым фактором, чем доступность сырья и наличие финансовых ресурсов. Вместе с тем новые

технологии усложняются и дорожают. Опережающий рост доли затрат на исследования и разработки в ВВП особенно интенсивен в государствах, удерживающих научно-технологическое лидерство. Большая наука становится доступна все меньшему числу стран: на долю США, КНР, ЕС и Японии приходится более 90% всех глобальных затрат на науку. Неравенство усиливается и в сфере человеческого капитала: всевозможные юрисдикции в разной мере привлекательны для науки, инновационного предпринимательства, развития передовых технологий и креативных индустрий. Государства ведут жесткую битву за таланты. Более 60 стран реализуют масштабные программы по привлечению ведущих ученых и научной молодежи. В нашей стране уже успешно действует стратегия по обеспечению притока необходимой рабочей силы из-за рубежа, необходимо дополнить ее механизмами, касающимися интеллектуальной составляющей.

Большое влияние на качество получаемых знаний оказывает общемировая тенденция к ускорению исследовательского процесса. С одной стороны, стремление инвесторов быстрее получить научный результат вполне понятен. И в отдельных случаях за счет закупки более современного оборудования, привлечения большего количества лучших исследователей это вполне возможно. Но стоит дороже. Вместе с тем новые знания невозможно производить конвейерным способом с заданным ритмом. Закон перехода количества в качество требует проведения множества опытов и экспериментов, в том числе с отрицательным результатом, прежде чем появится положительный. Правильное решение, как правило, одно, а неверных вариантов множество. Как на золотых приисках перелопачивают тонны пустой породы ради добычи граммов ценного металла, так и со знаниями: необходимо отсеять много ошибочных версий и неверных гипотез. Но это не пустая трата времени. Иногда опровержение ошибочного тезиса ценнее нового открытия. Нельзя от каждого эксперимента ожидать прорыва в науке. Это резко ограничивает пространство для поиска, а значит, снижает шансы на успешное завершение действительно ценных исследований. Методологически неверно проводить оценку отдельных составляющих научной программы, о ее результативности следует говорить по завершении.

Анализируя предметное содержание современной мировой науки, можно отметить, что наиболее перспективные исследования связаны с разработкой ключевых технологий по следующим направлениям:

- цифровые, информационно-коммуникационные технологии; кибербезопасность; искусственный интеллект и технологии Big Data; виртуальная и дополненная (расширенная) реальность; облачные хранилища данных и облачные вычисления; 5G-Интернет, Интернет вещей и машинное обучение, технологии распознавания образов; блокчейн-технологии;
- микроэлектроника и робототехника; беспилотные системы; суперкомпьютеры, квантовые, фотонные, биокомпьютеры, гибридные компьютерные системы; устройства, позволяющие установить непосредственную связь мозга человека и компьютера; микрочипы мониторинга состояния здоровья, интегрированные в тело человека; медицинские нанороботы, циркулирующие по организму и способные оперировать внутри человеческого тела;
- промышленный Интернет, аддитивное производство (3D-печать), цифровое клонирование; создание цифровых двойников;
- промышленные биотехнологии (микробиологический синтез ферментов, витаминов, аминокислот, антибиотиков, гормональных препаратов и т.п.); таргетные лекарственные средства;
- молекулярно-генетические, геномные и клеточные технологии; конструирование новых, генетически модифицированных микроорганизмов, вакцин; выведение видов растений, обладающих уникальными свойствами; создание синтетической формы жизни, искусственной клетки, живых систем; клонирование;
- терапия с использованием стволовых клеток; трансплантационная медицина, выращивание органов из тканей самих пациентов; предотвращение наследственных заболеваний; увеличение длительности жизни; изучение мозга, коррекция и улучшение памяти;
- технологии производства, хранения и передачи энергии; развитие бестопливного производства энергии (энергии ветра, приливов, солнца, геотермальные); водородная энергетика; промышленный фотосинтез; создание мобильных атомных электростанций; применение холодного ядерного синтеза; ядерные, плазменные, квантовые, водородные двигатели; лазерные технологии; емкие накопители энергии; сверхпроводники;
- материалы с заданными свойствами, полимеры, композиционные и наноматериалы, биodeградируемые материалы; эффективные методы синтеза неорганических и органических соединений;

- адаптивные агропромышленные технологии, точное земледелие и прецизионное животноводство, технологии реабилитации нарушенных экологических систем, сохранение биоразнообразия, биологическая безопасность;
- социогуманитарная, экономическая и информационная безопасность, технологии управления техническими, технологическими и социальными процессами; демографическая безопасность; когнитивные технологии.

Необходимо отметить, что отечественная наука не отстает от общемировой. Практически все значимые тренды находят отражение в работах белорусских исследователей. В 2025 г. сформирована архитектура нового пятилетнего цикла развития науки. Указом Президента Республики Беларусь от 01.04.2025 г. №135 утверждены приоритетные направления научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2026–2030 гг., среди них:

- *цифровые технологии и искусственный интеллект;*
- *инновационные технологии в промышленности;*
- *биологические, химико-фармацевтические и медицинские технологии;*
- *инновационные технологии в агропромышленном комплексе и пищевой промышленности;*
- *научное и научно-техническое обеспечение безопасности человека, общества и государства [3].*

Как видим, сформированные приоритетные направления не только согласуются с общемировыми тенденциями, но и отвечают потребностям отечественной экономики. В соответствии с этим на следующий пятилетний период утверждены 12 государственных программ научных исследований, 20 государственных научно-технических программ, Государственная программа инновационного развития, Государственная программа «Наука для экономики и общества» и другие, тесно интегрированные с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2026–2030 гг., утвержденной на Всебелорусском народном собрании. Акцент – на системность и результативность, а также востребованность получаемых результатов экономикой. Для успешного выполнения поставленных задач крайне важно широкое участие всех заинтересованных министерств, ведомств и субъектов хозяйствования.

В нашей стране научная сфера развивается достаточно динамично и комплексно прежде всего потому, что она включает и академическую, и вузовскую, и отраслевую науку. Исследованиями и работами в 2025 г. занимались более 460 организа-

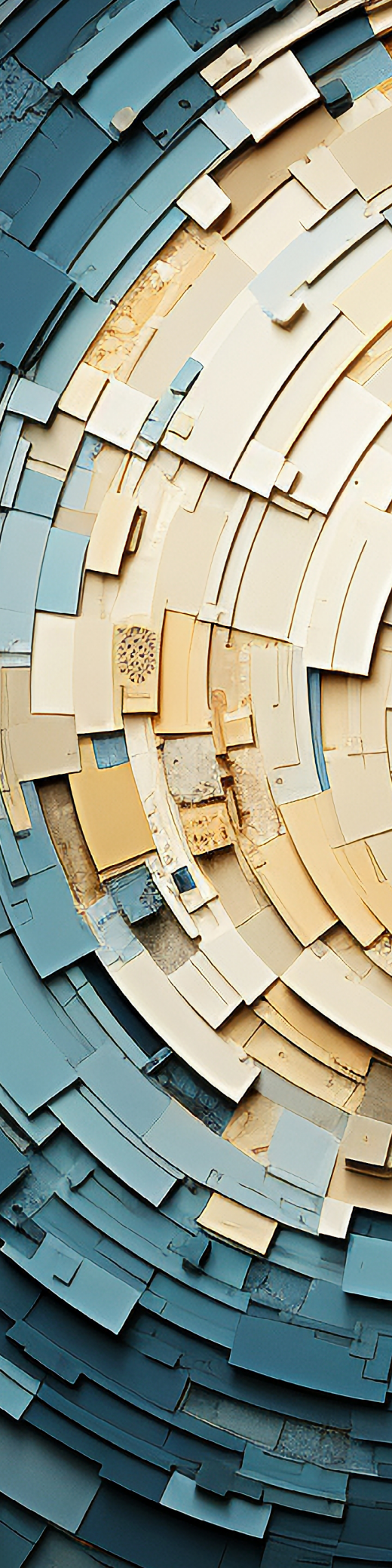
ций, на статус научных было аккредитовано более 240 юридических лиц, в том числе в НАН Беларуси – 78, в Минобразования – 35, в Минздраве – 36, Минпроме – 18 и т.д. Между академической, вузовской и отраслевой науками выстроена динамичная система взаимодействия. Ведущую роль играет НАН Беларуси, осуществляющая формирование и координацию всего комплекса фундаментальных и прикладных научных исследований. Академия наук организует и осуществляет их проведение, а также выполняет отдельные функции органа государственного управления.

По оценкам международных экспертов, Беларусь относится к числу государств с высоким уровнем научного потенциала. Например, в рейтинге «хороших стран» (Good Country Index-2024) наша республика занимает 34-е место из 165 по показателю «Наука и технологии». Сохранение у нас научных школ и Национальной академии наук стало важнейшим базисом, позволяющим постепенно наращивать научный потенциал.

Благодаря поддержке Президента белорусская наука прогрессирует системно на основе программно-целевого принципа по приоритетным направлениям, утвержденным на государственном уровне. Вместе с тем и в других странах все большее значение приобретает сознательное проектирование научной сферы в виде государственных стратегий и программ. Те государства, которые действуют в соответствии с этим мегатрендом, вырываются вперед как в научном, так и в социально-экономическом отношении. Сегодня уже очевидно, что уровень организации науки и ее включенность в экономику во многом обуславливает динамику развития не только научно-инновационной системы, но и всего общества. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукашенко – ученым: давайте без амбиций и понтов начинать работать, без науки не может быть страны // <https://belta.by/president/view/lukashenko-uchenym-davajte-bez-ambitsij-i-pontov-nachinat-robotat-bez-nauki-ne-mozhet-byt-strany-749965-2025>.
2. 这是习近平总书记2023年2月21日在二十届中央政治局第三次集体学习时的讲话 / Речь Генерального секретаря Си Цзиньпина на третьем коллективном совещании 20-го Политбюро Центрального комитета 21.02.2023 г. / Укреплять фундаментальные исследования для достижения высокого уровня научной и технологической самостоятельности // https://www.qsttheory.cn/dukan/qs/2023-07/31/c_1129776375.htm.
3. О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2026–2030 годы / Указ №135 от 01.04.2025 г. // <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-135-ot-1-aprela-2025-ghttps://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-135-ot-1-aprela-2025-g>.



Научные исследования как катализатор прогресса

Научные открытия, интеллектуальная деятельность всегда были и остаются основой успешного развития и важной составляющей процветания государства. Ученые с их стремлением к новаторству и творческому поиску вносят неоценимый вклад в мировую сокровищницу знаний, обуславливая преобразования, инновации и экономический рост. Выдающиеся достижения, являющиеся следствием фундаментальных исследований, в состоянии радикально улучшить качество жизни людей, изменить существующие отрасли, процессы и мир в целом, создать новые возможности для прогресса. В основе любого изобретения лежит открытие – идея, доведенная до практического воплощения. Зачастую это результат совместной работы специалистов из разных областей – физики, химии, биологии, медицины, материаловедения, инженерии и т.д. Борьба с пандемиями, климатические изменения, экология, современная энергетика – все это опирается на междисциплинарность и вносит принципиальный вклад в создание прорывных технологий. Над чем трудятся сотрудники академических лабораторий, как функционирует сфера производства знаний, что необходимо для трансформации науки в глобальную индустрию, стимулирующую экономику, – в материалах нашей рубрики.



Александр Чиж,
заведующий лабораторией
радиофотоники ГНПО «Оптика,
оптоэлектроника и лазерная
техника», кандидат физико-
математических наук

Фундаментальные и прикладные исследования лаборатории радиофотоники направлены на изучение оптических методов генерации, передачи и обработки сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Они применяются в радиосвязи, радиолокации, радиоэлектронной борьбе и измерительной СВЧ-технике. Основные их преимущества связаны со свойствами оптического волокна: сверхнизкие потери (менее 0,0005 дБ/м), сверхширокополосность (десять гигагерц), невосприимчивость к электромагнитным помехам, полная гальваническая развязка, малая масса и размеры. Радиофотоника позволяет добиваться параметров, недостижимых для традиционных электронных средств.

Основными направлениями нашей деятельности являются исследование и разработка:

- мощных фотодиодных и лазерных диодных модулей

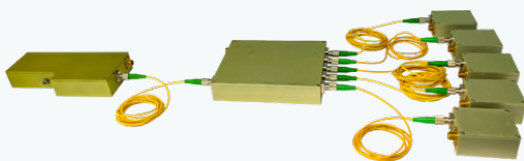


Рис. 1. Волоконно-оптическая система распределения на 5 каналов СВЧ-сигналов в диапазоне частот 0,01–20 ГГц

- в диапазоне частот до 50 ГГц и в спектральном диапазоне длин волн от 1250 до 1650 нм;
- сверхширокополосных волоконно-оптических линий передачи и задержки СВЧ-сигналов (10 МГц – 50 ГГц);
- волоконно-оптических систем распределения опорных и синхросигналов (10 МГц – 50 ГГц);
- оптоэлектронных генераторов СВЧ со сверхнизким фазовым шумом (8–50 ГГц);
- оптоэлектронных методов генерации, обработки и анализа сверхширокополосных СВЧ-сигналов в диапазоне частот до 50 ГГц;
- радиофотонного сверхширокополосного радара на новых принципах, обеспечивающего формирование радиолокационного изображения с высоким пространственным разрешением.

За последние годы в лаборатории созданы волоконно-оптические лазерные и фотодиодные модули, функционирующие в частотном диапазоне от 10 МГц до 30 ГГц и обладающие высокой помехозащищенностью

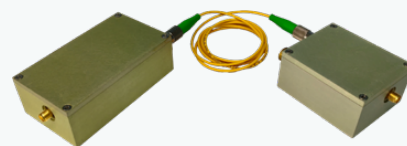


Рис. 2. Сверхширокополосная волоконно-оптическая линия передачи СВЧ-сигналов в диапазоне частот 0,01–12 ГГц

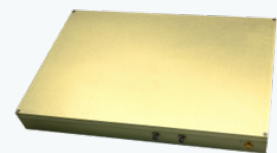


Рис. 3. Оптоэлектронный генератор СВЧ на диапазон частот 8–20 ГГц

и низким энергопотреблением, предназначенные для генерации и распределения СВЧ-сигналов по оптическому волокну в бортовых и наземных радиоэлектронных системах. На основе этих модулей разработана волоконно-оптическая система распределения, обеспечивающая многоканальную разводку опорных и синхросигналов в частотном диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц между элементами цифровой фазированной антенной решетки (рис. 1). Разработаны высокостабильные волоконно-оптические линии задержки СВЧ-сигналов (рис. 2), а также оптоэлектронные генераторы СВЧ на их основе для средств радиолокации, обеспечивающие генерацию со сверхнизким фазовым шумом, величина которого на два порядка меньше, чем у существующих современных устройств в модульном исполнении (рис. 3). Полученные научные результаты позволили значительно развить в Беларуси направление радиофотоники, связанное с внедрением оптических технологий в системы радиолокации и радиоэлектронной борьбы.

За научные достижения сотрудников лаборатории радиофотоники неоднократно награждались. Так, в 2020 г. заведующему лабораторией А.Л. Чижу присужден грант Президента Республики Беларусь в области науки на разработку и внедрение методов перестройки частоты генерации оптоэлектронных генераторов СВЧ с высокой спектральной чистотой; в 2022 г. А.Л. Чиж и ведущий научный сотрудник К.Б. Микитчук стали лауреатами премии имени академика В.А. Коптюга, учрежденной Национальной академией наук Беларуси и Сибирским отделением Российской академии наук, за цикл работ «Мощные сверхвысокочастотные фотодиоды на основе полупроводниковых гетероструктур АЗВ5 для систем радиофотоники»; в 2023 г. за высокий профессионализм и достижения в науке А.Л. Чиж награжден медалью Франциска Скорины, а в 2024 г. К.Б. Микитчуку присуждена стипендия Президента Республики Беларусь для талантливых молодых ученых за новые методы генерации сложных сверхширокополосных СВЧ-сигналов на базе аналоговых волоконно-оптических линий передачи.

В лаборатории ведется крупная ОКР в рамках программы Союзного государства «Компонент-Ф», нацеленная на получение мощных СВЧ-фотодиодных модулей без и с оптическим усилителем в частотном диапазоне до 50 ГГц, являющихся одними из ключевых компонентов радиофотонных устройств и систем. Проект позволит создать конкурентоспособные фотодиодные модули СВЧ-диапазона с параметрами, не уступающими зарубежным аналогам, из-за санкций не поставляемым в Беларусь и Россию, то есть речь идет о замещении критического импорта.

Кроме того, стартует проект, посвященный научным основам радиофотонных методов генерации и обработки сложных сверхширокополосных сигналов для многофункциональных радаров и систем построения радиоизображений, что поможет преодолеть существующие ограничения, связанные с использованием традиционной электронной компонентной базы. Планируемые научные результаты проекта могут быть востребованы организациями Государственного военного-промышленного комитета Республики Беларусь (ГВПК) для перспективных систем радиолокации.

Сотрудники лаборатории сконцентрированы на внедрении радиофотонных технологий в системы радиолокации и радиоэлектронной борьбы: получены научные результаты, соответствующие высоким мировым научно-техническим стандартам, при этом часть изобретений нашла практическое применение, налажен выпуск конкурентоспособной инновационной продукции. В 2021 г. на базе лаборатории радиофотоники организовано лабораторное производство по изготовлению под заказ импортозамещающих высокотехнологичных волоконно-оптических радиофотонных устройств и систем. В 2021–2025 гг. осуществлены их поставки на сумму свыше 7 млн руб. в организации ГВПК и на экспорт в Российскую Федерацию.

Сейчас уже можно говорить о сформированной научной школе по радиофотонике, основанной доктором физико-математических наук С.А. Малышевым. Перспективные планы связаны с развитием кадрового потенциала, привлечением наиболее подготовленных выпускников университетов республики (следует

отметить, что сегодня в штате 7 сотрудников, средний возраст которых всего 29 лет, большинство из них имеют дипломы с отличием, двое – кандидаты физико-математических наук). В ближайшие годы будут представлены к защите 1 докторская и 2 кандидатские диссертации.

Планируется проводить научные изыскания, направленные на поиск новых вариантов практического применения радиофотонных устройств и систем, что позволит сотрудничать не только с ГВПК, но и, например, с организациями Министерства промышленности, а также Министерства связи и информатизации.

Основной проблемой сегодня является недостаточное взаимодействие с реальным сектором экономики. Это выражается не в том, что ученых «не уважают» или с ними не хотят иметь дела, а в том, что исследователи слишком поздно узнают о проблемных вопросах, требующих решения с помощью научных подходов. Нередко собственное устройство взамен импортного нужно предложить «еще вчера». Решить задачу импортозамещения выпускаемого за рубежом высокотехнологичного устройства в сжатые сроки, установленные предприятием, попавшим в санкционную ловушку, часто нереально, обычно на это необходимо несколько лет. К тому же полученная по их истечении разработка, как правило, нуждается в усовершенствовании, и снова приходится «догонять».

Для выхода из данной ситуации следует скоординировать деятельность лаборатории с потребностями и планами конкретных организаций, делая упор не на получение полных аналогов импортных устройств и систем, а на создание новых, с повышенными конкурентными свойствами. ■

Новые углеродные материалы для энергетики будущего



Игорь Рязанов,
ведущий научный сотрудник
лаборатории физико-
химических технологий
НПЦ НАН Беларуси по
материаловедению

Деятельность лаборатории физико-химических технологий уже много лет связана с углеродными материалами – графеноподобным углеродом, графитом, техническим углеродом, активированными углями и композиционными системами на их основе.

Один из главных успехов коллектива – разработка собственного метода синтеза графеноподобного углерода, отличающегося низкой себестоимостью, экологичностью и позволяющего получать материал с высокой степенью структурного совершенства (рис. 1, 2). Изучаются самые разные направления его использования – от регенерируемых сорбентов для очистки нефтяных разливов до проводящих и армирующих добавок в полимеры, строительные материалы, медь и электродные материалы накопителей энергии.

Активно осваиваются и новые области применения графеноподобного углерода – в газовых сенсорах и материалах для хранения водорода. Совместно с партнерами из Казахстана в лаборатории были созданы и исследованы сенсоры для контроля чистоты водорода в топливных ячейках. А соединения внедрения щелочных металлов в графеноподобном углероде уже показали первые обнадеживающие результаты в качестве водородных сорбентов при комнатной температуре. Эти исследования планируется развивать в ближайшие годы.

Не менее интересна работа над реструктурированным графитом – новым типом объемного графитового материала, получаемого из порошка без связующих и без высокотемпературных стадий карбонизации, графитизации. Данная технология позволяет гибко управлять свойствами материала – от легких пористых «графитовых пен» (рис. 3) до высокоплотных, анизотропных образцов с плотностью до 2 г/см^3 , теплопроводность которых превышает показатели меди, что делает их перспективными для систем теплоотвода и теплового менеджмента.

Тема углеродных материалов способствует возникновению новых научных направлений, которые со временем получают самостоятельное развитие. В этой связи в структуре лаборатории оформились два дополнительных стратегически значимых

вектора: по материалам для перспективных систем накопления энергии и для отвода и рассеивания тепла.

В рамках первого направления в Беларуси созданы прототипы натрий-ионных и цинк-ионных аккумуляторных ячеек на базе собственных электродных материалов, сформирована уникальная материально-техническая база для исследований в этой области.



Рис. 1. Завлабораторией Владимир Новиков демонстрирует контейнер с синтезированным порошком графеноподобного углерода

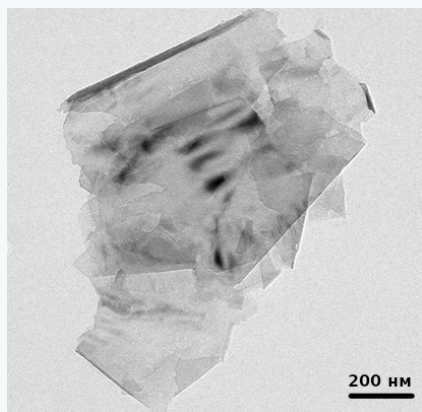


Рис. 2. Изображение просвечивающей электронной микроскопии частицы малослойного графена, синтезируемого в лаборатории



Рис. 3. Образец легковесной графитовой пены, полученной методом реструктурирования графита

Натрий- и цинк-ионные системы сегодня рассматриваются как потенциальное звено «зеленого» перехода: они позволяют получать более доступные и безопасные технологии хранения энергии. В отличие от литий-ионных натрий- и цинк-ионные аккумуляторы опираются на более распространенные и недефицитные элементы, что снижает зависимость от сырья и колебаний цен. Это делает их перспективными для устойчивой энергетики будущего.

Главная сложность в этой области – переход от лабораторных прототипов к организации выпуска продукции. При ручном изготовлении ячеек сложно добиться точности дозирования, стабильной толщины и качества электродов и высокого уровня сборки – всего того, что обеспечивается на автоматизированных линиях. Поэтому мы активно ищем стратегических партнеров в лице центров, обладающих такими возможностями, в том числе с инновационными и промышленными площадками. Один из них – Китай – мировой лидер в области металл-ионных аккумуляторов. При этом собственные

прототипы позволяют ученым лучше понимать систему в целом, фокусируя дальнейшие усилия на совершенствовании наиболее перспективных позиций.

В области материалов для теплоотвода и диссипации тепла лаборатория сотрудничает с промышленными партнерами, реализуя новое поколение систем охлаждения для электроники и электротехники. В разработках используются графитовые материалы с высокой теплопроводностью и пористые медные структуры, полученные методом темплатного синтеза (рис. 4).

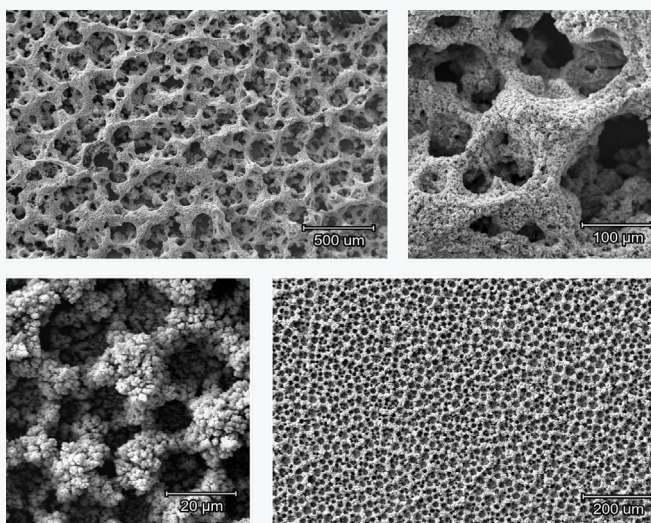


Рис. 4. Примеры изображений растровой электронной микроскопии пористых медных структур для задач диссипации тепла, синтезируемых темплатными методами

Исследования коллектива тесно связаны с глобальными научно-техническими вызовами. Создание материалов для накопителей энергии содействует переходу к «зеленой» экономике и остается одной из самых востребованных тем в мире. Но не меньшее значение имеют проекты, нацеленные на повышение конкурентоспособности национальной экономики. Один из них связан с суперконцентратом на основе отечественного технического углерода и графеноподобных добавок для придания антистатических свойств полиэтилентерефталату и волокнам на его основе. Инновация ориентирована на освоение в Беларуси производства антистатических полиэфирных тканей, необходимых, например, для спецодежды сотрудников предприятий химической и электронной промышленности.

В ближайшие годы лаборатория намерена сосредоточиться на областях, связанных с новыми углеродными материалами и энергетикой будущего. Коллектив ищет ниши, где белорусские разработки смогут стать частью международных технологических цепочек. Для этого активно расширяется сотрудничество с

зарубежными научными центрами и предприятиями из Китая, Индии, Казахстана, укрепляются связи с промышленными компаниями Беларуси и России.

Отдельная важная задача – эффективное использование созданной экспериментальной базы для исследований металл-ионных аккумуляторов. Лаборатория рассчитывает стать точкой роста и центром компетенций в этой области. В нашей стране лишь немногие группы действуют в данном поле во многом из-за невозможности охватить полный цикл – от синтеза и изучения материалов до сборки и тестирования ячеек, поэтому коллектив приглашает к сотрудничеству университеты и академические институты.

Большое внимание уделяется работе с молодежью. В нашей лаборатории школьники, студенты и аспиранты получают возможность сделать первые шаги в науке. Так, младший научный сотрудник И.А. Сидоров стал победителем конкурса «100 инноваций молодых ученых – 2024» с проектом «Цинковый аккумулятор».

Ученицы СШ №19 Татьяна Филипп и Елизавета Гореликова выполнили учебный проект по исследованию активированного угля в качестве электродного материала для суперконденсаторов, который был представлен на школьных научно-практических конференциях и стал мотиватором для сверстников также попробовать себя в науке (рис. 5).

Сегодня на горизонте появляется новое стратегическое направление, связанное с автоматизацией научных экспериментов. Первые примеры реализации так называемых dark labs (лаборатории, работающие в темноте) или self-driving labs (самоу-



Рис. 5. Ученица средней школы №19 Татьяна Филипп за работой над изготовлением ячейки суперконденсатора

правляемые лаборатории) можно видеть в ведущих университетах Китая. Такие автоматизированные экспериментальные комплексы, интегрированные с искусственным интеллектом, в состоянии не только управлять ходом исследований, но и анализировать полученные данные, предлагать оптимальные параметры и планировать последующие эксперименты. Подходы этого типа открывают новые возможности для ускорения научного прогресса, например, при оптимизации состава многокомпонентных электролитов или создании сложных композиционных электродных материалов. Все это становится доступнее благодаря 3D-печати, распространению технической культуры DIY (do it yourself) и росту экосистемы программного обеспечения с открытым исходным кодом, что открывает дорогу к организации умных лабораторий даже с минимальными ресурсами.

На стыке физики, химии, материаловедения, ИИ и автоматизации будет формироваться

новая культура научной работы, где исследования становятся быстрее, точнее и эффективнее. Именно здесь будут рождаться решения, значительно ускоряющие научный поиск и одновременно повышающие его воспроизводимость. В ближайшие годы мы планируем интенсифицировать данный подход и привлекать молодых специалистов и энтузиастов, способных объединить инженерное и научное мышление. Лаборатория физико-химических технологий намерена стать не просто местом проведения экспериментов, а одним из узлов роста новой научно-технологической экосистемы. Сочетание компетенций в области углеродных материалов, материалов для накопителей энергии, целенаправленной работы с молодежью и движения к автоматизированным, самоуправляемым лабораториям может дать реальный шанс занять собственное место на карте мировой науки, генерируя инновации, развивающие страну и формирующие ее будущее. ■



Где встречаются биофизика и медицина

Интеграция специалистов в области естественных и точных наук для решения научных и особенно практических задач здравоохранения давно стала общемировой тенденцией. Один из примеров данного явления – коллаборация биофизиков и медиков. Исследования, проводимые первыми, раскрывают механизмы, протекающие в живых организмах на молекулярном и клеточном уровнях, а также при их функционировании в целом. Это способствует созданию инновационных биоматериалов, сенсоров, технологий, формируя фундамент для новых методов диагностики, лечения и профилактики заболеваний.

Лаборатория медицинской биофизики Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси осуществляет междисциплинарные изыскания на стыке биофизики, молекулярной биологии и клеточной физиологии, направленные на выявление фундаментальных основ жизнедеятельности биосистем и разработку диагностических систем нового поколения. Основные векторы работы ученых сконцентрированы на понимании протекающих в организме человека процессов на молекулярном и клеточном уровне в норме и при патологии. Среди них:

- **металломика и токсикология микроэлементов**, изучающие биоаккумуляцию токсичных и потенциально токсичных микроэлементов, а также мембранные и молекулярные принципы их действия. Разрабатываются методы индикации их воздействия на клетки и клеточные тест-системы для диагностики состояний, связанных с дисбалансом микроэлементов в организме;
- **неразрушающий спектральный контроль биосистем**: создаются биофизические экспресс-методы распознавания заболеваний человека на основе спектрального анализа биологического материала, что позволяет получать необходимую информацию быстро, безопасно и без инвазивных вмешательств;
- **электрофизиология клеток крови**: исследуются механизмы участия ионных каналов в развитии патологических состояний, тестируются лекарственные препараты, воздействующие на ионные каналы, оцениваются побочные эффекты терапевтических средств, влияющих на ионную проводимость;
- **функциональная диагностика тромбоцитов**:



Рис. 1. Процедура «печати» аллергенов на подложку аллергочипа

детально анализируется их функциональная активность для выявления тромбocyтопатий и качественных дефектов тромбоцитов. Изучаются молекулярные и клеточные процессы, определяющие участие тромбоцитов в иммунных и воспалительных реакциях организма;

- **аллергология:** моделируются биофизические методы и тест-системы для мониторинга аллергических реакций различного генеза (рис. 1);
- **микрофлюидика и биоинженерия:** создаются микрофлюидные платформы для анализа клеток и биомолекул, а также биосовместимые полимерные матрицы для культивирования первых.

Ключевые достижения

Среди наиболее значимых результатов лаборатории следует отметить инновационную диагностическую систему для выявления IgE-зависимых аллергических реакций на основе технологии микрочипов «АЛЛЕРГОЧИП.БЕЛ» (создана под руководством директора института, кандидата медицинских наук, доцента А.Е. Гонча-

рова при непосредственном участии врача-аллерголога, кандидата медицинских наук А.В. Осиповой) (рис. 2), позволяющая проводить единовременный экспресс-анализ наличия сенсибилизации к широкой панели аллергенов (200 актуальных для нашей страны), обеспечивая высокую точность выяв-



Рис. 2. Диагностическая тест-система «АЛЛЕРГОЧИП.БЕЛ»

нения реакций и снижение затрат на лечение осложнений. Тест-система уже стала основой для нового поколения персонализированной аллергологической диагностики. Кремниевые подложки для данного микрочипа производят в научно-исследовательской лаборатории «Прикладная плазмоника», возглавляемой доктором технических наук, доцентом А.В. Бондаренко, в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники.

Плодотворным стало сотрудничество лаборатории медицинской биофизики с РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии. В ходе совместных работ под руководством главного научного сотрудника лаборатории клинических исследований, доктора медицинских наук, профессора, врача-гематолога высшей квалификационной категории В.В. Дмитриева и заведующего лабораторией медицинской биофизики, кандидата биологических наук Е.В. Шамовой разработан метод определения функциональной активности тромбоцитов с помощью проточной цитометрии, позволяющий дифференциально диагностировать заболевания, связанные с нарушениями сосудисто-тромбоцитарного гемостаза, что важно для выбора дальнейшей стратегии лечения.

Наши сотрудники уделяют особое внимание развитию микрофлюидных технологий. В рамках данного направления представлен прототип микрофлюидной камеры для анализа системы гемостаза для выявления нарушений плазменного и сосудисто-тромбоцитарного звена свертывания крови и изучения механизмов тромбообразования в норме и при патологических состояниях.

Среди инноваций, открывающих путь к созданию новых

клеточных продуктов, – метод получения биомассы тромбоцитов из гемопоэтических стволовых клеток, обеспечивающий высокую эффективность наработки *ex vivo* тромбоцитов, обладающих прокоагулянтным потенциалом (в рамках Отдельного проекта НАН Беларуси под руководством академика-секретаря Отделения медицинских наук Национальной академии наук Беларуси, доктора медицинских наук, профессора В.Г. Богдана, директора Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси кандидата медицинских наук, доцента А.Е. Гончарова и кандидата биологических наук Е.В. Шамовой) (рис. 3).

В рамках фундаментальных исследований, направленных на понимание роли тромбоцитов в метастазировании солидных опухолей, лабораторией совместно с российскими учеными Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН под руководством доктора физико-математических наук А.Н. Свешниковой и Витебским государственным ордена Дружбы



Рис. 3. Сотрудник лаборатории работает с клеточными культурами

народов медицинским университетом под руководством доктора медицинских наук Е.А. Шляхтунова установлено, что критическим звеном данного процесса являются механизмы тромбовоспаления, включающие активацию плазменного гемостаза, тромбоцитов, тромбоцитарных микровезикул, нейтрофилов и внеклеточных ловушек нейтрофилов (NETs). Сформулирована рабочая гипотеза о том, что циркулирующие опухолевые клетки, попадая в кровотоки, создают вокруг себя фибриновую «сеть» с включением неактивированных тромбоцитов, а

их последующая активация в зоне экстравазации происходит под действием механических напряжений и способствует продвижению метастазирования (рис. 4).

Показано, что изменение экспрессии микроРНК в секретоме и микровезикулах тромбоцитов отражает наличие и прогрессирование солидных опухолей, что открывает перспективы для создания новой панели диагностических биомаркеров на основе тромбоцитарных микроРНК. Представлена также экспериментальная клеточная модель, позволяющая рассматривать их влияние на пролиферацию опухолевых клеток. Данная модель служит платформой для анализа молекулярных механизмов развития недугов и может быть использована при генерации новых подходов к доставке терапевтических молекул. Полученные результаты образуют основу для неинвазивных методов диагностики прогрессирования онкологических заболеваний и оценки эффективности противоопухолевой терапии.

Завершается тестирование микрофлюидной камеры для

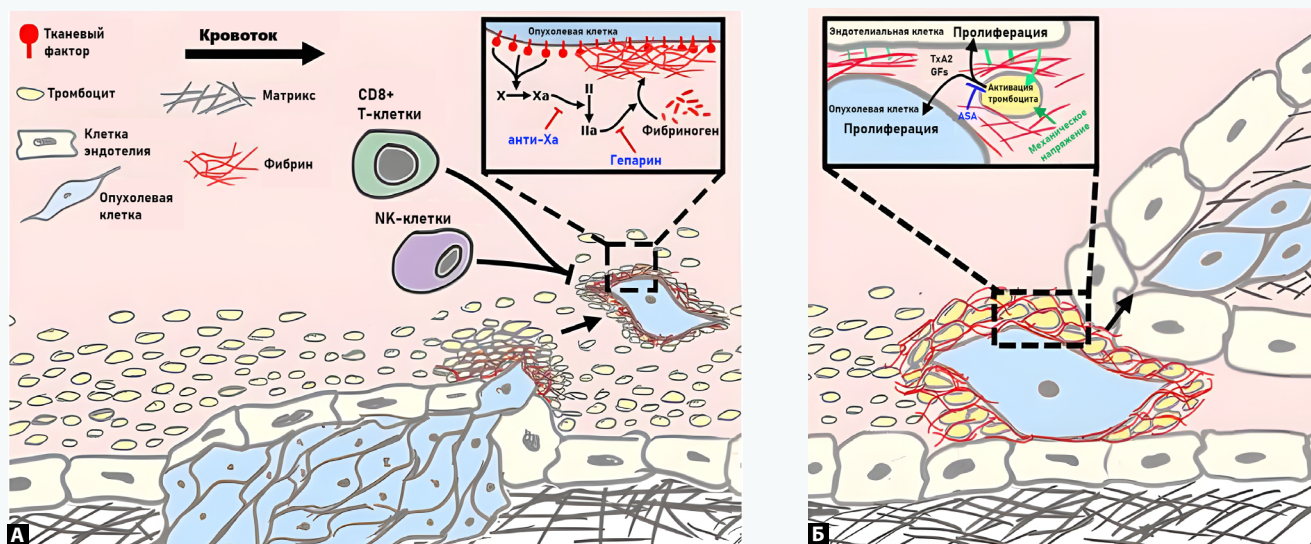


Рис. 4. Укрытие циркулирующих опухолевых клеток от иммунной защиты (А) и экстравазация (В) за счет формирования тромбоцитарно-фибриновой оболочки

анализа системы гемостаза (рис. 5). Полученные результаты позволяют найти подходы к формированию микрофлюидных платформ для изучения различных биологических объектов как в жидких средах, так и в аэрозольной фазе. В рамках Отдельного проекта фундаментальных и прикладных исследований НАН Беларуси совместно с лабораторией нанобиотехнологий под руководством кандидата биологических наук В.М. Абашкина ведется разработка высокоэффективного метода накопления биомассы биомедицинских клеточных продуктов с помощью фиброиновых матриц. Предлагаемый метод позволит получить биосовместимые трехмерные структуры с заданными свойствами и сократить время накопления стволовых клеток, что может быть применено для тканеинженерных конструкций.

Совместно с РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии лаборатория разрабатывает метод диагностики тромбоцитарной микроангиопатии, что важно для раннего обнаружения и прогнозирования осложнений при аллогенной трансплантации костного мозга до появления выраженной клинической симптоматики.

Вклад лаборатории в решение глобальных научных и медицинских задач и развитие экономики Республики Беларусь

Создание отечественных диагностических тест-систем, аллоргопипов и микрофлюидных камер обеспечивает импортозамещение дорогостоящих зарубежных аналогов и способствует совершенствованию высокотехнологич-

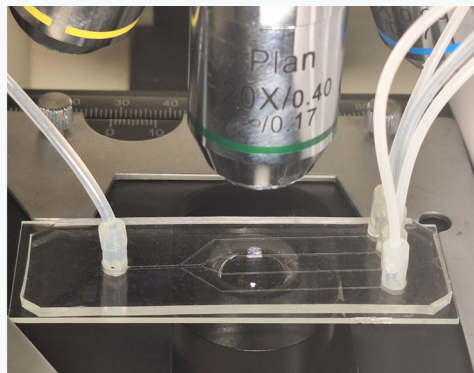
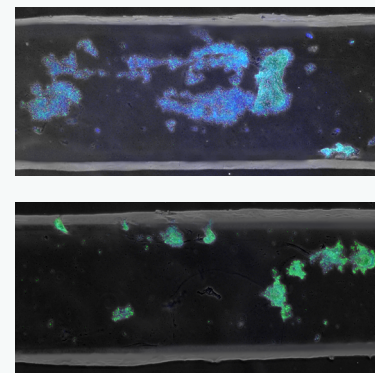


Рис. 5. Тестирование микрофлюидной камеры для анализа системы гемостаза

ных производств, что повышает экспортный потенциал инноваций. Результаты деятельности лаборатории формируют базу для перспективных направлений – микрофлюидики, биосенсорики, клеточных технологий и персонализированной диагностики, что важно для укрепления научно-технического суверенитета и развития инновационной экономики нашей страны. Представленные лабораторией тест-системы и биосенсоры позволяют повысить эффективность диагностики и прогнозирования патологических процессов, что существенно в условиях востребованности персонализированной медицины и глобального перехода к мало- и неинвазивным методам анализа.

Следует отметить важность расширения междисциплинарного взаимодействия с клиническими учреждениями, промышленными партнерами и международными центрами, ускоряющего внедрение инновационных технологий в практическую медицину.

Особое внимание уделяется привлечению активных молодых ученых, заинтересованных в работе на стыке биофизики, биохимии, молекулярной биологии и клеточной инженерии, что спо-



собствует укреплению исследовательской среды.

Кроме того, лаборатория стремится к расширению сотрудничества с учеными других стран, содействуя наращиванию потенциала определенных направлений. Вовлечение специалистов разных областей и активная кооперация между организациями, в том числе международная, создают условия для реализации прорывных проектов и внедрения инновационных биомедицинских решений. ■

Екатерина Шамова,
завлабораторией медицинской биофизики Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Ирина Дремук,
ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской биофизики Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Людмила Лукьяненко,
зам. директора по научной работе Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент

Андрей Гончаров,
директор Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, кандидат медицинских наук, доцент

Технологии выявления угроз и прогнозирования состояния природных экосистем



Анатолий Пучило,
завлабораторией геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники, кандидат биологических наук



Руслан Цвирко,
заместитель директора по научной работе Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Деятельность лаборатории геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси нацелена на изучение состава и структуры, закономерностей формирования растительности нашей страны, динамики и направленности сукцессионных процессов в фитоценозах в условиях изменяющегося климата и антропогенных факторов среды. Разрабатываются теоретические основы классификации растительности, новые технологии оценки ее состояния, а также природных экосистем с использованием данных наземных исследований и материалов дистанционного зондирования поверхности Земли, геоботанического и экологического картографирования, охраны биотического и биотопического разнообразия.

В 1969 г. коллектив лаборатории во главе с академиком И.Д. Юркевичем впервые в стране выпустил фундаментальный труд – Карту растительности Белорусской ССР масштаба 1:1000000, которая явилась результатом многолетних исследований структуры, продуктивности и закономерностей ее размещения, за что авторский коллектив в 1972 г. был удостоен Государственной премии БССР.

Разработаны геоботаническое районирование и типологиче-

ская классификация лесов республики, предложен зонально-типологический принцип ведения лесного хозяйства страны, уточнена классификация антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов, внедрен в практику лесохозяйственной деятельности Министерства лесного хозяйства технический кодекс установившейся практики «Правила выделения типов леса».

Исследована геоботаническая структура, продуктивность и современное состояние растительности болот, проведены работы по научному обеспечению восстановления 10 нарушенных торфяников общей площадью около 15 тыс. га, что позволило опубликовать монографии «Флора и растительность ландшафтного заказника "Ельня"»; «Флора и растительность верховых болот Беларуси», «Рамсарские территории Беларуси: "Болото Дикое"».

Выполнены подробные проектно-изыскательские работы в части растительного мира для 30-километровой зоны строительства БелАЭС на Островецкой площадке. Разработаны программа, методика, сеть стационарных пунктов ежегодного наблюдения за состоянием объектов растительного мира в зоне влияния атомной станции на стадиях строительства и эксплуатации (рис. 1).

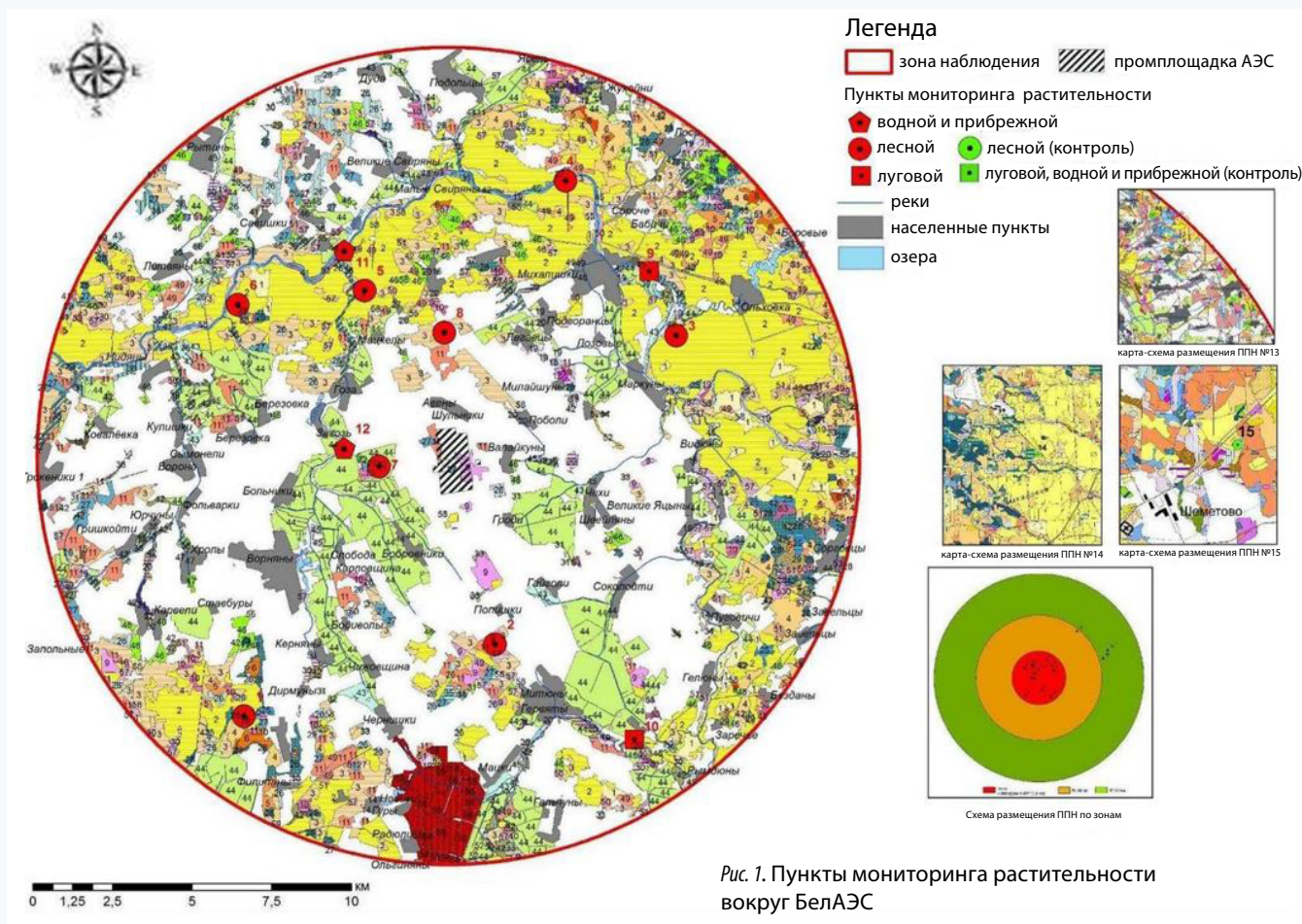


Рис. 1. Пункты мониторинга растительности вокруг БелАЭС

Созданы крупномасштабные карты растительности таких особо охраняемых природных территорий, как Березинский биосферный заповедник, национальные парки «Беловежская пуща», «Нарочанский», «Припятский», более 20 заказников республиканского значения («Ельня», «Сорочанские озера», «Дрожбитка-Свина», «Старый Жаден», «Освейский», «Красный бор» и др.), разработаны пакеты документов для объявления или преобразования более 70 заказников республиканского и местного значения.

Ученые Института экспериментальной ботаники разрабатывают технологии автоматизированного выявления угроз и прогнозирования состояния природных экосистем особо охраняемых

природных территорий с использованием данных дистанционного зондирования Земли. На основе его методов создается система наземного мониторинга лесных экосистем на территориях с сильным уровнем радиоактивного загрязнения с целью раннего выявления угроз потери их устойчивости и недопущения резкого ухудшения санитарного состояния. Разрабатываются технологии автоматизированного принятия решений по управлению спонтанной растительностью, формирующейся на землях сельскохозяйственного назначения, по данным космической съемки с использованием сверточных нейронных сетей. Ведется анализ лесопатологической ситуации в хвойных лесах

на основе данных наземного и дистанционного мониторинга с использованием беспилотных авиационных комплексов для оперативного выявления очагов болезней и вредителей (рис. 2).

Согласно данным о структуре земельных угодий страны (Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь, 2020), наземная природная растительность занимает 13,54 млн га, или 65,2% территории. Естественная растительность имеет в народном хозяйстве большое значение, обеспечивая его различными видами сырья и продуктов, поэтому решение вопросов ее рационального использования и охраны остаются актуальными научными и хозяйственными задачами. Они напрямую связаны

с общей изученностью флоры, картографической оценкой ее ресурсного, биологического и экологического потенциалов.

В 2025 г. с помощью принципов и методов крупномасштабного геоботанического картографирования, современных информационно-технологических технологий и данных аэрокосмического зондирования создана среднемасштабная цифровая карта растительности Беларуси (рис. 3).

Современная цифровая карта растительности представляет собой электронную базу данных с возможностью их обновления, в которой отражены все свойства флоры, ее состав, динамическое состояние, экологические и географические связи. Благодаря геоинформационным технологиям появляется возможность создавать практически неограниченное число тематических карт и анализировать их в самых различных сочетаниях. На основе этого специалисты могут прогнозировать пожароопасные ситуации; оценивать запасы ягодников, лекарственного и технического растительного сырья;



Рис. 2. Наземный мониторинг лесных экосистем

давать оценку состоянию растительного покрова; выделять наиболее важные для сохранения биологического разнообразия местообитания; проектировать сеть мониторинга или особо

охраняемых природных территорий; оценивать рекреационную устойчивость и качество рубок; проектировать дороги и мелиоративные системы.

На первый план выходит необходимость оценки экологической ценности (значимости) растительности в рамках конкретных природных комплексов, определения устойчивости ее к различным факторам природного и антропогенного воздействия, выявлению допустимых пределов последнего. Все это создает необходимую информационную основу для разработки прогнозов и рекомендаций по рациональному использованию растительных ресурсов конкретной осваиваемой территории.

Новая технология картографирования, по предварительным подсчетам, позволяет повысить качество и оперативность учета изменений в растительном покрове в 1,5–2 раза, а затраты на мониторинг снизить в 2,5–3 раза. При этом стоимость услуг, предоставляемых национальной системой дистанционного мониторинга, в 1,5–5 раз ниже зарубежных аналогов.

Один из примеров – оперативно выявленные участки негативного воздействия на растительность заградительного сооружения на территории Объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Беловежская пушча». В условиях ограниченного доступа к данным площадям с помощью современных технологий и опыта интерпретации данных определены пространственные характеристики источников неблагоприятного влияния, а затем и размера вреда, причиненного окружающей среде от строительства объекта и его функционирования.

Деятельность лаборатории в будущем планируется строить

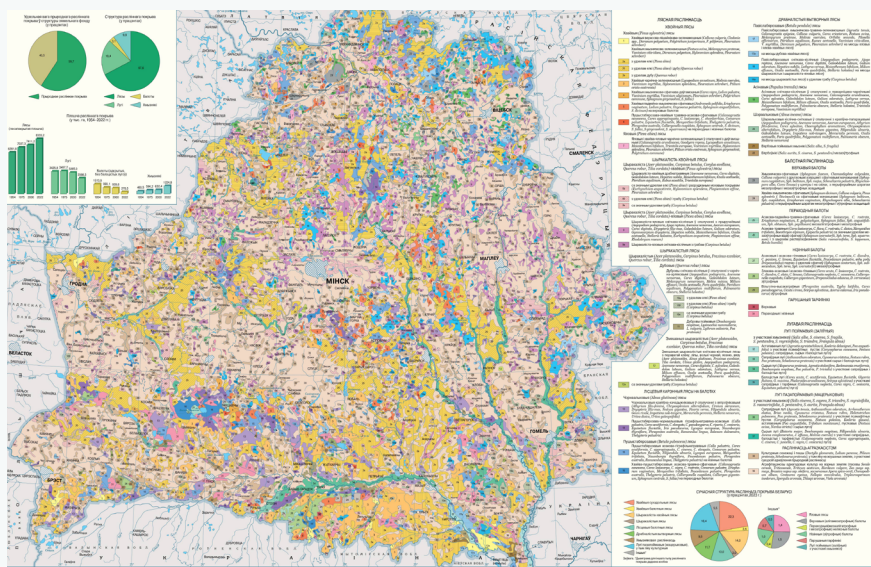


Рис. 3. Карта растительности в Национальном атласе Беларуси 2024 г.

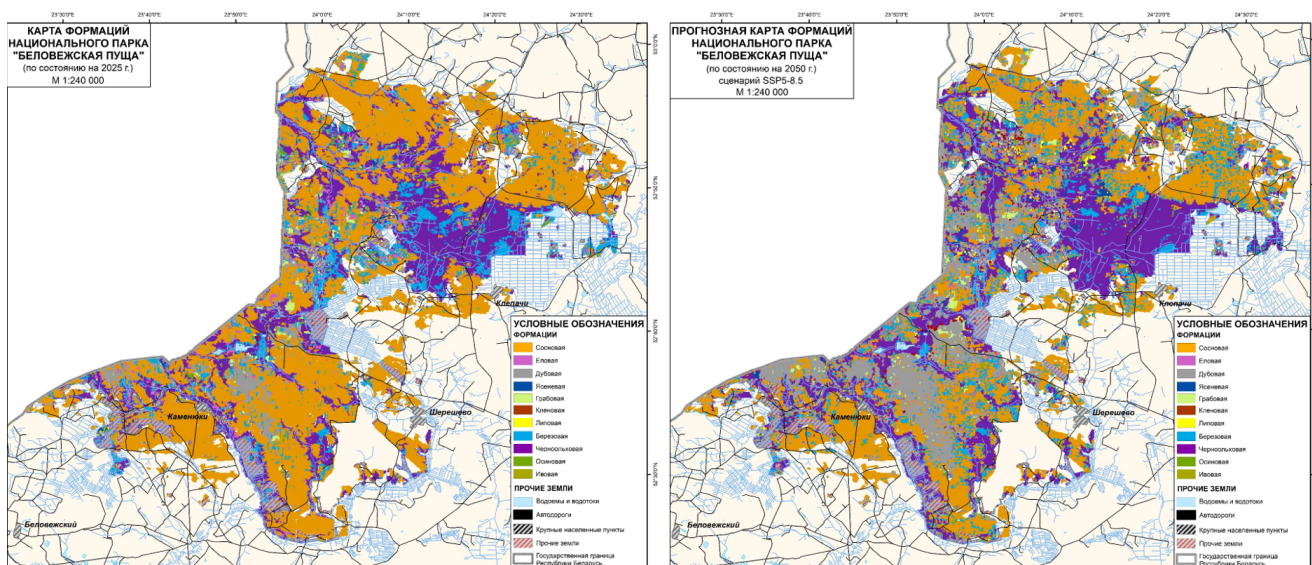
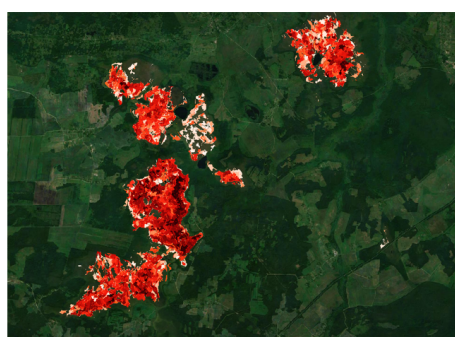


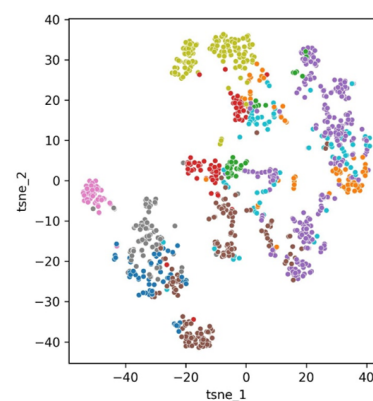
Рис. 4. Моделирование динамики растительного покрова



Применение алгоритма Random Forest для выявления очагов инвазивных видов (золотарника)



Применение алгоритма Random Forest для выявления важных для сохранения биоразнообразия местообитаний



Визуализация геоботанических описаний с помощью алгоритма машинного обучения по методу t-distributed Stochastic Neighbor Embedding

Рис. 5. Использование машинного обучения в геоботанических исследованиях

на принципах сочетания традиционных геоботанических методов исследования растительности с современными информационными технологиями обработки больших массивов данных (машинное обучение, искусственный интеллект, геоинформационные и аэрокосмические технологии, облачные платформы). Примеры такого сочетания за последние годы уже реализованы в ряде тематических геоботанических карт и других продуктов. Высока вероятность, что

обработка накопленного в лаборатории экспериментального материала с помощью современных технологий позволит получить новые, не видимые раньше закономерности в растительном покрове (рис. 4, 5).

Для эффективного развития лаборатории необходимо комплексное внимание к кадровым, организационным, инфраструктурным и финансовым аспектам. Одна из стратегических задач – подготовка специалистов высшей квалификации, предполагающая

прежде всего работу со студентами, привлечение и удержание талантливых исследователей. Для качественной преемственности знаний в ближайшие 10 лет планируется подготовить 2 специалистов-геоботаников с ученой степенью доктора наук и 5 кандидатов наук. Важнейшими стимулами при этом являются стабильное финансирование, инвестиции в оборудование и стажировки в ведущих научных центрах. **■**

Изучение боли



Ирина Жаворонок,
заведующий центром Института физиологии НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент



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

Актуальность вопроса изучения болевого синдрома в различных его проявлениях при патологических состояниях обосновала открытие в 2024 г. на базе Института физиологии НАН Беларуси Центра изучения боли. Его создание продиктовано необходимостью развития нового перспективного вектора академической медицинской науки для формирования фундаментальных основ внедрения персонафици-

рованного лечения, что является инновационным по своей сути решением. Деятельность Центра нацелена на фундаментальные и прикладные исследования для персонафицированного медицинского сопровождения и улучшения качества жизни человека с патологическими нарушениями функций и систем организма.

При этом перечень решаемых задач включает новые протоколы экспериментального моделирования патологических состояний для изучения различных аспектов боли центрального и периферического происхождения; комплексное исследование ее иммунных механизмов и эндогенных модуляторов нервной системы при физиологических и патологических процессах; установление новых закономерностей возникновения болевого синдрома, особенностей динамического изменения физиологических функций при различных состояниях организма; создание интеграционной междисциплинарной и межотраслевой платформы компетенций для ускоренного развития передового направления в области нейрофизиологии и науки о боли; формирование основ национальной научной школы по данному направлению.

При выполнении научно-исследовательской работы «Изучение безопасности и ангиогенной активности генно-инженерных плазмидных конструкций в условиях моделирования ишемии нижних конечностей в экспериментах *in vivo*» (под руководством доктора медицинских

наук, профессора В.Г. Богдана) разработан способ моделирования заболевания у лабораторной крысы (патент на изобретение №24578 от 15.04.2025 г. (В.Г. Богдан, А.С. Доронькина, И.П. Жаворонок, Е.В. Федорова, Т.А. Филипович, С.Г. Лепешко, С.В. Маньковская)). На экспериментальной модели доказана эффективность локального введения искусственного гена VEGF165/Ang-1 за счет образования новых кровеносных сосудов с полным восстановлением нарушенного кровоснабжения в мышцах. Благодаря этому создано новое для нашей страны направление регенеративной медицины, получены значимые научные результаты, имеющие в том числе мировой приоритет. Обоснован прототип первого отечественного генотерапевтического препарата для лечения социально значимого заболевания – хронической ишемии конечности (диплом топ-10 результатов деятельности ученых Академии наук в области фундаментальных и прикладных исследований за 2024 г. за разработку и экспериментальное обоснование эффективности модуляторов ангиогенеза на основе кольцевых ДНК для перспективных генотерапевтических средств (постановление Бюро Президиума НАН Беларуси от 26.12.2024 г. № 515)).

В рамках задания Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг. разработана сингенная модель нейробластомы *in vivo*, основанная на подкож-

ном введении клеточной суспензии мышинной нейробластомы NXS2 в дозе $1,5 \times 10^6$ клеток в верхнюю область бедра животного линии А/Ј. Установлен противоопухолевый эффект терапии CAR-T-клетками различных модификаций, что обуславливает возможность дальнейших клинических испытаний с помощью модифицированных Т-лимфоцитов.

В соответствии с заданием «Оценка влияния обогащенной тромбоцитами плазмы, суспензии митохондрий и мезенхимальных стволовых клеток на ноцицептивную чувствительность, стимуляцию ангиогенеза и репаративные процессы в ишемизированной ткани при экспериментальной диабетической ангиопатии» ГПНИ «Трансляционная медицина» установлено, что такая биотерапия оказывала репаративные и антиноцицептивные эффекты. Каждый из ее способов ускорял смену фаз регенеративного процесса, сокращая период клеточной инфильтрации и степень выраженности ишемических повреждений.

В сотрудничестве с Институтом биоорганической химии НАН Беларуси изучаются антиноцицептивные и поддерживающие

гомеостаз эффекты этаноламидов жирных кислот (естественные липиды, содержащиеся в организме и задействованные в модуляции воспалительных процессов и боли) при такой патологии, как нейропатия, ассоциированная с сахарным диабетом. Применение пальмитолэтанол амида (PEA), стеароилэтанол амида (SEA), как и композиций этаноламидов жирных кислот PEA:SEA и PEA:SEAsol в течение 28 суток оказывает выраженное антиноцицептивное действие, купируя гипералггезические реакции на механический и термические стимулы у экспериментальных животных. Диабетическая нейропатия сопровождается прогрессирующим сокращением площади и интенсивности отпечатков лап у наблюдаемых особей, что свидетельствует о нарастании функциональных нарушений и снижении силы опоры на их конечности. Длина шага, напротив, возрастает, что связано с компенсаторными механизмами и перераспределением нагрузки. Меньшая ширина отпечатков косвенно подтверждает ослабление мышечного тонуса и развитие атрофии конечностей. Курсовое применение этаноламидов жирных кислот

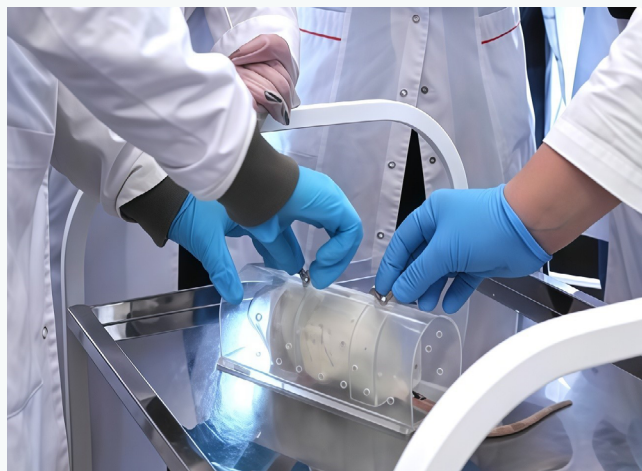
(их композиций монокомпонентных субстанций) способствует нормализации нарушенных паттернов походки. Нейропатия, ассоциированная с сахарным диабетом, характеризуется выраженными изменениями в поведении крыс: снижением активности и усилением пассивно-оборонительных реакций. Курсовое применение PEA, SEA и композиций ЭАЖК PEA:SEA, PEA:SEAsol способствует частичному восстановлению у животных исследовательской и двигательной активности и снижению негативных проявлений.

Теме обезболивающего действия этаноламидов жирных кислот посвящена успешно защищенная в июле 2025 г. кандидатская диссертация старшего научного сотрудника Центра А.С. Доронькиной. Установлены рецепторы, которые участвуют в реализации антиноцицептивных эффектов этаноламидов жирных кислот.

Совместно с коллегами из Института химии новых материалов НАН Беларуси, сотрудники которого синтезируют новые производные пиперазина, содержащие в своей структуре фрагменты анальгетиков, изучается их антиноцицептивная активность



Сотрудники Центра изучения боли в операционном блоке



в рамках совместного научного проекта БРФФИ и Вьетнамской академии наук и технологий. Задача ученых Центра изучения боли – оценить эффективность полученных соединений.

Важнейшее направление работы – поиск альтернативных способов купирования болевых синдромов при периферической нейропатии, вызванной лекарственными средствами для химиотерапии. Это наиболее распространенное осложнение противоопухолевого лечения, ограничивающее его эффективность и существенно ухудшающее качество жизни пациентов. Разработка новых стратегий, направленных на модуляцию ноцицептивных реакций, стала актуальной задачей. Доказано, что ванилоидные рецепторы играют ключевую роль в развитии гипералгезий и воспалительных реакций. Рассматриваются способы купирования болевых синдромов с применением при нейропатии, индуцированной препаратами для химиотерапии, агонистов ванилоидных рецепторов, таких как капсаицин и этаноламида жирных кислот. Данные вещества могут стать перспективными субстанциями с анальгетической активностью, которые минимизируют побочные эффекты, снижают частоту введения препаратов и способны оказывать нейропротекторное действие, что в свою очередь поможет добиться длительного обезболивающего эффекта.

Актуальность расширения изысканий в области изучения механизмов болевого синдрома обусловлена экономическим ущербом от различных его проявлений при многочисленных недугах, связанных с ограничением трудоспособности людей и снижением качества их жизни (затраты на лечение и реабилитацию).

Деятельность Центра помогает найти ответы на актуальные вопросы современной медицины, решать значимые проблемы, связанные с разработкой, научным обоснованием, оценкой эффективности и безопасности новых субстанций, в том числе и анальгетиков, и методов коррекции различных патологических состояний. Экспериментальные исследования на животных позволяют создать модели патологических состояний, изучить возможные механизмы их хронизации для поиска альтернативных и высокоэффективных приемов, что в последующем можно транслировать в область практической медицины и фармации для лечения социально значимых заболеваний с положительным клиническим, социальным и экономическим эффектом.

Будущее Центра изучения боли Института физиологии НАН Беларуси связано с реализацией комплексных междисциплинарных научно-исследовательских проектов, где уже проводимые работы будут дополнены широким спектром передовых альтернативных методов для достижения максимальной эффективности научных изысканий. Одна из основных задач академической науки – междисциплинарная интеграция знаний для трансляционной медицины, объединяющей элементы клинической практики и последних достижений в молекулярной и клеточной биологии, физиологии, генетике, биоинформатике, фармакологии, химии, физике и других областях знаний для максимально быстрой и эффективной разработки и применения новых лечебных и диагностических подходов.

Для успешного развития Центра изучения боли имеются все

необходимые условия: достаточный научный потенциал; материально-технический и кадровый ресурс для выполнения фундаментальных и прикладных научных работ в области нейрофизиологии, создания новых медицинских технологий и доклинической оценки их эффективности; опыт международного сотрудничества. Успешно выполняются работы в области изучения боли, представлены экспериментальные модели оценки ноцицептивного и нейропатического болевого компонента, анальгезирующего эффекта биомедицинских продуктов и лекарственных препаратов, протоколы доклинических исследований.

Таким образом, к числу значимых ожидаемых результатов деятельности Центра можно отнести формирование базовой платформы академической междисциплинарной интеллектуальной кооперации для развития первой научной школы экспериментальной ноцицепции прикладного назначения; установление новых научных доказательств о функционировании иммунных механизмов боли для совершенствования методов лечения, направленных на снижение индивидуального порога чувствительности нервной системы; разработка уникальных молекулярных конструкций, биохимических композиций, генотерапевтических и клеточных продуктов для производства новых терапевтических средств с повышенной биодоступностью и их внедрения в лечебный процесс при оказании медицинской помощи пациентам с острым и хроническим болевым синдромом; образование центра компетенций мирового уровня по исследованию фундаментальных основ науки о боли для расширения международного сотрудничества. ■

Биоконъюгаты: ПЦР-диагностика, генная терапия и не только

Лаборатория химии биоконъюгатов (ЛХБК) Института физико-органической химии НАН Беларуси возникла как центр разработки синтетических олигонуклеотидов для нужд молекулярной диагностики в 2011 г. Первые проекты были связаны с созданием праймеров и зондов для ПЦР-исследований, что позволило внедрить в практику отечественные реагенты для анализа инфекционных заболеваний и генетических маркеров. Со временем направление расширилось, и сегодня ведутся работы не только в области биоаналитики, но и генной терапии, а также тонкого органического синтеза.

Особое внимание уделяется созданию оригинальных химических реагентов для введения флуоресцентных меток в синтетические олигонуклеотиды. Эти метки улучшают фотофизические свойства зондов и повышают чувствительность аналитических методов. Разработанные в лаборатории реагенты по своим характеристикам не уступают, а порой и превосходят известные мировые аналоги. Созданы также уникальные реагенты-линкеры для конъюгации биомолекул, некоторые из них не имеют аналогов.

Работы в области улучшения фотофизических свойств биоконъюгатов сосредоточены на изучении цианиновых красителей и бифлуорофоров флуорес-

цена, свойства которых зависят не только от их химической структуры, но и от характеристик среды: кислотности, температуры, природы растворителя. Флуоресцеин и цианиновые красители, такие как Су3 и Су5, демонстрируют значительные изменения квантового выхода и яркости исходя из протолитических равновесий и микроокружения, что открывает возможности для тонкой настройки их поведения в биосенсорах. Бифлуорофоры обладают более высоким коэффициентом экстинкции по сравнению с мономерными аналогами и сохраняют интенсивность свечения при конъюгации с белками, что делает их перспективными в биомедицинских исследованиях.



Таким образом, ЛХБК работает на пересечении химии, нанотехнологий, биоорганической химии и биомедицины, создавая уникальные инструменты для диагностики и терапии. Наши инновации не только открывают новые горизонты для практического

применения в отечественной биоаналитике, медицине и фармацевтике, но и укрепляют позиции белорусской науки на международной арене.

Яркий пример научных успехов лаборатории – участие в международном исследовании (результаты которого опубликованы в журнале *Nucleic Acids Research*), посвященном системе редактирования генома CRISPR-Cas12a с так называемыми разделенными РНК-олигонуклеотидами.

В классическом варианте направляющая РНК (crRNA), которая управляет ферментом Cas12a, состоит из двух частей: постоянного «каркаса» и переменного «спейсера», отвечающего за распознавание конкретной последовательности ДНК. Мы показали, что эти две части можно синтезировать и применять отдельно – как самостоятельные короткие РНК-олигонуклеотиды. Фермент Cas12a способен с их помощью столь же точно и избирательно расщеплять целевые участки ДНК, как и при использовании полной направляющей РНК.

Это открытие имеет несколько важных следствий. Во-первых, оно демонстрирует гибкость системы и открывает новые возможности для ее применения в генной терапии: короткие синтетические РНК-олигонуклеотиды

проще и дешевле получать в чистом виде, чем длинные цельные молекулы. Во-вторых, разделение направляющей РНК на части позволяет комбинировать один универсальный «каркас» с множеством различных «спейсеров», что делает возможным тонкую настройку системы.

Для лаборатории это достижение особенно значимо, поскольку оно напрямую связано с ее ключевой компетенцией – синтезом модифицированных РНК- и ДНК-олигонуклеотидов. Именно в ЛХБК разработаны технологии получения нестандартных химических модификаций, которые повышают стабильность и функциональность таких молекул. Участие в работе над split crRNA стало подтверждением того, что белорусские ученые способны не только создавать собственные реагенты мирового уровня, но и вносить вклад в развитие передовых направлений геномной инженерии и молекулярной диагностики. Кроме того, это исследование заложило основу системы редактирования митохондриального генома, что позволит получать средства

терапии заболеваний, вызванных мутациями генома митохондрий. Таким образом научные разработки, осуществляемые в лаборатории, находят применение в глобальных проектах, связанных с будущим медицины – от высокочувствительных диагностических тестов до технологий редактирования генома.

Реагенты для введения GalNAc-модификаций в siRNA

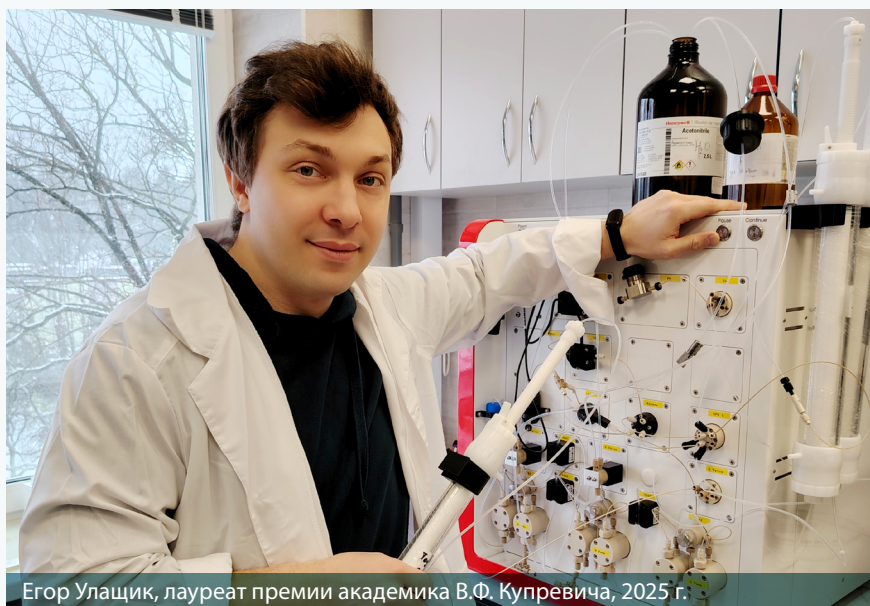
Одним из наиболее значимых направлений работы ЛХБК стало создание реагентов для введения модификаций на основе N-ацетилгалактозамина (GalNAc) в малые интерферирующие РНК (siRNA). Эта технология считается золотым стандартом для доставки терапевтических нуклеиновых кислот в клетки печени.

Идея заключается в том, что GalNAc-кластеры специфически распознаются асиалогликопротеиновыми рецепторами (ASGPR), которые экспрессируются на поверхности гепатоцитов. Благодаря этому siRNA, конъюги-

рованные с GalNAc, эффективно захватываются клетками печени и реализуют свой терапевтический потенциал при очень низких дозах.

Компания Alnylam Pharmaceuticals первой внедрила технологию на базе GalNAc-кластеров в клиническую практику. Их терапевтические препараты Givosiran и Inclisiran показали, что GalNAc-модифицированные siRNA могут быть безопасно и эффективно использованы для лечения наследственных заболеваний печени и сердечно-сосудистых патологий. Эти успехи стали основой целого класса новых лекарственных средств, которые активно исследуются и выводятся на рынок.

Сотрудники ЛХБК разработали собственные реагенты для введения GalNAc-модификаций в синтетические олигонуклеотиды. В отличие от классических подходов, где GalNAc-кластеры вводятся через ограниченный набор линкеров, нами представлена серия оригинальных химических соединений, позволяющих варьировать структуру и плотность углеводных фрагментов. Это дает возможность тонко регулировать баланс между стабильностью, биодоступностью и эффективностью доставки. Результаты испытаний показали, что данные реагенты по эффективности не уступают мировым аналогам, в том числе компании Alnylam. При этом сгенерированные нашими учеными оригинальные мономерные блоки позволяют оперативно конструировать сложные мультивалентные системы как в процессе автоматического синтеза, так и при постсинтетической модификации, делая создание терапевтических конструкций более быстрым и гибким.



Егор Улащик, лауреат премии академика В.Ф. Купревича, 2025 г.

Таким образом, лаборатория не только подтвердила возможность воспроизведения ключевых мировых технологий, но и предложила собственные решения, расширяющие потенциал GalNAc-модифицированных siRNA. Это открывает перспективы выпуска отечественных препаратов на основе РНК-терапии, конкурентоспособных на международном рынке.

Одно из стратегических направлений работы ЛХБК – создание технологии синтеза модифицированных нуклеозидтрифосфатов (нтф) – ключевых строительных блоков для работы ферментов, синтезирующих нуклеиновые кислоты. Эти соединения применяются в самых разных областях: от фундаментальных исследований до медицинской диагностики и терапии.

В традиционных биотехнологических подходах нуклеозидтрифосфаты получают с использованием ферментов бактерий *E.coli*. Однако такой метод сопряжен с риском контаминации продукта остаточной бактериальной ДНК, что критично в отношении пре-

паратов для терапии и высокоточной диагностики.

Разработанная в ЛХБК технология основана на чисто химическом синтезе модифицированных нуклеозидтрифосфатов. Это принципиально исключает возможность попадания бактериальной ДНК в конечный продукт и обеспечивает высочайший уровень чистоты реагентов. Такой подход не только гарантирует безопасность и воспроизводимость результатов, но и открывает путь к созданию новых типов модифицированных нуклеотидов, которые невозможно получить биотехнологическими методами. По сути, лаборатория предложила решение одной из ключевых проблем современной молекулярной биологии – обеспечение чистоты и надежности исходных реагентов для диагностики и терапии.

ЛХБК реализует несколько перспективных проектов, один из которых связан с разработкой разветвленных олигонуклеотидов особой структуры, способных эффективно распространяться по нервной ткани и использоваться

для лечения неврологических заболеваний.

Классические линейные олигонуклеотиды обладают ограниченной проникающей способностью: они плохо диффундируют в плотных тканях и быстро подвергаются деградации. Разветвленные структуры, напротив, обеспечивают более равномерное распределение и демонстрируют повышенную устойчивость к нуклеазам, что делает их особенно перспективными для доставки терапевтических молекул в головной и спинной мозг.

Примером служат изыскания профессора А. Хворовой из UMass Chan Medical School (США), показавшей, что разветвленные олигонуклеотиды могут использоваться для коррекции экспрессии генов, связанных с нейродегенеративными процессами. В работах ученой описаны конструкции, способные проникать в клетки нервной ткани и сохранять активность в течение длительного времени, что открывает возможности для терапии таких недугов, как болезнь Альцгеймера, боковой амиотрофический склероз и другие патологии центральной нервной системы.

Совместные исследования с коллегами из Красноярска направлены на получение нового класса терапевтических олигонуклеотидов, объединяющих химическую стабильность, высокую биодоступность и способность к распространению в сложных тканевых матрицах. В лаборатории разрабатываются оригинальные реагенты-линкеры для синтеза таких разветвленных структур, а также методы их модификации для повышения эффективности взаимодействия с клеточными мишенями. То есть текущая работа лаборатории ориентирована на получение молекул,



Егор Улащик и Вадим Шманай с делегацией из КНР в ИФОХ НАН Беларуси

которые могут стать основой для новых терапевтических средств против неврологических заболеваний, где традиционные подходы пока не дают достаточного эффекта.

С 2026 г. начинается международное сотрудничество в рамках конкурса «БРФФИ-РНФ» с Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), в рамках которого планируется создать высокотехнологичную платформу, позволяющую управлять свойствами малых интерферирующих РНК с помощью химических и структурных модификаций. Для этого будут задействованы оригинальные разработки авторов проекта: новые химические модификации, сокращающие до минимума использование токсичных фосфотиоатов, и новые патентно-чистые компоненты для синтеза транспортных молекул.

ЛХБК также планирует представить технологию синтеза интеркалирующих красителей, применяемых для количественного определения ДНК и РНК и позволяющих точно измерять содержание нуклеиновых кислот в образцах, что критически важно для диагностики инфекционных заболеваний, мониторинга качества биопрепаратов и проведения фундаментальных исследований в области геномики.

Не менее значимо создание флуоресцентных терминаторов для четырехцветного секвенирования ДНК, что востребовано как в научных исследованиях, так и в клинической практике – от персонализированной медицины до эпидемиологического контроля.

Важное место занимают разработки FISH-зондов (*fluorescence in situ hybridization*) для визуализации конкретных участков хромосом и РНК прямо в клетках

при диагностике онкологических заболеваний, генетических нарушений и вирусных инфекций, позволяющие врачам и исследователям буквально увидеть молекулярные процессы внутри живых систем.

Отдельное направление связано с дизайном структуры и синтезом липидов для сборки липидных наночастиц (LNP) – ключевых компонентов современных мРНК-вакцин, аналогичных представленным компаниями Pfizer и Moderna для борьбы с COVID-19. Липидные наночастицы обеспечивают защиту матричной РНК от разрушения и ее эффективное проникновение в клетки, что делает возможным реализацию терапевтического эффекта.

Особую значимость приобретает тот факт, что в лаборатории разработаны собственные технологии синтеза нуклеозидтрифосфатов и CAP-структур, необходимых для получения матричных РНК. Это означает, что в Беларуси в краткосрочной перспективе появится полный набор отечественных компонентов для производства мРНК-вакцин – от исходных химических реагентов до систем доставки. Такой комплексный подход открывает возможности для создания национальных биотехнологических решений, независимых от импорта и способных конкурировать на международном уровне.

По данному направлению лаборатория сотрудничает с коллегами с биологического факультета Белорусского государственного университета, что позволяет объединить химическую экспертизу с биологическими и медицинскими исследованиями. Совместные проекты нацелены на разработку новых платформ для вакцин и терапевтических препаратов, которые могут быть вос-

требованы не только в Беларуси, но и за ее пределами.

В ЛХБК синтезированы избирательно модифицированные дейтерием биомолекулы – аминокислоты, нуклеиновые кислоты и полиненасыщенные жирные кислоты. Эти соединения демонстрируют ярко выраженный кинетический изотопный эффект, который приводит к многократному замедлению нежелательных биохимических реакций, связанных с патологическими процессами. Особенно перспективными оказались дейтерированные полиненасыщенные жирные кислоты (D-PUFA). В обычных ПНЖК наиболее уязвимыми являются бис-аллильные позиции, где легко запускаются цепные реакции перекисного окисления липидов. Замена атомов водорода на дейтерий в этих позициях делает молекулы значительно более устойчивыми к окислительному стрессу. В результате мембраны клеток менее подвержены разрушению, а процессы, связанные с повреждением липидов, замедляются.

Исследования российского ученого М. Щепинова и его коллег (в том числе из нашей лаборатории) показали, что даже частичное (около 20%) включение дейтерированных ПНЖК в состав мембран способно существенно подавлять цепные реакции липидного перекисления. Такой подход отличается от традиционного применения антиоксидантов: вместо нейтрализации свободных радикалов он предотвращает саму возможность их возникновения и разрушительного распространения.

Использование дейтерированных биомолекул открывает новые возможности для регулирования жизненно важных физиологических процессов и борьбы с патологиями, связанными с окисли-

тельным стрессом. Это направление объединяет фундаментальную органическую химию, биофизику мембран и прикладную биомедицину, формируя основу для будущих терапевтических решений (основной причиной старения являются процессы, вызванные липидным перекислением).

Таким образом, прикладные разработки ЛХБК охватывают широкий спектр современных молекулярных биомедицинских технологий – от диагностики и секвенирования до создания терапевтических систем на основе РНК. Это делает лабораторию одним из ключевых игроков в области биоконъюгатов и биомолекулярной инженерии, а ее достижения формируют основу для будущего отечественной биомедицины.

Перспектива видится нам в поступательном развитии уже заложенных направлений, совершенствовании технологий синтеза олигонуклеотидов, модифицированных нуклеотидов и систем доставки. Не менее важен аспект укрепления школ тонкого органического синтеза и биоорганической химии, которые формируются вокруг лаборатории. Подготовка молодых специалистов, вовлечение студентов и аспирантов в реальные исследовательские проекты обеспечат преемственность и устойчивость научных результатов.

Лаборатория активно сотрудничает с коллегами из Беларуси и зарубежных научных центров, и в будущем международные контакты будут расширяться. Это позволит не только обмениваться опытом и технологиями, но и включать белорусскую науку в глобальные проекты по молекулярной диагностике и РНК-терапии. В декабре 2025 г. делега-

ция Института физико-органической химии НАН Беларуси во главе с его директором, академиком А.В. Бильдюкевичем посетила Пекинский НИИ аэрокосмических экспериментальных технологий, где состоялось торжественное открытие совместной китайско-белорусской международной лаборатории перспективных химических материалов, образованной на базе ЛХБК. Стороны обсудили содержание договора о научном сотрудничестве, а также заключение контрактов на выполнение заказных работ, касающихся технологий синтеза новых перспективных соединений. Будущее лаборатории связано не столько с громкими прорывами, сколько с последовательным развитием научной школы, подготовкой нового поколения ученых и укреплением международного сотрудничества. Именно это создает основу для долгосрочного вклада в биомедицину и инновации в различных сферах.

Государство в меру возможностей поддерживает материально-техническую базу лаборатории и помогает с приобретением оборудования для научных исследований, что способствует их проведению на достаточно высоком уровне. Вместе с тем для дальнейшего прогресса крайне важно приобретение наноассемблера – прибора для микрофлюидного формирования липидных наночастиц. Кроме того, наличие современных реакторов и хроматографов позволило бы более эффективно синтезировать и выделять сложные и дорогостоящие соединения, что существенно укрепило бы потенциал лаборатории в решении прикладных и фундаментальных задач. Но самая острая проблема ЛХБК, равно как и всех химиков-органиков страны – отсутствие современной

ЯМР-спектрометрии. В Беларуси функционирует лишь один прибор, который до сих пор сохраняется в рабочем состоянии благодаря профессионализму и самоотверженности высококвалифицированных операторов, так как ему уже 20 лет, что в 5 раз больше стандартных сроков эксплуатации. Между тем именно ЯМР-спектроскопия является единственным надежным методом для установления структуры синтезированных органических соединений. Без нее невозможно подтвердить подлинность полученных структур, а значит, под угрозой оказываются все изыскания в данной области. Если существующий прибор выйдет из строя, это станет серьезным ударом по научным разработкам в стране: фактически будет парализована работа целого направления, от фундаментальных исследований до прикладных проектов в биомедицине и фармацевтике. Поэтому приобретение новых ЯМР-спектрометров (одного прибора явно недостаточно) – не просто техническая необходимость, а стратегический шаг, без которого невозможно дальнейшее развитие всей белорусской органической химии. ■

Ольга Шарко,
ведущий научный сотрудник лаборатории
химии биоконъюгатов Института
физико-органической химии
НАН Беларуси, кандидат химических наук

Егор Улащик,
старший научный сотрудник лаборатории
химии биоконъюгатов ИФОХ
НАН Беларуси, кандидат химических наук

Юлия Бекиш,
старший научный сотрудник лаборатории
химии биоконъюгатов ИФОХ
НАН Беларуси, кандидат химических наук

Вадим Шманай,
завлабораторией химии биоконъюгатов
ИФОХ НАН Беларуси, кандидат
химических наук, доцент

Автономные агрегаты для аграрного сектора



Виктор Голдыбан,
заведующий лабораторией механизации производства овощей и корнеклубнеплодов НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, кандидат технических наук, доцент

Технические средства для механизации, автоматизации и роботизации технологических процессов производства картофеля, сахарной свеклы и иных овощей разрабатываются в рамках реализации проектов государственных научно-технических и научно-исследовательских про-

грамм, а также программ Союзного государства.

Серийный выпуск созданной в лаборатории техники налажен на Экспериментальном заводе НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, являющимся одним из мировых изготовителей машин для посадки картофеля, послеуборочной его обработки, технологических линий для закладки и выемки с хранения корнеклубнеплодов, а также комплекса машин (мини-заводов) по их подготовке к продаже (сухая очистка, мойка, шлифовка, взвешивание и упаковка в полиэтилен, сетчатые мешки). Освоено производство картофелесажалки СК-4, скутера-подборщика СКП-40, загрузчика телескопического ЗТ-40, конвейера телескопического КТ-40, конвейера наклонного КН-40, машины сухой очистки картофеля МСОК-10, стола переборочного СПР-10, машины калибровочной МК-15

и других, поставляемых в сельскохозяйственные организации Беларуси и России.

По отдельным позициям заключены лицензионные договоры с изготовителем, по которым, в зависимости от объема реализации, авторы и Научно-практический центр получают роялти. Лаборатория осуществляет научное и методическое сопровождение переданных на завод разработок.

Наиболее востребована четырехрядная картофелесажалка СК-4 для рядковой посадки не пророщенных откалиброванных клубней с одновременным их протравливанием и внесением минеральных удобрений на почвах всех типов с междурядьями 70, 75 и 90 см. СК-4 агрегируется с тракторами класса 1,4, на сегодня выпущено свыше 600 единиц.

Серийное производство созданных лабораторией комбайнов для уборки капусты и моркови освоено на опытном участке НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. Данная техника работает на Сахалине.

Выручка белорусских предприятий, поставивших на рынок такие агрегаты, в 2024 г. составила более 3,6 млн руб. При этом их себестоимость на 30–40% ниже импортных аналогов.

Для снижения адгезии почвы к рабочим органам сельскохозяйственных машин, а также поиска путей продления срока службы

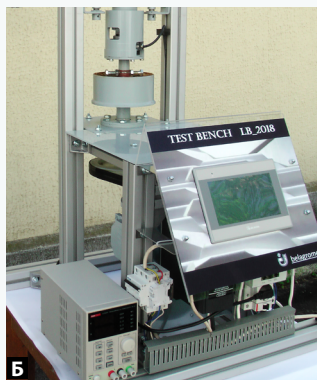


Рис. 1. Экспериментальные стенды: А – кругового типа для испытаний почвообрабатывающих рабочих органов; Б – для исследования фрикционных свойств почвы



Рис. 2. Автоматическая управляемая навесная система

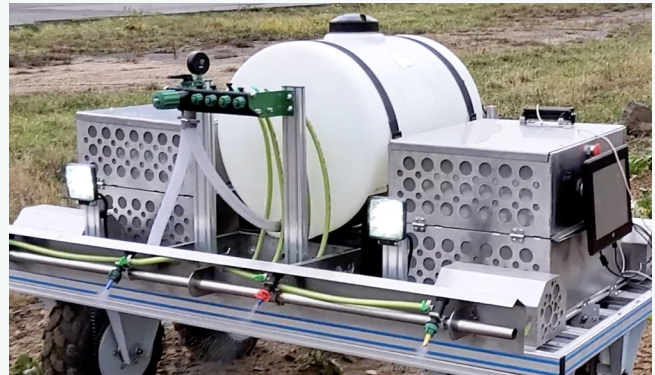


Рис. 3. Внешний вид автономной роботизированной платформы

быстроизнашивающихся рабочих частей почвообрабатывающих машин лабораторией изготовлены экспериментальные стенды (рис. 1).

Их применение при проведении исследований позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на получение экспериментальных данных, их обработку и анализ. Например, стенд кругового типа обеспечивает движение рабочих органов по кругу, следовательно, можно производить имитацию их работы не дискретно, а непрерывно. Стенд для определения фрикционных свойств почвы позволяет в динамике определить коэффициент ее внешнего трения о детали, а также оценить энергозатраты на процесс почвообработки. Установки оснащены современной

аппаратурой для регистрации данных.

С целью повышения качества выполнения технологических операций, уменьшения затрат и снижения негативного воздействия средств механизации на окружающую среду и человека лабораторией изучаются возможности применения цифровых технологий, элементов роботизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Это обусловлено растущей потребностью в финансово конкурентоспособном и экологически устойчивом аграрном производстве.

В этом направлении практически все разработки выполнялись совместно с лабораторией робототехнических систем Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси.

Сотрудники лаборатории представили автоматическую управляемую навесную систему с пропашным культиватором (рис. 2). В основу ее работы положена концепция использования оптического сигнала с видеокамеры для получения визуальной информации о положении растений в рядке, которая посредством программного обеспечения обрабатывается. Определяется центральная линия рядка, после чего рассчитывается отклонение положения орудия. Информация передается на блок управления, а тот в свою очередь посредством гидроцилиндра смещает культиватор в нужную сторону.

Для полной автоматизации процесса сортировки картофеля на стадии его предпродажной и глубокой переработки разработан образец автоматической сортировальной машины для отделения некондиционного картофеля. С помощью системы технического зрения она определяет наличие на клубнях очагов болезней, следов повреждений и позеленений, а затем отделяет дефектные в автоматическом режиме струей сжатого воздуха. Точность сортировки составляет 95%, производительность одного потока – до 2 т/ч.

В направлении изучения неинвазивных методов оценки качества сельхозпродуктов лабораторией

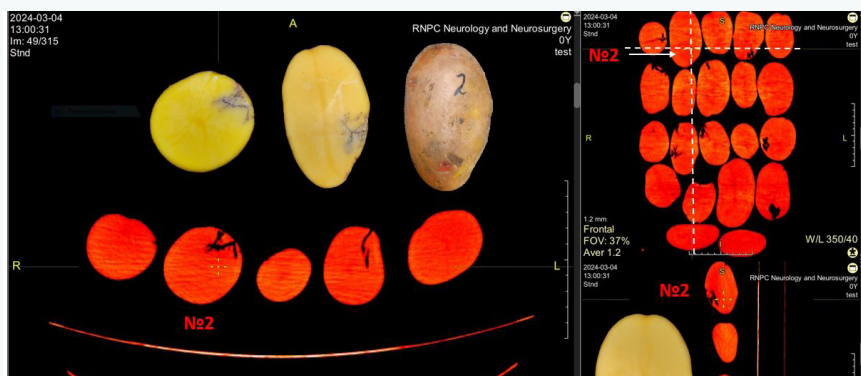


Рис. 4. Выявление внутренних дефектов клубней картофеля с помощью рентгеновского излучения

проведены исследования по выявлению внутренних дефектов клубней картофеля при помощи ядерного магнитного резонанса и рентгеновского излучения (рис. 4).

В настоящий момент научные интересы лаборатории сосредоточены на автономных роботизированных транспортных средствах для аграрной отрасли. Их использование позволяет внедрить ряд инновационных решений для таких процессов, как мониторинг культур и оценка их состояния, точная посадка и посев, автоматизированное управление поливом, обнаружение и борьба с вредителями и сорняками, уборка урожая, анализ почвы и контроль питательных веществ.

Если масштабная автономная техника максимально эффективна в крупных сельхозорганизациях, то малые электрические мобильные роботы способны улучшить результативность небольших и средних хозяйств. Эффективность агрегатов может быть повышена за счет совместной работы нескольких роботов. Ключевым моментом здесь является то, что управлять ими на поле в состоянии один специалист.

Разработана автономная роботизированная платформа для внесения пестицидов (рис. 3), позволяющая исключить человека из технологического процесса при междурядных обработках пропашных культур и тем самым обеспечить его здоровье. Согласно данным ВОЗ, ежегодно в мире происходит от 500 тыс. до 1 млн отравлений пестицидами, до 20 тыс. человек в результате интоксикации погибают. Около 50% отравлений и 75% смертей приходится на людей, которые непосредственно контактируют с химическими веществами – в основном работники сельского хозяйства.

В лаборатории ведутся исследования, направленные на создание и совершенствование основных подсистем платформы: исполнительной, информационной (сенсорной), управляющей, коммуникационной. Первая включает ходовую часть, системы внесения пестицидов, питания и безопасности движения. Информационный блок состоит из датчиков внутренней информации, конструктивно встроенных в ходовую систему, и внешней –

о состоянии окружающей среды (видеокамеры, лидары и др.). Подсистема управления включает преобразователи информации, контроллеры и программное обеспечение, а также средства интерфейса оператора. Коммуникационное устройство имеет каналы прямой и обратной связи внутри роботизированной платформы и внешнего интерфейса для взаимодействия с оператором.

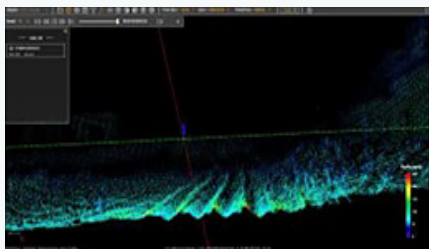
На основе методов наземного лазерного сканирования ученые лаборатории исследуют способы построения навигационной кривой для движения сельскохозяйственной автономной роботизированной платформы (рис. 5) и интеграции сенсорных данных от лидара и стереокамеры для повышения эффективности позиционирования машины. Совместно с ООО «Робототехника и облачные технологии» разработан сервер-администратор и программное обеспечение для дистанционного управления и визуализации статуса платформы при работе в междурядьях.

Считаем целесообразным и далее совершенствовать способы локального и глобального позиционирования автономных сельскохозяйственных агрегатов, разрабатывать концепции безопасности при эксплуатации автономных машин, исследовать технологические основы управления их группой. Перспективные направления лаборатории на 2026–2030 гг. в области механизации технологических процессов при производстве овощей и корнеклубнеплодов связаны с 6- и 8-рядными картофелесажалками, специализированными погрузочно-разгрузочными транспортными системами для перевозки корнеклубнеплодов с поля, отечественным комплексом машин для сахарной свеклы. ■

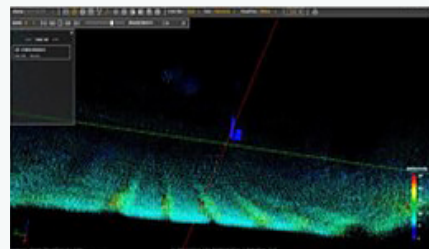
Посевы сахарной свеклы



Облака точек, собранные лидаром



Гребневая поверхность



Ровная поверхность

Рис. 5. Получение облака точек лидаром на посевах сахарной свеклы

Беларусь будущего:

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

В современных условиях немаловажное значение приобретают вопросы поиска оптимальной модели социально-экономического, социокультурного и технологического развития как проекции эволюции общества в ближайшей и среднесрочной перспективе. Стратегическое планирование формирует необходимые ориентиры, которые определяют потенциальный облик Беларуси будущего. Значимым аспектом в данном случае выступают общественные представления о векторах совершенствования нашей страны. Содержание социальных установок и контуров восприятия во многом позволяет составить понимание того, какой хотят видеть динамику общества наши граждане.

Ушедший год во многом стал определяющим в оформлении конструктивного социального образа «Беларусь будущего». Реализованы фундаментальные направления Государственной программы научных исследований на данный период (разработки внедрены в производство и исследовательскую практику), успешно завершилась Программа социально-экономического развития на 2021–2025 гг. Квинтэссенцией социального видения будущего государства стало принятие тфакой программы на 2026–2030 гг. на Всебелорусском народном собрании 18–19 декабря 2025 г. Главенствующая роль в научном и технологическом прогрессе, согласно положениям документа, отводится «росту конкурентоспособности, ускорению технологического развития и цифровой трансформации (приоритет №4)» [1]. В качестве механизмов реализации указанного направления выступают рост наукоемкости экономики и ускорение ее инновационной динамики, а также повышение ее технологичности и создание новых высокотехнологичных отраслей в промышленности.

Научно-технологическое развитие – междисциплинарная сфера исследовательского дискурса,



Александр Посталовский,
заместитель директора по научной
работе Института социологии
НАН Беларуси, кандидат
социологических наук, доцент

отчего его интерпретация во многом зависит от принадлежности к конкретной отрасли научного знания. Учитывая его социально-экономическую направленность в белорусских условиях, представляется оптимальным определение, данное Г.П. Беляковым и А.Н. Кочемаскиным. Согласно мнению этих исследователей, упомянутый процесс представляет собой «качественные изменения в технологическом базисе экономики, приводящие к экономическому росту, путем развития науки, создания и использования прогрессивных технологий, производства высокотехнологичной продукции (товаров, услуг)» [2]. И.В. Гладышева и Е.Н. Ветрова видят технологический прогресс как «переход на качественно новый уровень знаний, основанных на компетенциях

в конкретных областях, способных влиять на трансформацию процессов таким образом, что в результате появляются новые работы, продукты, услуги, и в конечном счете отрасли и сферы деятельности» [3]. Учитывая сказанное, необходимо отметить, что основными атрибутами обновления технологий выступают переход на принципиально новый уровень знаний об изучаемых явлениях и диверсификация различных отраслей экономики, обусловленная внедрением новых теорий и технологий в производство. Такая эволюция становится стадийным процессом (стадии научно-технических революций – НТР), в основании которого лежат экономические, социокультурные, материальные, нематериальные, цивилизационные и иные факторы. Наряду с общими тенденциями цифровизации общества, активного применения технологий искусственного интеллекта, инновационных нововведений технологического уклада важным фактором выступают социокультурные основания для прогрессирования как технологий, так и общества. Как справедливо отмечает Е.В. Синев, «развитие науки и техники следует до некоторой степени рассматривать не просто как скачок в развитии производительных сил общества, а как специфически социальный процесс, осуществляющийся посредством научно-технических преобразований. НТР представляется, таким образом, как практическая реализация социальных и культурных потенций науки и техники, как воплощение их социокультурной преобразующей силы в информационном обществе, представляющем современный этап развития постиндустриального общества» [4]. Социокультурные основания в данном случае выступают необходимыми условиями реализации на практике технологий прогресса и прорыва. Ни одно научное открытие не может происходить вне рамок того социокультурного пространства, в котором формируются индивид и общество в целом.

Социокультурность в общих контекстах представляет собой «непрерывно продолжающийся процесс создания смыслов и ценностей» [5]. Именно смыслы, мировоззренческие нарративы, ценностные ориентиры и социальные установки населения во многом определяют социокультурный фактор обновления технологий. Научно-технический прогресс реализуется в том числе через национальный менталитет и ценности. Созидательный потенциал белорусского общества как один из структурных элементов технологического и социального развития составляют ценностные ориентиры, обуславливающие возможности и мотивацию населения к прогрессу. Кроме того, социокультурные основания – это прежде всего

конкретный цивилизационный, информационный и социальный контекст, в рамках которого реализуются технологии НТР.

Ценностные ориентации представляют собой индивидуально значимые для человека, социальной группы, общества определенные идеалы, принципы, в конечном итоге выливающиеся в явления действительности и объекты окружающей среды. Такие установки формируются во многом благодаря воспитанию, образованию, личностным убеждениям и исторической памяти. Индивидуальная значимость той или иной содержательной направленности убеждений и личностных воззрений оказывает воздействие на поведенческие стратегии, в том числе на выбор индивида в отношении векторов развития общества, активной сопричастности его жизни, одобрения модели социально-экономического курса страны [6]. Одна из значимых стратегических задач в данном контексте – сохранение традиционных ценностей белорусского общества, которые во многом обеспечивают конструктивное участие населения в экономике страны, формируют интеллектуальный и созидательный потенциал как мировоззренческий код белорусской нации. Склонность к совершенствованию и при этом сохранению уже достигнутого определяют в том числе вовлеченность белорусов в технологическое обновление своего государства. В данном случае социокультурным фактором обеспечения научно-технического прогресса являются ценности, поскольку именно они составляют основание для руководства к действию.

Необходимым компонентом научно-теоретической интерпретации сущности указанного явления выступает методологический и прикладной инструментарий современной социологической науки. Как область знаний, изучающая общество, она позволяет понять особенности и специфику происходящих в стране процессов через обращение к человеку, изучение общественного мнения посредством опросных методов для обнаружения глубинных смыслов и причин рассматриваемых социальных явлений. В данном случае видится актуальным социологический анализ содержания ценностных ориентиров современного белорусского общества. Поскольку ценности представляют собой структурный компонент социокультурных оснований технологического развития, именно социологические данные, с одной стороны, дают возможность раскрыть содержание приоритетов в отношении ценностных ориентиров; с другой – могут послужить источником для прогнозной аналитической стратегии «Беларусь будущего». Образ завтрашнего

дня нашей страны по большей части формируется конструктивным общественным восприятием и социальными установками в отношении готовности участвовать в развитии государства. Содержание общественного восприятия также определяется ценностными и мировоззренческим ориентирами населения. По представлениям людей о том, как будет выглядеть страна в среднесрочной перспективе, и их социальным ожиданиям от предстоящей пятилетки можно судить о ценностной системе координат социума.

Институт социологии НАН Беларуси в рамках социологического исследования ценностных ориентиров населения провел его опрос (N=1860, Δ= ± 2,3%) в феврале 2025 г. Сбор данных осуществлялся методом анкетирования по месту жительства респондентов во всех областных центрах страны и г. Минске, районных городах и сельских населенных пунктах. Согласно представленным на *рис. 1* данным, наиболее значимыми для жителей Беларуси ценностями являются «здоровье» (80,3%), «дети» (68,8%), «семья» (65,1%), «родные и близкие» (59,0%).

Полученные эмпирические результаты позволяют говорить о доминировании традиционных ценностей как индивидуально значимых мировоззренческих «маяков» в белорусском обществе. Дети, семья, родные и близкие – их компоненты, которые в наибольшей степени важны для каждого. Приоритеты в отношении семьи, собственного состояния здоровья и здоровья своих близких в значительной степени превалируют над такими, как «карьера», «материальный достаток», «желание пожить для самого себя» и т.д. Ценность института семьи выступает значимым фактором социокультурных оснований общественного и социального развития в целом. Соответственно, если говорить о проекции «Беларусь будущего» в среднесрочной перспективе,



Рис. 1. Ценностные ориентиры белорусского общества

Вариант ответа	18–30 лет	31–57 (ж) / 62 (м) лет	58 (ж) / 63 (м) лет и старше
Государственная символика Республики Беларусь (герб, гимн, флаг)	64,7	66,2	74,9
Народные символы (аист, зубр, василек и т.д.)	49,5	47,7	40,6
Объекты культурного наследия страны (дворцы и замки, слущкие пояса и т.д.)	43,5	42,5	35,1
Белорусский язык и литература	34,1	28,2	25,7
Памятники Великой Отечественной войны	14,5	24,2	34,5
Историческая символика (геральдические символы, флаги и т.д.)	14,8	16,6	14,3
Религиозные святыни	2,1	8,6	12,5
Другое	0,6	0,4	0,2
Затрудняюсь ответить	3,6	2,8	2,8

Таблица. Распределение ответов на вопрос: «Что, по Вашему мнению, является главным национальным символом Беларуси?» с градацией по возрасту, %

то свою жизнь в ближайшие пять лет абсолютное большинство населения связывает с сохранением и укреплением семейных ценностей как фактора сплочения и стабильности в социуме.

Вопросы патриотического воспитания, бережного отношения к исторической памяти белорусского общества – также системообразующие структурные составляющие социокультурного фундамента социально-экономического прогресса нашей страны. В июле – августе 2023 г. Институтом социологии НАН Беларуси был проведен опрос в контексте оценки эффективности реализации Программы патриотического воспитания населения Республики Беларусь на 2022–2025 гг. Общий объем выборочной совокупности составил 1863 респондента (жители Беларуси в возрасте от 18 лет и старше). Сбор данных велся методом анкетного опроса по месту жительства его участников во всех областных и районных центрах, г. Минске и сельских населенных пунктах [7]. Проект ориентирован на анализ индикаторов патриотических ценностей и социальных установок.

Один из элементов этих ценностей – визуализация национальных символов. Это сформированные в личностном сознании образы или ассоциации, представляющие собой индивидуально значимые для человека категории. В эмпирическом плане исследовательский интерес представляет понимание национальных символов как того, что в наибольшей



Рис. 2. Распределение ответов на вопрос: «Что, на Ваш взгляд, в наибольшей степени способствует сплочению белорусского народа?», %

степени символизирует нашу страну в сознании населения (*таблица*).

Полученные сведения, представленные в разрезе трех возрастных социально-демографических групп, позволяют говорить о том, что государственные герб, гимн, флаг воспринимаются как важный фактор идентификации и символичности указанных визуальных образов в сознании людей. В большей степени они выступают главными национальными символами среди старшей возрастной группы (женщины в возрасте от 58 лет, мужчины от 63), в то время как народные образы Родины (аист, василек, зубр) более значимы для молодежи (18–20 лет). В целом именно государственная символика стала важным компонентом патриотического сознания и социальных установок в массовом сознании.

Важным фактором сплочения белорусского общества, согласно результатам данного исследования (рис. 2), выступают стремление жить в стабильности и достатке в своем, отдельном, независимом государстве с собственным историческим прошлым, общенациональными ценностями и традициями.

Как показывают результаты эмпирических исследований, социокультурный фактор (историческое прошлое, общенациональные ценности и традиции и т.д.) – необходимое условие сплочения отечественного социума, по причине чего он прямо связан со стратегическим направлением реализации Программы социально-экономического развития на 2026–2030 гг. и необходимым результатом инновационного обновления.

Говоря о значимой в общественном восприятии проекции «Беларусь будущего» в среднесрочной перспективе, необходимо отметить, что любой образ «воображаемого нечто» должен иметь социальное одобрение и основываться на социокультурных аспектах. Исходя из сказанного, Беларусь завтрашнего дня – прежде всего та модель социально ориентированного государства, в которой будут доминировать традиционные ценности с высоким общественным одобрением института семьи. Социальные установки формируются на значимых визуальных образах с преобладанием государственных и народных символов. Согласно представлениям граждан, научно-технологическая динамика республики должна быть ориентирована на обеспечение стабильности и достатка в обществе. При этом значимыми факторами сплочения белорусского народа выступают в равной степени историческое прошлое и общенациональные традиции. Поддержка указанных институтов будет порождать социокультурные предпосылки, обеспечивающие научно-технологическое, инновационное, социально-экономическое обновление нашей страны в ближайший пятилетний период. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2026–2030 гг. // https://vns.gov.by/uploads/files/6949552c620df0.04485331_%D0%A0%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%92%D0%9D%D0%A1%20%D0%BE%D1%82%2019%20%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D1%80%D1%8F%202025%20%D0%B3%20%E2%84%96%201.pdf.
2. Беляков Г.П. Понятие и экономическая сущность научно-технологического развития / Г.П. Беляков, А.Н. Кочемаскин // Проблемы современной экономики. 2014. №1 (49). С. 38–41.
3. Гладышева И.В. Состояние, проблемы и тенденции технологического развития России / И.В. Гладышева, Е.Н. Ветрова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. №2. С. 10–21.
4. Синева Е.Н. Научно-техническая революция и социализация индивида в информационном обществе / Е.Н. Синева, В.Н. Корчагин // Общество: философия, история, культура. 2017. №2. С. 24–27.
5. Сабитова А.Р. Ценностные аспекты социального выбора / А.Р. Сабитова // Социально-гуманитарные знания. 2021. №3. С. 279–285.
6. Посталовский А.В. Ценностные ориентации и политические конфликты: аспекты взаимосвязи / О.А. Посталовская, А.В. Посталовский // Науч. тр. Респ. ин-та высш. шк. Сер.: Филос.-гуманитар. науки / Респ. ин-т высш. шк. – Минск, 2023. – Вып. 22. С. 75–82.
7. Гражданско-патриотические ценности современных белорусов: оценка эффективности реализации Программы патриотического воспитания населения Республики Беларусь на 2022–2025 гг. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т социологии; сост.: А.М. Бельский [и др.]; под общ. ред. Н.Л. Мысливца. – Минск, 2024.

Конкуренция за человеческий капитал в эпоху постматериалистических ценностей

УДК 330.16 + 331.1 JEL J24, O15, O38, Z13



Александр Козлов,
помощник члена Коллегии
(Министра) по конкуренции
и антимонопольному
регулированию Евразийской
экономической комиссии,
кандидат экономических
наук, доцент;
kozlov_alexandr@mail.ru

Аннотация. В статье поднимается проблема недооценки значения человеческого капитала (ЧК) в эпоху постматериализма, обосновывается то, что мир, по сути, уже конкурирует за трудовые ресурсы, создавая не только физические, но и виртуальные благоприятные условия. Отмечено, что в Республике Беларусь ставка по-прежнему делается на традиционное технологическое развитие и при этом упускаются новые направления, которые уже в ближайшее время могут стать драйвером экономического роста. На исторических примерах наглядно продемонстрировано становление конкуренции за квалифицированные кадры, которые уже прочно вошли в число ключевых факторов устойчивого развития. В привязке к опыту США, СССР и Китая представлена взаимосвязь между концентрацией человеческого капитала и экономическим прогрессом. Показано, что для обеспечения экономического превосходства между странами уже развернулась борьба за умы, в том числе в виртуальном мире. Автором ставится вопрос об оценке эффективности экономики в условиях глобальной конкуренции за интеллектуальные ресурсы. Подчеркивается важность разработки программы, адаптированной к современной экономической политике, нацеленной на их привлечение и удержание.

Ключевые слова: интеллектуальные ресурсы, искусственный интеллект, метавселенная, мотивация, человеческий капитал, постматериализм, стимулирование.

Для цитирования: Козлов А. Конкуренция за человеческий капитал в эпоху постматериалистических ценностей // Наука и инновации. 2026. №1. С. 53–58.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-53-58>

Сегодня, в условиях экономики знаний, в виртуальном пространстве развернулась глобальная «интенсивная война» за интеллектуальные ресурсы. Происходит переосмысление сущности экономического развития и самой категории богатства. На первый план выдвигается человеческий капитал как ключевой фактор экономики, за который ведется борьба между странами, поскольку в этой игре действует «эффект двойного счета»: рост одной экономики сопровождается ослаблением другой, и разрыв между ними увеличивается вдвое. Мировая практика показывает, что преимущества в этом притяжении получает тот, кто предлагает даже незначительно более выгодные условия труда – прежде всего речь идет о заработной плате. Однако в среднесрочной и долгосрочной перспективе последствия оказываются катастрофическими: государства-доноры лишаются шансов на экономический подъем. Более того, их граждане, покупая продукцию на международном рынке, фактически компенсируют все издержки, так как значительная часть добавленной стоимости остается в стране регистрации компании – «носителя бренда», выпускающей конечный продукт. Если еще два десятилетия назад ключевым условием экономического прорыва была физическая концентрация трудовых ресурсов – квалифицированных и мотивированных работников в определенных регионах и центрах, что формировало основу для инновационных кластеров, развития науки и технологий и активного экономического роста, то сейчас аналогичный эффект достигается через создание и контроль виртуальных пространств.

Обзор зарубежной научной литературы

Начиная с середины XX в. в зарубежной экономической науке закрепилось мнение, что инвестиции в человека – образование, обучение и здоровье – обеспечивают более высокую экономическую отдачу в сравнении с классическими вложениями в средства производства. Это стало возможным благодаря трудам таких известных ученых, как Т. Шульц и Г. Беккер, которые с 1960-х гг. заложили основы теории человеческого капитала. Они системно обосновали то, что финансирование обучения и развития работников по своей природе сходно с капиталовложениями в технику и технологии, но при этом зачастую имеет большую отдачу с точки зрения экономики.

Так, если Т. Шульц считается пионером, который создал базис для формирования концепции ЧК на примерах отсталых сельскохозяйственных регионов и развивающихся стран [1], то Г. Беккер пошел дальше, существенно расширил и углубил его теорию, показав ее универсальность и то, что отдача от инвестиций в человеческий капитал зачастую превышает доходность вложений в физические активы [2].

До этого же времени роль человека в экономическом развитии являлась недооцененной – традиционные экономические учения рассматривали труд и капитал в качестве движущих сил и не учитывали потенциал личности. Но уже спустя некоторое время, с конца 1980-х – начала 1990-х гг., Р. Лукас и П. Ромер обосновали эндогенные теории роста, где ЧК занял место центральной переменной.

Р. Лукас в статье «О механизмах экономического развития» (1988) показал, что положительные внешние эффекты, которые в последующем становятся источниками устойчивого экономического роста, создаются формируемым образованием человеческим капиталом [3]. Он, согласно модели ученого, в отличие физического не подвержен убывающей отдаче, что обеспечивает возможности, по сути, неограниченного экономического роста в долгосрочной перспективе без необходимости в экзогенном технологическом прогрессе. Тем самым различием в накоплении человеческого капитала Лукас объяснил, почему богатые страны имеют более высокий уровень ЧК и, соответственно, темпы роста, а бедные страны отстают.

В дальнейшем П. Ромер выдвигает концепцию эндогенного роста и подчеркивает, что технологический прогресс стимулируется инвестициями

в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). Технологии и знания рассматриваются как неисчерпаемые и неконкурирующие ресурсы, что ведет к постоянному экономическому развитию. Его усиливают, по мнению П. Ромера, инвестиции в инновации и человеческий капитал, которые создают эффект положительной обратной связи [4].

Т. Пикетти обосновал данные подходы с позиции теории неравенства и показал, что оно усиливается благодаря концентрации человеческого капитала в руках узкой элиты, вследствие чего необходимо вмешательство государства для обеспечения равного доступа общества к институтам всеобщего образования, здравоохранения и прогрессивного налогообложения. Таким образом, Т. Пикетти на историко-экономических примерах доказал, что для экономического роста важны не только сам ЧК, но и институциональные условия его формирования [5].

Переосмысление роли человеческого капитала, начатое в 1960-х гг., стало отправной точкой эволюции современной теории экономического развития. Можно с уверенностью констатировать, что в настоящее время он является одним из важнейших стратегических активов национальных экономик.

Исследования российских и белорусских ученых

Несмотря на то, что в советский период усилия экономистов были ориентированы на поиск путей роста материального производства, которое считалось драйвером экономики, с распадом Советского Союза и переосмыслением ценностей значение этого феномена существенно возросло, если не сказать больше – стало главным.

Так, известный академик А.Г. Аганбегян, считающийся одним из апологетов экономико-математических исследований в СССР, после распада государства пришел к выводу о том, что роль ЧК была серьезно недооценена. Развивая ранее существовавшие теории, он обозначил образование и знания в качестве ключевых составляющих этой категории, без улучшения которых, по его мнению, повысить общую производительность представляется проблематичным [6]. Будучи знатоком экономики советского периода, он отметил, что зачастую в достаточной мере обеспеченное финансирование образования и здравоохранения давало отличные результаты и позволяло стране совер-

шать технические прорывы [7], однако роль этих инвестиций была недооценена, и успехи объяснялись другими факторами.

С 1970-х гг. в советской экономической науке человеческий капитал привлекал внимание ученых в расширенном понимании – не только как рабочая сила, но и охватывая профессиональные, культурные и интеллектуальные аспекты, влияющие на конкурентоспособность экономики. Такой позиции придерживался и профессор В.Т. Пуляев, при этом он подчеркивал, что концентрация человеческого капитала прямо влияет на производительность труда, инновационный потенциал и устойчивый экономический рост [8].

Доктор экономических наук Р.М. Нуреев также отмечал важность инвестиций в образование, здоровье и профессиональную подготовку как основы для повышения производительности труда в России [9, 10]. Член-корреспондент РАН Р.И. Капелюшников в целях прикладного использования ЧК и его учета в экономических процессах заостряет внимание на проблемных вопросах его оценки, включая стоимостные аспекты [11].

Профессор А.А. Аузан, эксперт в области социокультурной экономики, указывает на проблемы, возникающие по причине «утечки мозгов» и потерь человеческого капитала из-за миграционных и институциональных барьеров. Кроме того, он прогнозирует вызовы и возможности цифровой экономики и в институциональном и культурном контексте рассуждает о роли человеческого капитала в условиях новых технологических революций [12].

Академик С.Ю. Глазьев совместно с другими учеными (Л.Н. Орлова, А.С. Воронов) исследовал взаимное влияние технологических укладов и ЧК, обращая внимание на особую роль государства и институционального регулирования в создании условий для эффективного развития последнего [13].

Отдельного внимания заслуживает взгляд академика П.Г. Никитенко, рассматривающего человеческий капитал как стратегический ресурс ноосферной экономики. Он подчеркивает необходимость его комплексной оценки, учитывающей не только количественные параметры, но и качественные эффекты – такие как уровень культуры, креативность, самоорганизация и др., а главным приоритетом экономики считает гармонизацию системы «природа – человек – общество» [14].

Профессор В.Ф. Байнев трактует человеческий капитал как стратегический фактор национальной безопасности, указывая на то, что в современной экономике уже давно идет борьба за таланты ученых

и специалистов, за умы, которые становятся объектом целенаправленного воздействия для достижения геополитических и экономических выгод [15].

Академик В.Г. Гусаков, основываясь на многочисленных научных дискуссиях, приходит к выводу, что ЧК следует воспринимать как динамичную систему, в которой важны не только накопленные знания, но и способность применять их для достижения экономических и социальных результатов [16].

Институциональные барьеры для развития человеческого капитала и их преодоление посредством проведения адаптивной государственной политики стали предметом исследований профессора П.Г. Лемещенко. Современная экономическая теория требует перехода к новой платформе политико-социального и технико-экономического роста, поскольку устаревшие доктрины рынка исчерпали свое значение. Для этого, по мнению ученого, необходимо накопление институционального капитала [17].

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ литературных источников показал, что человеческому капиталу в современном научном дискурсе уделяется достаточно большое внимание. Это объясняется прежде всего тем, что интеллектуальный потенциал постепенно становится новой точкой консолидации усилий на пути к глобальному лидерству и важнейшим фактором трансформации мировой экономики, предопределяя стратегию и направления ее формирования.

Исходя из анализа исторических экономических прорывов автор делает попытку спрогнозировать возможные сценарии развития, учитывая роль интеллектуальных и инновационных ресурсов в смене технологических укладов. Многие современные исследователи признают, что наступает новая эпоха постматериалистических ценностей, отличающаяся сменой парадигмы: удовлетворив материальные потребности, общество переходит к конкуренции за нематериальные активы – таланты, инновации, культурный и социальный капитал. В предшествующую эпоху преимущества получали государства, формирующие центры притяжения ведущих специалистов, ученых и творческих личностей.

Исторические примеры притяжения талантов демонстрируют, что способность к формированию инновационного климата и научных центров во многом определяла успех национальных экономик. Так, приток европейских ученых и инженеров

Страна	Причины миграции	Последствия
США (1930–1940-е гг.)	Приток европейских ученых и инженеров (включая известного немецкого физика-ядерщика А. Эйнштейна) из-за преследований в Европе	Становление США как сверхдержавы
СССР (до 1991 г.)	Идеологическая привлекательность социальной справедливости способствовала притоку специалистов	Впечатляющий экономический рост, особенно в восстановительные периоды. Длительный период страна была второй экономикой в мире, а по некоторым направлениям (например, космос) – абсолютным лидером
Китай (современный период)	Национальная стратегия привлечения зарубежных технологий и специалистов через экономические стимулы	Технологический рывок и доминирование в отдельных секторах экономики, например автомобилестроении

Таблица 1. Исторические примеры притяжения человеческого капитала. Примечание: авторская разработка

в США в 1930–1940-х гг., вызванный сложной политической ситуацией, заложил основы технологического лидерства страны. В СССР ставка на идеалы социальной справедливости и масштабное развитие науки привели к высоким темпам экономического роста и формированию уникальных кадровых ресурсов. Китай в последние десятилетия ре-

лизует стратегию активного привлечения знаний и специалистов, что закрепило за ним позицию ведущей экономики мира (табл. 1).

По прошествии определенного периода времени, особенно после 1990-х гг., правительства отдельных государств стали понимать, что в результате бездействия их страны стали чистыми донорами человеческого капитала на мировой рынок труда и тем самым подыгрывают странам-реципиентам. После такого осознания проблемы характер борьбы за умы изменился, стали приниматься беспрецедентные меры, препятствующие оттоку молодежи, всяческим образом стимулировалось возвращение или репатриация своих граждан, которые стали выдающимися исследователями, учеными и получили мировое признание (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 сведения носят выборочный характер и, конечно же, не отражают принимаемые всеми странами меры по возвращению и удержанию в своих юрисдикциях высококвалифицированных специалистов, ученых и молодежи, но дают представление о том, какая масштабная работа стала проводиться после осознания ценности человеческого капитала.

Однако подобные процессы были характерны для реального пространства, где государства вели

Страна	Программа	Цель	Результаты
Китай	Thousand Talents Plan, или План тысячи талантов (2009–2018 гг.)	Возвращение и привлечение высококвалифицированных ученых, инженеров и специалистов из-за рубежа	Точные сведения о репатриации талантов отсутствуют, но китайская и американская стороны признают то, что из США в Китай ежегодно стали возвращаться тысячи ученых [18]
	Thousand Young Talents Plan, или План тысячи молодых талантов (2011–2018 гг.)	Привлечение высококвалифицированных ученых, инженеров и специалистов до 40 лет, а также предотвращение их выезда за пределы Китая	
	High-End Foreign Expert Recruitment Plan, или Привлечение высококлассных иностранных экспертов (с 2019 г.)	Программа является продолжением двух вышеуказанных программ	
США	Многочисленные программы, имеющие материальную, миграционную и визовую поддержку талантливой молодежи и ученых в области науки, технологий, инженерии и математики (STEM), например Career Award, Early-Concept Grants for Exploratory Research, Early-Career Researcher Programs	Отбор одаренной молодежи, привлечение выдающихся ученых и исследователей, устранение барьеров для мигрантов-ученых по их пребыванию в США, стимулирование остаться в стране для продолжения карьеры	Высокая степень мотивации у специалистов получить американское гражданство, экономика обеспечивается лучшими кадрами, в стране наибольшее количество ученых в мире, в разные периоды почти половина нобелевских лауреатов из числа граждан США были иммигрантами. В последнее десятилетие тренд изменился: все больше случаев, когда американские ученые покидают страну
Южная Корея	Brain return 500, или Возвращение мозгов 500 (с конца 1990-х гг.)	Возвращение корейских квалифицированных специалистов и ученых из-за рубежа, восстановление научных школ, содействие коммерциализации научно-инновационных разработок, поддержка научных проектов и самих ученых	Отток специалистов замедлился, хотя этот вопрос остается нерешенным
Бразилия	Conhecimento Brasil, или Знание Бразилии (2024–2029 гг.) [19]	Возвращение бразильских ученых, исследователей и прочих специалистов, прекращение «оттока мозгов»	В обществе программа не получила однозначного одобрения. Остаются нерешенными проблемы, связанные с точкой приложения труда высококвалифицированных работников

Таблица 2. Текущие меры по репатриации человеческого капитала. Примечание: составлена на основании [20]

конкурентную борьбу за физическое присутствие специалистов. Ее объем и формы приобретают новые очертания в эпоху постматериалистических ценностей, а также цифровых технологий и виртуальных платформ. Конкуренция за внимание, таланты, творческие и научные ресурсы выходит за пределы географических границ, формируя новые механизмы притяжения и удержания человеческого потенциала.

Особого внимания заслуживает влияние глобальных кризисов, в том числе пандемии COVID-19, которые кардинально трансформировали рынки труда и модели взаимодействия в экономике знаний. Значительно ускорились процессы цифровизации, внедрение дистанционных форм работы и обучения, что усилило значимость виртуальных пространств как среды для развития и конкуренции человеческого капитала. Это создало дополнительные вызовы в оценке эффективности использования интеллектуальных ресурсов и стимулировало государства к разработке новых стратегий привлечения и удержания высококвалифицированных специалистов в условиях удаленной занятости. В этих условиях формируются новые критерии конкурентоспособности, основанные на гибкости, адаптивности и способности к непрерывному обучению. Теперь это не только борьба за физическое присутствие или трудовой контракт, но и за внимание, вовлеченность и творческий потенциал индивидов в сетевой экономике.

Таким образом, можно предположить, что в обозримом будущем виртуальное пространство (цифровые платформы и экосистемы, метавселенные и т.п.) станет ключевой ареной соперничества за человеческий капитал, где основным объектом конкуренции выступают человеческое внимание и интеллектуальные ресурсы. Современная экономика, трансформируясь в цифровую и информационную, уже сейчас все ярче начинает проявляться в виртуализации человеческого капитала. Возникают новые формы и структуры, такие как сетевой капитал человечества, который демонстрирует интегративно-распределенные навыки и компетенции, позволяющие эффективно взаимодействовать в цифровом пространстве через Интернет, социальные сети, виртуальные сообщества и платформы.

К сожалению, с точки зрения современной науки в русскоязычной литературе вопросу использования виртуальных пространств в целях достижения задач реальной экономики должного внимания не уделяется, развитие цифровых технологий

и применение искусственного интеллекта на практике осуществляется хаотично, без четкой государственной концепции и регулирования [21]. При этом надо признать, что все же отдельные компании имеют наработки в этой области, но они прежде всего направлены на получение индивидуального коммерческого результата. В долгосрочной же перспективе без регулирующей роли государства и повсеместного создания инфраструктурных проектов частные инициативы будут обречены и окажутся в беспомощном состоянии даже не перед лицом других стран, а прежде всего – крупных мировых корпораций.

Следует отметить, что в настоящей статье приведен далеко не полный список примеров, когда специалисты интеллектуального труда предпочитали ту или иную «гавань» для дальнейшей жизни. Автор хотел показать, что принимаемые решения об эмиграции граждан были зачастую основаны на ожидании получить более привлекательные условия для проживания. Итогом становилось то, что новая «гавань» получала ресурс для процветания на многие десятилетия.

Можно предположить, что в постматериалистическом мире будут проходить схожие процессы. При этом если ранее наблюдалась физическая миграция, то сейчас с учетом развития интернет-технологий достаточно «завладеть» умами ученых и специалистов, что возможно даже без их физического перемещения. Для этого имеются все предпосылки и инструменты. Например, появились децентрализованные деньги (криптовалюты), ценность которых поддерживается исключительно верой в них участников сделки. На смену реальному миру приходит интернет-пространство с такой же «неосвязаемой» в классическом представлении обстановкой, но возможностью выразить происходящее в реальном денежном измерении, поскольку цифровую валюту можно свободно обменять на наличные средства. Формируются виртуальные пространства для жизни, создания транспортных средств, продуктов питания и многого другого, что еще десять лет назад вызывало бы лишь улыбку на лице.

Таким образом, в наши дни сформировались современные технологические тренды, где виртуальные пространства, искусственный интеллект и метавселенные становятся новыми центрами притяжения человеческого капитала. Уже сегодня для привлечения интеллектуального потенциала со всего мира крупные международные корпорации используют такие площадки. И именно на них будет проходить борьба за интеллектуальные ресурсы

в перспективе и определяться конкурентоспособность субъектов экономики, где акцент будет сделан на управлении человеческим вниманием и интеллектуальной активностью в условиях новых постматериалистических мотивов и ценностей.

Концентрация человеческих ресурсов традиционно была связана с научно-техническим прогрессом и сопровождалась экономическим ростом. В такой ситуации, особенно в постматериалистическую эпоху, роль человеческого капитала будет только возрастать. В этой связи одной из важнейших задач для государства в обозримом будущем должно стать проведение ревизии подходов к стимулированию человеческого капитала и привлечения его в экономику страны. Ожидается, что в результате должны быть устранены всякого рода барьеры и препятствия, а у субъектов появятся дополнительные возможности для самореализации, в том числе по экстерриториальному принципу.

Национальному регулятору необходимо начать подготовку концепции виртуального человеческого капитала и разработать новые подходы к оценке эффективности экономики в условиях глобальной конкуренции за интеллектуальные ресурсы. Это обусловлено требованием времени, и прежде всего тем, что в условиях развития искусственного интеллекта виртуальные пространства становятся новыми центрами привлечения человеческого потенциала, что требует включения соответствующих механизмов и критериев в государственную экономическую политику.

Особое внимание следует уделить молодежи. Государственная политика должна переориентироваться на создание условий, привлекательных для всестороннего развития и самореализации, чтобы захватить и удержать ее внимание к государственным инициативам.

Для обеспечения развития необходимо преодолеть существующие институциональные барьеры, адаптируя экономическую теорию с учетом новой цифровой и постматериалистической реальности, а также с опережением формировать и поддерживать центры виртуального человеческого капитала, стимулировать творчество и инновации, что позволит эффективно использовать трудовые ресурсы для национальной экономики. ■

Статья поступила в редакцию 13.10.2025 г.

■ **Summary.** The present study provides an overview of modern integral leukocyte indices, the values of which have been established for the first time in laboratory rats and mice under physiological conditions. It highlights the interplay between various components of the immune system, as well as markers of inflammation, intoxication, adaptation processes, and stress response. The variability of these parameters was evaluated depending on the species and sex of the animals. The data revealed no statistically significant differences between males and females within the same species, which allowed for the combination of groups for analytical assessment. The findings are intended to contribute to the establishment of a normative framework for scientific and preclinical research, as well as the development of new experimental models of pathological processes.

■ **Keywords:** intellectual resources, artificial intelligence, metaverse, motivation.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-53-58>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Schultz T.W. Investment in Human Capital // American Economic Review. 1961. Vol. 51, №1. P. 1–17.
2. Becker G.S. Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education / G.S. Becker. 2nd ed. – New York; London, 1975.
3. Lucas R.E. Jr. On the mechanics of economic development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22, №1. P. 3–42.
4. Romer P.M. Increasing returns and long-run growth / P.M. Romer // Journal of Political Economy. 1986. Vol. 94, №5. P. 1002–1037. DOI: 10.1086/261420.
5. Пикетти Т. Капитал в XXI веке. – М., 2015.
6. Аганбегян А.Г. Инвестиции в основной капитал и вложения в человеческий капитал – два взаимосвязанных источника социально-экономического роста // Проблемы прогнозирования. 2017. №4. С. 17–20.
7. Аганбегян А.Г. О приоритетах социальной политики / А.Г. Аганбегян. – М., 2020.
8. Пуляев В.Т. Главная производительная сила социалистического общества и общие законы его развития. – Ленинград, 1979.
9. Нуреев Р.М. Человеческий капитал и проблемы его развития в современной России // Общественные науки и современность. 2009. №4. С. 5–20.
10. Нуреев Р.М. Проблемы развития человеческого капитала // Journal of Institutional Studies. 2012. Т. 4, №1. С. 4–8.
11. Капелюшников Р.И. Сколько стоит капитал России? // Препринт WP3/2012/06. – М., 2012.
12. Аузан А.А. Человеческий капитал как драйвер развития глобально конкурентоспособных направлений // Материалы Московского академического экономического форума МАЭФ-2022. 2022. №3. С. 79–84.
13. Глазьев С.Ю., Орлова Л.Н., Воронов А.С. Человеческий капитал в контексте развития технологических и мирохозяйственных укладов // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2020. №5. С. 3–23.
14. Никитенко П.Г. Ноосферная экономика и социальная политика: стратегия инновационного развития. – Минск, 2006.
15. Байнев В.Ф. Современная информационная война как глобальный феномен // Новая экономика. 2012. №2. С. 219–223.
16. Гусаков В.Г. Человеческий капитал – главный фактор повышения конкурентоспособности экономики // Наука и инновации. 2018. №6. С. 12–18.
17. Лемещенко П.С. Наука экономика и экономика жизни: путь исканий. – М., 2015.
18. О. Волкова. Тысяча молодых талантов: как Китай возвращал своих ученых // <https://econs.online/articles/ekonomika/tysyacha-molodykh-talantov-kak-kitay-vozvrashchal-svoikh-uchonykh/>.
19. Brazil's plan to lure 1000 expat scientists back home faces criticism // Science // <https://www.science.org/content/article/brazil-s-plan-lure-1000-expat-scientists-back-home-faces-criticism>.
20. Трунов И.Л. Интеллектуальный репатриат ученых и высококвалифицированных специалистов, как инструмент инновационного развития России / И.Л. Трунов [и др.] // Евразийский юридический журнал. 2025. №8. С. 887–492.
21. Григорьев С.Г., Лукин В.В., Лукин Д.В. Развитие человеческого капитала в условиях цифровизации // <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-chelovecheskogo-kapitala-v-usloviyah-tsifrovizatsii/viewer>.

Эволюция понятия «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»

Понятие «эффективность» находит широкое применение в современной жизни общества и бизнеса. В первом случае эта категория рассматривается в русле функционирования экономики государства, технической производительности оборудования, рациональности привлечения иностранных инвестиций и, наконец, эффективности лечебных, учебных и многих других процессов. Для бизнеса актуальна оценка эффективности предпринимательской деятельности. Вследствие многогранности этой дефиниции в общем виде она должна отражать логику действий, характерную для множества объектов и функций, и быть понятной людям различного уровня образования и развития.



Источник: freepik.com



Борис Гусаков,
профессор кафедры
менеджмента БНТУ,
доктор экономических
наук, профессор,
доктор философии
в экономике

Общие закономерности, важные для социума в целом и отдельных его представителей, как правило, отражаются в нормативных документах. Так, в Национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ ИСО Р 9000 в п. 3.7.10 дается следующее определение: «Эффективность (efficiency): соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами». Это понятие является очевидным для политэкономов и недоступно для восприятия студентами, предпринимателями и представителями бизнеса, поскольку имеет два очевидных ограничения:

- во-первых, рассматривает узкую сферу эффективности – ресурсы без учета использования капитала. Правильнее говорить об активах, существующих в форме ресурсов, инвестиций, капитала;
- во-вторых, соотношение между достигнутым результатом и задействованными ресурсами имеет место всегда, а эффективность применения ресурсов в бизнесе – это закономерный, но все же частный случай.

Таким образом, подобная трактовка не позволяет в общей массе процессов предпринимательской деятельности выделить эффективные и откинуть неэффективные. Проверим это

утверждение на трех примерах, охватывающих разные сферы.

Пример 1. Субъект X организовал малое предприятие, вложив в него 100 тыс. долл., и обанкротился.

Пример 2. Гражданин сделал операцию в зарубежной больнице, затратил на нее 50 тыс. долл. и умер.

Пример 3. Предприниматель купил на 100 руб. 100 кг картошки, которая оказалась мороженой и сгнила.

В каждом из приведенных примеров присутствует указанное в формулировке ГОСТ соотношение: использованные ресурсы и результат, но в каждом случае об эффективности говорить не приходится.

Причиной погрешностей является тот факт, что авторы Национального стандарта сформулировали определение, опираясь на собственное представление, в то время как с позиции философии науки формирование определения проходит три стадии: описание процесса или объекта, объяснение закономерности их функционирования и обобщение в форме понятия. Игнорирование функций науки обусловило появление квазипонятия, характерным признаком которого выступает описание математического действия, в то время как должна раскрываться сущность характеризуемого процесса или явления.

В поисках доступного для всеобщего использования термина «эффективность» рассмотрим диалектику формирования понятия в экономической теории и прикладной науке. Концептуально оно прошло 3 стадии развития: классическую, неоклассическую, постнеоклассическую.

Классическое представление сформулировали англичанин У. Петти в XVII в. и француз Ф. Кенэ в XVIII в. [1]. Они предложили применять данное понятие при оценке экономики своих стран. Кроме теоретических положений каждый ученый представил оригинальные мероприятия по повышению эффективности функционирования экономики общества. Оба экономиста сошлись в понимании сущности этой категории как результативности использования материальных и нематериальных ресурсов государства с учетом фактора времени. Они выявили, что только от этих двух слагаемых зависит масса полученного обществом продукта, а следовательно, и эффективность функционирования общественного производства.

Оригинальным было предложение У. Петти экономить государственные средства и заменить наказание тюремным заключением на выплаты денежных штрафов, что позволит увеличить богатство общества по трем направлениям: образуется новый источник пополнения бюджета, экономятся затраты на содержание тюрем, появятся дополнительные кадры для флота и освоения новых колоний.

Неординарным в учении Ф. Кенэ была проблема «чистого продукта» – избытка стоимости производимого продукта над материальными затратами и заработной платой. Следовательно, под этой категорией подразуме-

вался продукт, который дополнительно создается и увеличивает богатство общества. Учение о нем тесно связано с концепцией о производительном (эффективном) и непроизводительном (неэффективном) труде.

Последователем У. Петти и Ф. Кенэ в середине XVIII в. стал известный шотландский экономист А. Смит. Он не употреблял понятие «эффективность» в своих трудах, но был по духу близок к нему. Фактором, способствующим увеличению объемов производства, он считал разделение труда, отмечая, что у людей есть естественная склонность создавать продукты и услуги, торговать, менять одну вещь на другую. Среди преимуществ разделения труда называлось повышение ловкости рабочего, экономия времени и изобретение более совершенных машин и приспособлений. Обобщая взгляды А. Смита, можно сделать вывод, что ученый выступал сторонником рационального использования рабочей силы как при выпуске товаров и оказании услуг, так и при обмене продуктов труда.

Экономисты классического этапа рассматривали проблему богатства государства. Это ограничивало научную ценность их исследований.

Неоклассический этап понятия «эффективность» появился в начале XIX в. и обусловлен развитием капитализма. Его основателем был Д. Рикардо, применивший эту дефиницию для качественной оценки функционирования капитала, выдвигая требование действовать таким образом, чтобы максимизировать благо для общества, соблюдая моральные нормы использования капитала. В своей работе «Начала политической экономии и налогового обложения» он не

считал эффективность аналогом результативности. Она «приобретает специфическое значение, которое было важным для оценки объективно совершаемых экономических действий» [1]. В отличие от классической позиции Д. Рикардо объединяет в данном понятии рациональную деятельность государства и класса капиталистов.

Ярким представителем неоклассического этапа понимания сущности эффективности стал американский ученый Г. Эмерсон. В статье 1912 г. «Двенадцать принципов производительности» он обосновывает необходимость и целесообразность применения комплексного и системного подходов к решению практических задач управления производством. Эффективность, как у Д. Рикардо, определялась им как максимально выгодное соотношение между совокупными затратами и экономическими результатами [1]. Другие апологеты этого направления рассматривали в качестве основы понятия объективно совершаемые экономические действия, при этом предпринимательские способности капиталистов не учитывались.

Постнеоклассическое развитие содержания эффективности базировалось на многофакторном понимании необходимости максимально выгодно задействовать ресурсы, инвестиции и капитал для создания экономики государства, организации и человека. Подобное понятие не подходит для бизнеса, поскольку для выявления максимально выгодного соотношения между затратами и результатами нужно рассмотреть множество вариантов и среди них найти оптимальный.

Автором предлагается общедоступная формулировка поня-

тия «эффективность» и произведена его проверка на доступных примерах.

Эффективность – это рациональное использование активов и времени, которое имеет место, если соотношение результатов и затрат удовлетворяет принятому критерию, который представляет собой выбранный привлекательный вариант планового, достигнутого, общественно необходимого, индивидуального уровня соотношения результатов и затрат.

Согласно приведенному определению, для выявления эффективности необходимо сравнить ее показатель (соотношение результатов и затрат) с выбранным критерием эффективности, который разделяет все соотношения на 2 зоны: неэффективную и эффективную.

Закономерность данной формулировки подтверждает тот факт, что она не противоречит здравому смыслу и житейскому опыту, поскольку в обыденной жизни эффективность – это выгода.

Рассмотрим ряд примеров. Специалист занят повременно и получает 500 долл. в месяц. Ему предлагают такую же по содержанию вакансию с оплатой 700 долл. При оценке эффективности перехода на новое место сравниваются соотношения показателей: «новая зарплата» и «время работы», «существующая зарплата» и «время работы». Смена деятельности эффективна (выгодна и рациональна) в том случае, если обеспечивается эффект (дополнительный результат) – 200 долл. в месяц при том же временном отрезке занятости, и неэффективна, если на новом месте он увеличится в полтора раза. В этом случае соотношение результатов и затрат хуже, чем по принятому

критерию, поскольку вознаграждение за труд вырастет в 1,4 раза, а время работы – в 1,5 раза.

Во-вторых, определение эффективности не идет вразрез с общественной практикой: деятельность предприятия считается эффективной, если выполняется норма выработки.

Приведем еще один пример. Фермеру предлагают продать участок, имеющий ежегодную прибыль 10 тыс. долл., за 100 тыс. долл. со ставкой платы по депозиту 19% годовых. Такая смена источника дохода эффективна (выгодна и рациональна), поскольку сравниваются соотношения: показатели нового дохода 19 тыс. долл. в год от финансового капитала 100 тыс. долл. и базового – 10 тыс. долл. от фермерской деятельности при такой же величине реального капитала. Обеспечивается эффект (дополнительный результат) 9 тыс. долл. в год.

Основной индикатор эффективности в отношении бизнеса определил К. Маркс. Он ввел в обиход величину барьерной ставки, под которой понимают минимальную норму прибыли (рентабельность активов), способную привлечь инвестиции и предпринимательские способности [3]. В современных условиях необходимо рассматривать две категории капитала: деятельный и бездеятельный. Первый имеет место тогда, когда инвестор использует собственные ресурсы и самостоятельно управляет инвестиционным проектом. Во втором случае он только предоставляет свои средства, а распоряжаются ими другие лица. Примером бездеятельного бизнеса является рантье, который живет на доход от ценных бумаг – акций и облигаций. Для обоих видов собственности эта вели-

чина отличается: для деятельной она принимается на уровне ставки платы за кредит, для бездеятельной – за депозит. Таким образом определяется точка, разделяющая зоны эффективного и неэффективного использования активов, и устраняется необходимость поиска оптимального соотношения результатов и затрат.

Непонимание сущности данной категории способно загнать инвестора в кредитную ловушку. Если бизнес имеет рентабельность меньше, чем ставка платы за кредит, то его придется оплачивать из других источников. Начинаящие предприниматели часто банкротятся, не понимая этого положения.

Незнание механизмов формирования барьерной ставки для деятельного и бездеятельного капитала может привести к нежелательным результатам. К примеру, в состав открытого акционерного общества (ОАО) вошло 100 человек. Каждый внес в уставный фонд предприятия 10 тыс. долл. Правление избрано в составе 3 человек: председатель, главный бухгалтер, председатель ревизионной комиссии. Согласно уставу, в фонд дивидендов отчисляется не менее 5% чистой прибыли, остальная может быть направлена на поощрение правления, которое распределяет лично его председатель. За год получены дивиденды в сумме 100 тыс. долл., из них 95 тыс. пошло в счет бонуса (поощрения правлению) и 5 тыс. – на акции. Из бонусных председатель получил 94 тыс. долл., главный бухгалтер и председатель ревизионной комиссии – по 0,5 тыс. долл., члены правления, как и другие акционеры, – свою, мизерную, долю дивидендов. Все недовольны, но формально придаться не к чему,

нормы устава ОАО не нарушены. Ситуация утрюванная, но довольно распространенная.

Внося деньги в качестве вклада, акционеры должны предусмотреть минимальную норму прибыли на него. Поскольку существует альтернатива разместить средства на депозите, барьерная ставка для бездеятельной собственности не может быть ниже этой величины, а в целом для бизнеса она должна быть выше ставки платы за кредит.

Однако и в этом случае не все так однозначно. К примеру, предприниматель расширяет свой бизнес и хочет привлечь 100 тыс. долл. в качестве вклада. Инвестор, будучи экономически грамотным, требует минимальной нормы прибыли на него не менее ставки платы за депозит. Новый бизнес обеспечивает рентабельность на уровне такой ставки. Очевидно, что в такой ситуации привлекать вклад невыгодно ввиду того, что рентабельность совокупного капитала предприятия понизится, поскольку на дополнительный капитал обеспечивается только плата за бездеятельную собственность, а расширение бизнеса не дает дополнительной прибыли для поощрения аппарата управления и не интересно для общей массы акционеров. Это подтверждает тезис, что барьерная ставка для деятельной собственности должна быть на уровне ставки платы за кредит, и предприниматель может действовать как банк и иметь маржу за предпринимательскую деятельность.

Дополнительно рассмотрим еще один вариант оценки – Парето эффективность, которая требует, чтобы все субъекты, находящиеся в сфере сопряжения бизнеса (работники предприятия, акционеры, покупатели продукции), имели полез-

ный эффект. Для производителя он достигается за счет экономии ресурсов при внедрении прогрессивных технологий, для потребителя – при росте качества продукции более высокими темпами, чем цена. Такое соотношение стоимости товара и качественных показателей средств труда (срока службы, производительности, потребления энергии) является закономерностью. Производители инновационной продукции являются лидерами по факторам успеха и агрессивно увеличивают свою долю рынка, гарантируя покупателям эффекты инновационной продукции.

Таким образом, классическое понятие «эффективность» связано с результативностью использования материальных и нематериальных активов государства. Если они стабильны в среднесрочном периоде, рост указанного соотношения свидетельствует об эффективности государственного управления и, как следствие, рационального потребления ресурсов общества.

В бизнесе сумма капиталов (собственных и заемных средств, инвестиций) компании или частного предпринимателя динамична и может меняться со временем. Это дает основания рассматривать эффективность как рациональное расходование активов и времени.

Из компаративного анализа мнений представителей различных научных школ относительно сущности понятия «эффективность» можно сделать следующие выводы:

- *появившись в области экономики, оно с конца XIX в. начало осуществлять постепенную экспансию в другие виды человеческой*

деятельности, утратив свое значение для оценки сугубо экономических деяний, и к настоящему моменту применяется для определения соотношения различных процессов и возникающих при этом эффектов (по частоте использования экономика уступает таким сферам, как техника и военное дело);

- *на теоретическом уровне познания современный доминирующий подход, с одной стороны, пытается разграничивать понятия «результативность» и «эффективность», но с другой – придает им довольно близкие смыслы вплоть до полного смешения;*
- *в рамках научного мейнстрима установились три основных подхода к определению сущности данной категории: достижение эффекта (результата), его соотношение с затратами, а также полнота реализации целей при допустимом соотношении затрат и результатов;*
- *по ее величине в подавляющем большинстве случаев судят об эффективности функционирования системы, что значительно сужает понимание ее полезности;*
- *несмотря на широкую распространенность термина*

«эффективность», вопрос о содержании самого феномена все еще продолжает оставаться дискуссионным и не имеет единой точки зрения.

Предлагаемая в статье трактовка данного понятия позволяет осуществлять оценку видов деятельности не только по их экономическим характеристикам, то есть сопоставляя полученные результаты с затратами, но и по другим функционалам. Для этого исследуемую категорию необходимо рассматривать как многоаспектную, включающую ряд критериев, позволяющих сопоставить различные параметры функционирования. Единственной трудностью с точки зрения методологии оценки можно считать проблему выбора адекватного суперкритерия для конкретной системы, а также согласования разноплановых показателей путем их нормализации.

На современном социально-экономическом этапе, когда продолжается освоение сложных, саморазвивающихся активных систем, мейнстримом дальнейшего изучения понятия «эффективность» как общесистемной категории должно быть, во-первых, «встраивание» в него социальных компонент (критериев) и, во-вторых, поиск диалектического единства качественных параметров развития системы и их количественных характеристик. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рикардо Д. Начала политической экономии и налогового обложения. – М., 2007.
2. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности: пер. с англ. – М., 1992.
3. Маркс К., Энгельс Ф. Собрание сочинений. Теории прибавочной стоимости. Т. 26, ч. 2: 2-е изд. – М., 1963.
4. Штеле Е.А., Вечерковская О.Б. К вопросу о понятии «эффективность» // Экономический анализ: теория и практика // <http://www.fin-izdat.ru/journal/analiz>.
5. Экономическая теория в терминах и понятиях // <https://vocabulary.ru/slovari/ekonomicheskaja-teorija-v-terminah-i-ponjatijah.htm>.

Расширение возможностей

Аннотация. Изложен подход для использования оптимизационных методов на базе стандартного программного обеспечения, электронных таблиц Excel (входит в состав широко распространенного MS Office), в частности надстройки «Поиск решения» («Что-Если»). Такие методы применяются для снижения производственных затрат, а также оптимального структурирования транспортных расходов в логистических компаниях. В процессе построения математических моделей и в ходе их испытания были выявлены перспективные возможности транспортных задач, которые могут быть полезны для определения потенциальных прибылей предприятий (при сокращении пути доставки товаров), технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства элементов общественной инфраструктуры (путей сообщения, мостов и др.). Приведен пример расчета.

Ключевые слова: оптимизация, ТЭО элементов инфраструктуры, транспортная задача, прибыль потребителя.

Для цитирования: Кочетов Н. Расширение возможностей использования методов оптимизации при принятии управленческих решений // Наука и инновации. 2026. №1. С. 64–68.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-64-68>

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ при принятии управленческих решений

УДК338.24: 658



Николай Кочетов,
ведущий научный сотрудник
научно-исследовательского отдела
ОАО «Приборостроительный завод
Оптон», кандидат технических
наук, доцент;
nick1252@vk.com

Методы оптимизации – один из разделов математики, который постоянно находится в процессе изучения. Однако на практике они не получили широкого применения в силу своей специфики. Внедрение компьютеров позволяет распространить их использование для широкого круга лиц: предпринимателей, руководителей производственных предприятий, проектных организаций, кредитных отделов банков и др. Транспортные компании оптимизируют затраты, решая профильные задачи при помощи электронных таблиц Excel [1]. Для выявления возможностей программного обеспечения были построены математические модели производственных задач, в ходе испытания которых установлены особенности, которые могут быть использованы для технико-экономического обоснования элементов общественной инфраструктуры: путей сообщения, мостов и др.

Постановка задачи

Математическое обеспечение компьютеров настолько обширно, что большинство пользователей не задействует всех возможностей даже наиболее популярных пакетов, а лишь изучает необходимые опции для профессиональной деятельности. Не исключение – программа Excel, которая постоянно пополняется новыми инструментами для работы. На рубеже веков в ней появилась надстройка «Поиск решения» («Что-Если») [2], ориентированная на перебор большого количества вариантов разрешения проблемы комбинаторного характера. Такая задача решалась и раньше, но имела ограниченное число версий, и только компьютеры позволили резко увеличить их количество и находить оптимальное решение.

С развитием логистики популярность получила транспортная задача, решающая проблему распределения транспортных потоков между поставщиками и потребителями с наименьшими затратами и с учетом влияния определенных факторов (размера компании, емкости товаропроводящей сети, экономических планов, объемов поставок и т.д.) [3].

Большинство производственных вопросов не является классическим видом транспортной задачи. Значит, реальная проблема должна быть творчески переформулирована. Важно, чтобы она сводилась к каким-либо количественным показателям, которые логично перевести в экономическую плоскость (уменьшение затрат на транспортировку, минимальное количество отходов, листов материала и т.д.) [4, 5]. Это необходимо для сравнения показателей, проведения необходимых расчетов и т.д. Таким образом, оптимизационные задачи предполагают получение экстремальных значений (минимум, максимум). К этому в «Поиск решений» добавляются условия равенства целевой функции определенному значению.

Проведение экспериментов с заданной математической моделью

Одна из задач упрощения использования механизма «Поиск решения» – повышение наглядности работы с ним с помощью продуманных форм представления исходной информации, логичности и прозрачности с учетом определенных рисков.

Любое программное обеспечение, написанное сторонней организацией, – это «черный ящик». Важны как корректность алгоритма, отсутствие внутренних ошибок (качество отладки), так и других факторов (наличие вирусов, случайных или умышленных, естественное снижение актуаль-

ности информации). Поэтому к выбору «чужого» ПО следует относиться с осторожностью и принимать только то, которое зарекомендовало себя положительно.

Встречаются разные формы представления информации для транспортной задачи. Ее структурирование производится следующим образом:

- формулируется целевая функция (лучше, если она будет связана с экономическими показателями);
- определяется, какие переменные будут влиять на ее значение;
- устанавливается величина констант;
- выводится формула расчета целевой функции через переменные и константы, предусматривается место в электронной таблице;
- составляются ограничения для переменных.

Одна из возможных форм показана на рис. 1.

	A	B	C	D	E
1	Форма представления данных Поиск Решения				
2	Переменные				
3					
4	Ограничения				
5					
6	Постоянные				
7					
8	Промежуточные вычисления				
9					
10					
11					
12	Целевая функция				
13					

Рис. 1. Форма шаблона для внесения исходной информации (переменная информация в виде таблицы)

На рисунке для большей наглядности вся информация структурируется, разные типы данных выделяются цветом: желтым – переменные (группа ячеек, в которых требуется осуществить изменения с целью получения оптимального значения целевой функции – наибольшего, наименьшего, или точно указанного); зеленым – ограничения (константы, заданные для ограничения диапазона изменения переменных, причем как верхний, так и нижний их предел).

Например, если целевая функция транспортной задачи прописана как минимум затрат перевозок, отсутствие ограничений может привести к нулевым значениям переменных (нет перевозок – минимум затрат). Формально решение найдено – программа отработала. Поэтому важно корректно устанавливать пределы и анализировать полученное значение целевой функции. Она, как ключевая, выделяется цветом и выбирается человеком в зависимости от задачи. Важно, чтобы целевая функция была связана с экономическими показателями (время, затраты, трудовые ресурсы, денежные потоки и т.д.).

На рис. 2 показана форма шаблона для транспортной задачи, когда переменные собраны в таблицу. Здесь ограничения для поставщиков и филиалов потребителя разделены, что позволило добиться большей наглядности.

Набор констант может быть несколько, в зависимости от постановки задачи и алгоритма ее решения.

Транспортная задача						
Поставщики	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3	Объем реализации	Ограничения поставщика	
Поставщик А	0	417	683	1100	1100	1100
Поставщик Б	0	483	217	700	1600	1600
Поставщик В	200	600	0	800	800	800
Поставщик Г	1200	0	0	1200	1200	1200
Потребность	1400	1500	900			
Ограничения потребителя	1400	1500	900			
Целевая функция (затраты по перевозке)						
10600						

Константы (затраты по перевозке единицы груза между потребителем и поставщиком)			
	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3
Поставщик А	4	3	2
Поставщик Б	5	4	3
Поставщик В	3	2	4
Поставщик Г	3	4	3

Рис. 2. Форма шаблона для внесения исходной информации для транспортной задачи (переменная информация в виде таблицы)

Поиск резервов с помощью Excel

В ходе экспериментов над математической моделью транспортной задачи были проведены расчеты с многочисленными вариантами исходных данных. Ставилась цель выявить закономерности для формирования тактики выбора вариации констант для достижения наибольшего эффекта.

Реально элементы могут меняться в силу следующих обстоятельств: изменение технологии, использование новых видов транспортных средств, появление новых поставщиков (потребителей), введение в строй новых элементов инфраструктуры (строительство путей сообщения, возведение мостов и др.).

В свою очередь, стало бы ясно, какие константы критические, то есть куда предпочтительно направлять ресурсные инвестиции. В качестве базовой модели транспортной задачи был выбран многократно опробованный набор (рис. 3) [4].

Использование готового примера понижает вероятность

Транспортная задача					
Поставщики	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3	Объем реализации	Ограничения поставщика
Поставщик А	600	500	0	1100	1100
Поставщик Б	0	300	800	1100	1600
Поставщик В	800	0	0	800	800
Поставщик Г	0	700	100	800	1200
Потребность	1400	1500	900		
Ограничения потребителя	1400	1500	900		
Целевая функция (затраты по перевозке)					
13000					

Константы (затраты по перевозке единицы)			
	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3
Поставщик А	4	3	2
Поставщик Б	5	4	3
Поставщик В	3	2	4
Поставщик Г	3	4	3

Рис. 3. Базовый набор исходной информации [4] (далее будем менять константы и ограничения)

ошибок (они уже могли быть выявлены). Он был взят из реальных условий, когда назначение транспортных потоков определялось вручную. Проведение исследования с помощью Excel [4] показало, что в базовом варианте затраты составили 13 000 денежных единиц (условно стоимостные показатели оцениваем в д.е.), а после поиска решения – 10 600 д.е. То есть был выявлен резерв 2400 д.е. (рис. 4) [4].

Данные, представленные на рис. 4, свидетельствуют о том, что перераспределение грузовых потоков может быть различным, но результаты оптимизации совпадают. Вероятнее всего («черный ящик»), это и есть наименьшее значение транспортных расходов.

Трансформация констант показала, что там, где транспортные потоки нулевые, изменение себестоимости не влияет на значение целевой функции в довольно широких пределах. Оно может поменяться в случае снижения себестоимости перевозки настолько, чтобы произошли количественные изме-

Транспортная задача					
Поставщики	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3	Объем реализации	Ограничения поставщика
Поставщик А	200	700	200	1100	1100
Поставщик Б	0	0	700	700	1600
Поставщик В	0	800	0	800	800
Поставщик Г	1200	0	0	1200	1200
Потребность	1400	1500	900		
Ограничения потребителя	1400	1500	900		
Целевая функция (затраты по перевозке)					
10600					

Константы (затраты по перевозке единицы груза между потребителем и поставщиком)			
	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3
Поставщик А	4	3	2
Поставщик Б	5	4	3
Поставщик В	3	2	4
Поставщик Г	3	4	3

Рис. 4. Результат работы оптимизационной надстройки «Поиск решения» (слева – [4], справа – одно из иных перераспределений грузовых потоков, полученное в ходе исследования математической модели)

нения этих потоков. Соответственно, наибольшее влияние оказывают те из них, где объемы больше. То есть наиболее выгодно, когда поставщик и потребитель находятся в непосредственной транспортной близости. Например, в рамках завода организуется производство комплектующих для выпуска своей продукции.

В процессе многочисленных экспериментов с математической моделью транспортной задачи был опробован вариант переключения флажка с «максимальное» на «минимальное» и получен результат с максимальным значением транспортных затрат (рис. 5).

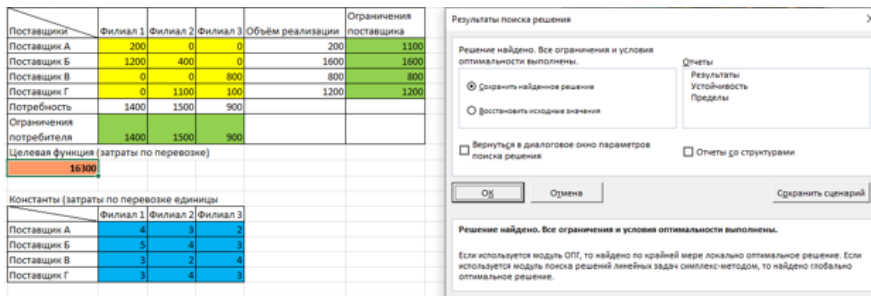


Рис. 5. Результат поиска надстройкой «Поиск решения» наибольшего значения транспортных расходов

Анализ показал, что с формальной точки зрения программа «Поиск решения» все сделала верно: первоначальные условия, константы, ограничения были сохранены. После сравнения с минимальным значением расходов был сделан вывод, что их разница – это разброс возможных вариантов от наилучшего к наихудшему. Поэтому первоначальный расчет, выполненный вручную, был неплохим: 13 000 д.е. – ближе к минимуму 10 600 д.е., чем к максимуму – 16 300 д.е.

Можно сделать более развернутый вывод: данная надстройка Excel позволяет определить экстремальные значения, диапазон возможного разброса результатов, оценить резервы. Важно, что результат был получен в количественной форме, и это дает возможность расчетов и сравнения, повышая объективность анализа.

Оптимизационные методы открывают новые возможности и в других областях, например в строительстве и технико-экономическом обосновании объектов инфраструктуры, где объективность оценки носит ключевой характер. Оно разрабатывается в процессе принятия решения о сооружении моста или строительстве дороги [8–10] и помимо затрат на строительство содержит экономическое обоснование такой работы. Нередко сдерживаю-

щим фактором являются финансовые возможности. Здесь наблюдается конфликт интересов, который предполагает компромисс между сторонами.

С одной стороны, в элементах инфраструктуры заинтересованы субъекты хозяйствования (транспортные компании, логистические организации), которые получают прибыль при их эксплуатации. Могут быть и другие бенефициары: социальные группы населения, отдельные ведомства (военно-оборонительные, например). С другой стороны, решение о строительстве принимают государственные органы, которые решают вопрос об источниках финансирования, о степени участия заинтересованных сторон.

Надстройка «Поиск решения» может помочь и в этом случае, позволяя объективнее оценить значение рассматриваемого элемента инфраструктуры. Ввод в эксплуатацию моста или нового участка дороги приведут к сокращению пути, времени, горюче-смазочных материалов, трудовых затрат и т.д. В нашей модели это выразится в изменении исходных констант.

Допустим, затраты на транспортировку поставщика Г в филиал 1 (как наибольший по стоимости грузовой поток) из-за строительства дороги сократились с 3 до 2 д.е. на единицу груза. Используем надстройку «Поиск решения» для определения минимальных транспортных затрат (рис. 6).

Общие затраты на перевозку уменьшились с 10 600 до 9400 д.е., то есть на 1200 д.е. – это и будет



Рис. 6. Изменение стоимости перевозки единицы груза с 3 до 2 д.е. (выделено цветом и показано стрелкой)

дополнительная прибыль транспортной компании. Если сложить в единицу времени экономию затрат всех бенефициаров, получим экономический эффект в д.е. от вводимого объекта инфраструктуры.

Помимо этого, есть и дополнительные ресурсы – снижение размера оборотных средств, производственных запасов, транспортного парка [11]. Этот подход может быть использован при оценке и подборе кадров, подготовке тестов для оценки профессиональных навыков и тренинга персонала, принимающего решение, для работ, которые раньше обычно выполнялись вручную.

Для эффективного использования программных средств важно построить удобную, наглядную и логичную систему ввода исходных данных. К сожалению, именно этот процесс является «узким местом»: затратно по времени, возможны опечатки и ошибки, не всегда понятен формат представления вводимой информации. Построение алгоритма решения задачи и ограничений, вводимых в ней, для надстройки Excel «Поиск решения» («Что-Если»), тоже требует определенных навыков.

Сторонние программные продукты (даже очень распространенные) всегда несут в себе определенные риски, всегда являются «черным кибернетическим ящиком», не раскрывающим полностью специфику обработки информации. Результат может зависеть от особенностей заложенного алгоритма, ошибок при создании (отладке), устаревания заложенных данных (констант, моделей), вредоносных вирусов (случайно или намеренно внедренных в программу).

Алгоритм надстройки «Поиск Решения» основан на переборе большого количества вариантов для нахождения оптимального. Поэтому изменение целевой функции происходит неоднородно: некоторые параметры на нее мало влия-

ют, другие – значительно. Если производить поиск как наибольшего, так и наименьшего ее значения, можно получить дополнительные сведения, определить возможный диапазон изменения, а не только односторонний резерв повышения эффективности.

При вводе в эксплуатацию элементов инфраструктуры (дорог, мостов) меняются значения констант (например, стоимость перевозки единицы груза от продавца к потребителю, снижение временных затрат). То же происходит при появлении новых субъектов хозяйствования, концентрации производства в одном месте и др.

Сумма разниц эффектов по всем субъектам хозяйствования даст нам эффект от эксплуатации элемента инфраструктуры. При государственном финансировании его строительства важно учесть, что компании получают основную выгоду, а государственные структуры – вторичную.

Такой подход может быть положен в основу технико-экономического обоснования создания элементов инфраструктуры. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грег Харвей. Excel-2019. Для чайников. – М., 2020.
2. Поиск решения EXCEL. Знакомство // <https://excel2.ru/articles/poisk-resheniya-ms-excel-znakomstvo>.
3. Григорьев М.Н. Коммерческая логистика: теория и практика: учеб. для вузов / М.Н. Григорьев, В.В. Ткач, С.А. Уваров. – 3-е изд., испр. и доп. – М., 2024.
4. Засмуеж С.И. Экономико-математические методы на практике: оптимизация перевозок и производства // Экономика, финансы, управление. 2006. №8. С. 64–69.
5. Аникин Б.А. Логистика производства: теория и практика: практикум для вузов / Б.А. Аникин, Р.В. Серышев, В.А. Волочиненко; под ред. Б.А. Аникина. – М., 2024.
6. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30.12.2022 г. №20 «Об отдельных вопросах государственно-частного партнерства» // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22339505&p1=1&p5=0>.
7. Джейм Трефил. Энциклопедия. Открытие пенициллина. Элементы большой науки // https://elementary.ru/trefil/21188/Otkrytie_penitsillina.
8. Руководство по технико-экономическому обоснованию проектирования и строительства железнодорожных и автодорожных мостов. ЦНИИС. Москва. Утв. 01.01.1981.
9. Пастушков Г.П. Проектирование мостов: пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»: в 2 ч. Ч.1 / Г.П. Пастушков, Л.Г. Расинская. – Минск, 2017.
10. Научно-технический отчет «Разработка технико-экономического обоснования по применению фасонного двутаврового металлопроката в конструкциях мостов» // https://www.evraz.com/files/ru/products/vyvody-ao-cniis-poispolzovaniyu-dvutavrov-v-mostah.pdf?utm_referrer=https://www.google.com/.
11. Кочетов Н.В. Аналитические модели повышения конкурентоспособности машиностроения / Н.В. Кочетов. – Минск, 2020.

Статья поступила в редакцию
12.06.2025 г.

■ **Summary.** An approach is presented for the use of optimization methods based on standard software, Excel spreadsheets (included in the widespread MS Office), in particular, the «Search for a Solution» («What-If») add-in, which are used in logistics companies for optimal structuring of transportation costs (transport task). Mathematical models of transport problems have been built and in the course of their testing, potential opportunities have been identified that can be useful for a feasibility study (FS) of elements of public infrastructure (communication routes, bridges, etc.). An example of calculation is given.

■ **Keywords:** optimization, feasibility study of infrastructure elements, transport task, consumer profit.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-64-68>



ФЕНОМЕН *глобальной трансформации современной культуры и проблема инкультурации личности*

В XX ст. человечество вступило в эпоху инновационных преобразований. Динамика мировых процессов со всей очевидностью показала, что фундаментальные тенденции техногенного мира оказывают определяющее воздействие на развитие всех граней культуры. Именно техническая деятельность как доминирующая форма многовекового выживания и эволюции человеческого общества становится в авангарде как позитивных трансформаций, так и негативных мутаций, детерминируя облик глобализации. Потребность в техническом переустройстве, инновационном прорыве определяет содержание различных аспектов актуализации человеческих интенций во времени и пространстве. Не случайно Н.А. Бердяев в своем труде «Самопознание. Опыт философской автобиографии» задает ключевой вопрос, отражающий поиск перспектив развития техногенной цивилизации: «Можно ли перейти от творчества совершенных произведений к творчеству совершенной жизни?».

В своем духовном становлении человек может проходить четыре основных стадии, которые позволяют реализовать различные уровни ментальных устремлений. Каждый период внутреннего движения обуславливает те или иные мировоззренческие установки, которые становятся ключевыми для всего мира. Эти базовые устремления можно классифицировать как:

- Я-центризм (или эгоцентризм);
- социоцентризм;
- мироцентризм;
- абсолютноцентризм.

В повседневной деятельности людей преобладает Я-центризм, который выступает главной причиной человеческих коллизий. В этом случае индивид нацелен на поддержание и продвижение интересов своего узкого, локального «Я», во всем потакая эго. Хотя его подлинное «Я» носит глобальный, универсальный, всеохватывающий характер.

Я-центризм – это ограниченный взгляд на мир и самого себя. Эго блокирует полноценное формирование личности, не позволяя использовать неисчерпаемый внутренний потенциал, духовно расти. «Я» локальное – иллюзия, мираж, отражающий мелькание времени. Воображаемое уводит человека с истинного пути. Это то, что погружает личность в лоно ложно отраженной реальности.

На второй стадии своего развития человек приходит к необходимости социоцентризма. Он ищет выход из ограниченности эго, пытаясь выбраться из узкого пространства, преодолеть силу притяжения локального «Я». Социум приобретает для него особое значение и смысл, становится центральным звеном его



Владимир Мартынов,
главный научный сотрудник
отдела философии
литературы и эстетики
Института философии
НАН Беларуси, доктор
культурологии, профессор

деятельности, так как расширяет возможности личностной реализации. Успех в обществе на данном этапе – абсолютный приоритет, хотя социоцентризм тесно связан с эгоцентризмом, который в латентном виде продолжает присутствовать в различных формах социума. Однако выход за рамки эго дает человеку возможность почувствовать более высокий уровень свободы, ибо здесь на первый план выходит стремление исполнить чувство долга и быть признанным в пространстве социальных реалий.

Мироцентризм отражает динамику третьего этапа в восприятии мира и качественно новый период в развитии личности. Здесь индивид преодолевает Я-центризм и социоцентризм. Человеческое бытие начинает рассматриваться в контексте вселенского масштаба. Погружение в общий фон Мироздания поглощает все формы эгоизма, ограничивает влияние социальных установок, высвечивая их подлинный смысл. Человек остро переживает присутствие Безграничного, масштабность Сущего, близость Небытия. Но надежной точки опоры пока еще нет. Мир размыт, подвластен неопределенности, непредсказуем, не имеет четких очертаний, погружен в зыбкое, аморфное пространство. Жизнь человека подвержена колебаниям, хотя его бытие стано-

вится более стабильным, надежным, масштабным.

Как реакция на присутствие вселенской неопределенности открывается абсолютная надежность смысловой перспективы абсолютноцентризма, неограниченные возможности которого таятся в человеке. Во Вселенной обнаруживается присутствие всепроникающей Одухотворенности, аксиологической определенности, надежности, незыблемой основательности, абсолютной гармонии, которая вдохновляет человека на слияние с Абсолютом. Но на личностном уровне реализуется только часть этого возвышенного, универсального бытия. Человек осознает значимость и подлинную ценность всеобщего одухотворения, единства и боготворит этот высший уровень Мироздания. Так рождается религиозный тип мировосприятия, открывается смысловая неисчерпаемость мира. Человек признает континуальность бытия. Он улавливает присутствие универсальной одушевленности и благодаря этому становится подлинным творцом сущего. Он питается духовными эманациями мира и работает на духовной волне в социуме и в пространстве личного бытия, обретая неизбывную силу Духа.

Но как достигнуть высшего состояния внутреннего мира? Как преодолеть зависимость

Инкультурация – процесс усвоения традиций, обычаев, ценностей и норм поведения в конкретной культуре, а также передача культуры между поколениями.

от техногенного прагматизма? Как избежать утилитаризма? Как напитать духовным содержанием глобализационные процессы, которые в существенной мере определяют динамику социального развития? Только путем фундаментальной инкультурации.

В рамках техногенной реальности выстраиваются качественно новые отношения социума с бытием. Человек стал центром современной действительности, существенно усиливая либо ее креативные, либо деструктивные проявления. Не в образном смысле, не в метафорическом плане, как было в архаике, где он возвышался над миром мифологически или реализовывал свои креативные возможности в рамках развития последующих культур. Человек стал буквальным, практическим, а не теоретическим центром современного мира, его глобальной перспективой. Он перерос планету Земля и возвышается над ней. Поэтому от его душевного состояния, уровня духовного развития, внутреннего согласия по отношению к тому, что он делает, от его настроения, понимания зависит общая атмосфера земного благополучия.

Проблема заключается в том, что с момента своего рождения каждый индивид попадает в аксиологически неопределенную ситуацию, ибо не знает ответа на важнейшие мировоззренческие вопросы. Его врожденные установки не детерминируют базовые интенции поведения.

С этой точки зрения можно сказать, что в основе человеческой природы лежит вариативность, полярность, многовекторность, что чаще всего приводит к перманентной борьбе природного как врожденного, бессознательного и духовного как приобретенного, вдумчивого, ответственного. Как распорядится человек своими потенциальными возможностями? Сумеет ли он преодолеть зависимость от бессознательных сил, инстинктивных влечений? Вспыхнет ли в его сознании свет духовности? Насколько творческой будет его жизнь?

Все содержание аксиологической составляющей повседневной жизни личности в огромной степени зависит от процесса инкультурации. Вот почему культура всегда являлась основным средством гармонизации социума. Однако в техногенном социокультурном пространстве в про-



КУЛЬТУРА ПРОБУЖДАЕТ
КРЕАТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ
ЛИЧНОСТИ, ФОРМИРУЯ
ГЛУБОЧАЙШУЮ ПОТРЕБНОСТЬ
В ДУХОВНОСТИ КАК
УСТРЕМЛЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА
К ИСТИНЕ, КРАСОТЕ,
ДОБРУ, ЛЮБВИ, ПРАВДЕ,
СПРАВЕДЛИВОСТИ

цессе личностного развития все большую роль начинает играть не столько культурная, сколько цивилизационная программа, отражающая возрастающую роль научно-технического прогресса в жизни общества. Все это объективно влияло на динамику неуклонного расширения искусственной, антропогенной реальности и умаление роли культуры. В условиях постиндустриальной эпохи воздействие цивилизационных достижений на внутренний мир личности становится определяющим. Этот факт существенно усложнил содержание противоречивых процессов и привел к масштабным конфликтам. Противостояние культуры и цивилизации приобрело в техногенном мире глобальный размах. Почему так происходит?

В первую очередь следует обратить внимание на то обстоятельство, что именно культура, а не цивилизация гуманизирует человеческое сознание, одухотворяя душевное пространство, актуализируя богатейший личностный потенциал. Культура пробуждает креативные способности личности, формируя глубочайшую потребность в духовности как устремленности человека к истине, красоте, добру, любви, правде, справедливости. Так формируется ценностное сознание, которое воспринимает мир не просто как сумму инновационных достижений, но как единое, взаимосвязанное, гармоничное проявление сущего. Только благодаря развитию духовных устремлений индивид начинает жить в согласии с Целым, понимая, что только ему дана фундаментальная способность не просто познавать и переделывать природу, манипулируя объектами реальности во имя потребления, но и открывать реальность

неизбывной красоты, мир бескорыстной коммуникации. Цивилизация нацелена на достижение материального прогресса, максимальное насыщение телесных потребностей. Она движется в рамках утилитарных установок. Поэтому только приобщение к культуре отрывает человека от мощного притяжения материальных интересов, открывая ценность смыслового пространства, создавая предпосылки для четкого самоопределения, получения ответов на сокровенные вопросы, выпадающие из поля зрения утилитарного, прагматического, рационального мировоззрения.

В техногенной цивилизации главный сбой в личностном развитии связан с проблемой трансляции богатейшего мирового духовного опыта. Лишь незначительная часть всеобщего, планетарного культурного потенциала передается человеку. Между тем только с помощью культуры оттачивается эмпатическая способность личности, культивируется душевная чистота и, как результат, – формируется надежный иммунитет ко всему примитивному, ограниченному.

Приобщение к достижениям культуры способствует познанию самого себя, открытию внутренней перспективы, уникальности, что является первостепенной задачей личности в современном мире. Инновационное общество разьедают крайне опасные тенденции, отражающие движение к массовизации, маргинализации, функционализации, унификации сознания, что неизбежно приводит к растворению оригинальности, неповторимости человеческого бытия в обезличенности информационного потока. В результате человек теряет основу созидания – способность к творчеству. Вот почему приори-

тетом становится устремленность к выявлению личностной самобытности, преодолению унификации, что является фундаментом реализации творческой энергии. Культура опирается на силу духа, проекцию сознательных способностей. Поэтому именно она должна стать стратегией техногенного мира, а цивилизация – способом достижения задач, нацеленных на духовное развитие человека.



ЧЕЛОВЕК СТАЛ ОБЪЕКТОМ ПОСТОЯННЫХ МАНИПУЛЯЦИЙ В КРАЙНЕ ТЕНДЕНЦИОЗНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ, ОТЧУЖДАЯСЬ ОТ СОБСТВЕННОЙ ГЛУБИНЫ, ТЕРЯЯ ОСОЗНАНИЕ ЛИЧНОСТНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ

Между тем в современной реальности происходит игнорирование этого ключевого принципа. Стремительный рост цивилизационных достижений при умалении роли духовного опыта, стремление к инновационности, оторванной от культуры, представляют собой главную опасность. Не случайно глобализация породила массу острейших конфликтов, потрясений в системе мировой коммуникации. Человек стал объектом постоянных манипуляций в крайне тенденциозном информационном пространстве, отчуждаясь от собственной глубины, теряя осознание личностной идентичности. Стремительно расширяется процесс «овнешвления» человека. Инновационное

бытие стало определять качество социального развития, что приводит к существенному обеднению внутреннего мира человека.

Иными словами, распространение многоликих форм конфронтации, как локальных, так и глобальных, связано с тем, что цивилизационная программа вытесняет культурную. Это означает, что с точки зрения духовной перспективы развития техногенный человек не смог утвердиться в качестве подлинно глобальной личности, способной глубоко осознавать всеобщую взаимозависимость всех граней бытия. Совершенно очевидно, что в информационной реальности научно-технические инновации должны в полной мере обеспечиваться принципиально иной мерой ответственности каждого участника процесса социальной коммуникации. Только гуманистически развитое общество способно выработать адекватные меры по защите и развитию духовных приоритетов, нацеленных на преодоление углубляющихся информационных процессов. Системное гуманитарное образование, усиление культурологической составляющей во всех формах социальной коммуникации должны стать неотъемлемой частью современной модели взаимодействия. Только в этом случае человек сможет «перейти от творчества совершенных произведений к творчеству совершенной жизни».

Вариабельность лейкоцитарных индексов лабораторных крыс и мышей в норме и их прогностическая значимость

УДК 612.112.71:591.111.1

Аннотация. В настоящей работе представлен обзор современных интегральных лейкоцитарных индексов, значения которых впервые установлены для лабораторных крыс и мышей в физиологическом состоянии. Отражено взаимодействие различных звеньев иммунной системы, а также маркеров воспаления, интоксикации, процессов адаптации или стрессовой нагрузки. Оценена вариабельность этих показателей в зависимости от вида и пола животных. Выявлено отсутствие достоверных различий между самками и самцами в пределах одного вида, что позволило объединить группы для аналитической оценки. Полученные результаты направлены на формирование нормативной базы научных и доклинических исследований, а также разработки новых экспериментальных моделей патологических процессов.

Ключевые слова: лабораторные животные, лейкоцитарные индексы, гематология, иммунный статус, воспаление, интоксикация, мыши, крысы.

Для цитирования: Соболева О., Тихонович О., Пашкевич С. Вариабельность лейкоцитарных индексов лабораторных крыс и мышей в норме и их прогностическая значимость // Наука и инновации. 2026. №1. С. 73–78.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-73-78>



Ольга Соболева,
научный сотрудник
Цentra мозга Института
физиологии
НАН Беларуси;
soboleva_volha@mail.ru



Ольга Тихонович,
ведущий научный сотрудник
Цentra мозга Института
физиологии НАН Беларуси,
кандидат биологических наук,
доцент



Светлана Пашкевич,
заведующий Центром
мозга Института
физиологии НАН Беларуси,
кандидат биологических
наук, доцент

Внедрение информационных технологий в медицину привело к качественному скачку в области ранней диагностики различных заболеваний. Благодаря современным компьютеризированным системам расширился спектр исследований, связанных с биологическими жидкостями организма (жидкие среды – кровь, лимфа, тканевая жидкость, спинномозговая, слюна, моча, пот и другие, циркулирующие или находящиеся в полостях тела, обеспечивают транспортировку веществ, защищают от инфекций, поддерживают гомеостаз (постоянство внутренней среды) и участвуют в метаболизме), их структурированием и систематизацией, была раскрыта природа процессов, до этого не изученных в полной мере. Одним из важных достижений стал возрастающий интерес к расчетным лейкоцитарным (гематологическим) индексам как биомаркерам ранней диагностики [1–3].

Лейкоцитарные индексы – это математические соотношения между различными типами лейкоцитов в крови, которые применяются для определения степени интоксикации, воспаления и других патологических состояний. Их информативность для диагностики и прогнозирования течения различных заболеваний в настоящее время активно изучается [4–7].

Наиболее часто используемые в подобных исследованиях биомодели – крысы и мыши: их восприимчивость и способность к межвидовому переносу значительного количества болезней, встречающихся в популяции людей, хорошо известна. Однако на данный момент их лейкоцитарные индексы слабо изучены, и сведений про их информативность недостаточно [8, 9].

Цель данной работы – определить вариабельность интегральных лейкоцитарных индексов для лабораторных мышей и крыс при физиологической норме.

Материалы и методы

Данные, включенные в эту публикацию, были получены от интактных лабораторных животных за период с ноября 2022 г. по декабрь 2024 г.: самки ($n=120$) и самцы ($n=130$) крыс Вистар; самки аутбредных мышей линии CD-1 ($n=160$) и самцы инбредных мышей линии Af ($n=160$).

Все животные были половозрелыми, возрастом 2–2,5 мес., с массой тела 20–23 г (мыши) и 190–230 г (крысы); содержались в комнатах барьерного типа с контролируемыми условиями окружающей среды: температура 18–26 °С, относительная влажность 30–70%, 100%-е вентилирование. Особи находились в индивидуальных клетках по 8–10 голов, на полноценной диете со свободным доступом к воде в виварии Института физиологии НАН Беларуси, соответствующем требованиям СанПиН 2.1.2.12–18–2006.

Исследования проводились с соблюдением положений Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123). Все манипуляции были одобрены комитетом по биоэтике Института физиологии НАН Беларуси.

Материал для изучения (кровь) получали без наркоза из поверхностной височной вены (*superficial temporal vein*) мышей и крыс с дальнейшим сохранением жизни животных.

В цельной крови гематологические показатели были определены с помощью автоматического анализатора МЕК-6450К (Япония). Дифференцировка лейкоцитов по 5 фракциям (лейкоцитарная формула) проводилась ручным микроскопическим методом на окрашенных по Романовскому – Гимзе мазках крови.

Были рассчитаны следующие индексы (значения, полученные на основе лейкоцитарной формулы и представляющие собой отношения между количеством разных видов лейкоцитов) [10–12].

Индекс алергизации (ИА) – соотношение суммы лимфоцитов и эозинофилов к остальным клеткам белой крови, по формуле:

$$\text{ИА} = (\text{лимфоциты \%} + 10 \times (\text{эозинофилы \%} + 1) / (\text{палочкоядерные нейтрофилы \%} + \text{сегментоядерные нейтрофилы \%} + \text{моноциты \%} + \text{базофилы \%}).$$

Индекс Гаркави (ИГ) – отношение процента лимфоцитов к проценту сегментоядерных нейтрофилов от общего числа лейкоцитарных клеток, по формуле:

$$\text{ИГ} = \text{лимфоциты \%} / \text{сегментоядерные нейтрофилы \%}.$$

Индекс иммунореактивности (ИИР) – соотношение суммы относительного числа (%) лимфоцитов и эозинофилов к процентному количеству моноцитов, по формуле:

$$\text{ИИР} = (\text{лимфоциты \%} + \text{эозинофилы \%}) / \text{моноциты \%}.$$

Индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) – отношение суммы эозинофилов, базофилов и нейтрофилов к сумме моноцитов и лимфоцитов (%), по формуле:

$$\text{ИСЛ} = (\text{эозинофилы} + \text{базофилы} + \text{миелоциты} + \text{метамиелоциты} + \text{палочкоядерные} + \text{сегментоядерные}) / (\text{моноциты} + \text{лимфоциты}).$$

Индекс соотношения лимфоцитов к моноцитам (ИСЛМ) – соотношение количества ($10^9/\text{л}$) лимфоцитов и моноцитов в крови, по формуле:

$$\text{ИСЛМ} = \text{лимфоциты} / \text{моноциты}.$$

Индекс соотношения лимфоцитов к эозинофилам (ИСЛЭ) – соотношение количества ($10^9/\text{л}$) лимфоцитов и эозинофилов, по формуле:

ИСЛЭ = лимфоциты / эозинофилы (при наличии эозинофилов),

ИСЛЭ = лимфоциты (при отсутствии эозинофилов).

Индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ) – отношение количества нейтрофилов к количеству моноцитов в крови, по формуле:

ИСНМ = миелоциты + метамиелоциты + палочкоядерные нейтрофилы + сегментоядерные нейтрофилы / моноциты.

Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ЛГИ) – показатель отношения лимфоцитов к гранулоцитам в общем анализе крови, по одной из формул:

ЛГИ = лимфоциты × 10 / (эозинофилы + базофилы + миелоциты + метамиелоциты + палочкоядерные + сегментоядерные) либо

ЛГИ = (лимфоциты × 10) / (гранулоциты).

Лейкоцитарный индекс (ЛИ) – отношение количества лимфоцитов к нейтрофилам, по формуле: ЛИ = лимфоциты / нейтрофилы.

Лейкоцитарный индекс интоксикации Я.Я. Кальф-Калифа (ЛИИ Кальф-Калифа), по формуле Кальф-Калифа:

ЛИИ Кальф-Калифа = (4 × миелоциты + 3 × метамиелоциты + 2 × палочкоядерные нейтрофилы + 1 × сегментоядерные нейтрофилы) × (плазматические клетки + 1) / ((моноциты + лимфоциты) × (эозинофилы + 1)).

Лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИ Рейса) – соотношение между суммарным количеством «незрелых» и «зрелых» нейтрофильных лейкоцитов и суммарным количеством «остальных» лейкоцитов (моноциты, лимфоциты, эозинофилы), по формуле:

ЛИИ Рейса = (миелоциты + метамиелоциты + палочкоядерные нейтрофилы + сегментоядерные нейтрофилы) / (моноциты + лимфоциты + эозинофилы).

Нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент (НЛК) – отношение общего количества ($10^9/л$) нейтрофилов к лимфоцитам, по формуле:

НЛК = (миелоциты + метамиелоциты + палочкоядерные нейтрофилы + сегментоядерные нейтрофилы) / лимфоциты.

Индекс Крэбса (ИК) – отношение суммы процентного содержания нейтрофилов к сумме процентного содержания лимфоцитов в общем анализе крови, по формуле:

ИК = нейтрофилы % / лимфоциты %.

Тромбоцитарно-лимфоцитарный индекс (ТЛИ) – отношение абсолютного числа тромбоцитов к абсолютному числу лимфоцитов периферической крови, по формуле:

ТЛИ = тромбоциты / лимфоциты.

Ядерный индекс степени эндотоксикоза (ЯИСЭ) – отношение общего количества моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов к уровню сегментоядерных нейтрофилов, по формуле:

ЯИСЭ = (моноциты + метамиелоциты + палочкоядерные нейтрофилы) / сегментоядерные нейтрофилы.

Ядерный индекс Г.Д. Дашта-янца (ЯИ) отношение общего количества (%) моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов к числу сегментоядерных нейтрофилов, по формуле:

ЯИ = (моноциты + юные + палочкоядерные нейтрофилы) / сегментоядерные нейтрофилы.

Ядерный индекс сдвига (ЯИС) – показатель, отражающий соотношение зрелых и незрелых

нейтрофилов в лейкоцитарной формуле крови, по формуле:

ЯИС = (миелоциты + метамиелоциты + палочкоядерные нейтрофилы) / сегментоядерные нейтрофилы.

Для обработки данных использовали стандартизированные статистические методы с применением программного обеспечения Microsoft Office 2016 (Microsoft Excel) и вариационной статистики. Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха (IQR=Q1-Q3).

Результаты и обсуждение

В табл. 1 и 2 представлены используемые для расчета лейкоцитарных индексов гематологические показатели (лейкоциты, тромбоциты) и типы лейкоцитов (лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы). Анализ массива данных лейкоформулы крови мышей и крыс продемонстрировал, что между особями разных полов при физиологической норме не наблюдается существенных различий ($p > 0,05$). В связи с этим было решено обобщить сведения по крысам и мышам для дальнейших математических расчетов индексов.

Впервые нами был рассчитан и проанализирован максимально возможный перечень лейкоцитарных индексов для лабораторных мышей и крыс (табл. 3). Рассмотрим их прогностическую значимость.

Индекс алергизации (ИА) может использоваться для оценки адаптивности организма и его способности противостоять инфекциям, выявления неблагоприятного воздействия лекарств, определения степени выраженности аллергии, иммунного ответа на вирусные инфекции, а также при

Показатель	Ед	Крысы Вистар		
		Самки, n=120	Самцы, n=130	Общее, n=250
Лейкоциты (WBC)	10 ⁹ /л	12,0 [10,3–13,3]	10,9 [9,4–13]	11,6 [9,8–13,2]
Лимфоциты (ЛФ)	%	73 [70–78]	73 [71–77]	73 [71–77]
	10 ⁹ /л	8,9 [7,5–9,8]	8,8 [7,3–9,8]	8,8 [7,4–9,8]
Моноциты (Мн)	%	3 [2–5]	4 [2–5]	4 [2–5]
	10 ⁹ /л	0,36 [0,2–0,6]	0,37 [0,21–0,58]	0,37 [0,21–0,59]
Нейтрофилы (Нф)	%	19 [16–23]	20 [17–23]	20 [16–23]
	10 ⁹ /л	2,2 [1,8–2,7]	2,3 [1,9–2,9]	2,2 [1,8–2,7]
Сегментоядерные Нф	%	17 [14–20]	17 [14–21]	17 [14–20]
	10 ⁹ /л	1,9 [1,6–2,4]	2,0 [1,6–2,4]	2,0 [1,6–2,4]
Палочкоядерные Нф	%	2 [1–3]	2 [1–3]	2 [1–3]
	10 ⁹ /л	0,25 [0,13–0,37]	0,27 [0,13–0,42]	0,25 [0,13–0,40]
Эозинофилы (Эф)	%	3 [1–4]	2 [1–3]	2 [1–4]
	10 ⁹ /л	0,33 [0,14–0,48]	0,26 [0,13–0,42]	0,27 [0,14–0,45]
Базофилы (Бф)	%	0 [0–0]	0 [0–0]	0 [0–0]
	10 ⁹ /л	0 [0–0]	0 [0–0]	0 [0–0]
Тромбоциты (PLT)	10 ⁹ /л	945 [904–1030]	905 [845–989]	927 [858–1014]

Таблица 1. Показатели периферической крови лабораторных крыс при физиологической норме (Me [IQR])

дифференциальной диагностике лейкозов и для оценки эффективности их лечения. Нормативные значения: для крыс – 4,0–6,0 у.е.; для мышей – 3,6–5,2 у.е.

Индекс Гаркави (ИГ) отражает баланс между гуморальным и клеточным иммунитетом, а также способен указывать на наличие воспалительного процесса или стрессового состояния. ИГ может быть полезен для оценки состояния иммунной системы, прогнозирования развития осложнений при некоторых заболеваниях, включая инфекционные, воспалительные и аутоиммунные. Нормативные значения: для крыс – 3,5–5,5 у.е.; для мышей – 3,3–4,5 у.е.

Индекс иммунореактивности (ИИР) отражает иммунологическую активность организма, то есть насколько эффективно иммунная система реагирует на различные факторы, например инфекции или воспаления. ИИР может применяться также для выявления причин патологических

состояний и мониторинга эффективности лечения. Нормативные значения: для крыс – 15,0–41,0 у.е.; для мышей – 14,5–37,5 у.е.

Показатель	Ед	Мыши		
		Самки CD-1, n=160	Самцы AF, n=160	Общее, n=320
Лейкоциты (WBC)	10 ⁹ /л	11,5 [9,3–13,6]	9,4 [8,2–10,8]	10,5 [8,6–12,4]
Лимфоциты (ЛФ)	%	72 [68–75]	71 [69–73]	71 [69–74]
	10 ⁹ /л	7,9 [6,7–10,0]	6,6 [5,8–7,6]	7,4 [6,2–9,0]
Моноциты (Мн)	%	4 [2–6]	3 [2–4]	3 [2–5]
	10 ⁹ /л	0,40 [0,25–0,60]	0,29 [0,17–0,42]	0,35 [0,21–0,54]
Нейтрофилы (Нф)	%	22 [18–25]	22,5 [21–24]	22 [19–25]
	10 ⁹ /л	2,4 [1,8–2,9]	2,1 [1,9–2,4]	2,2 [1,8–2,8]
Сегментоядерные Нф	%	19 [15–21]	19 [17–21]	19 [16–21]
	10 ⁹ /л	2,1 [1,6–2,6]	1,7 [1,6–2,0]	1,9 [1,6–2,3]
Палочкоядерные Нф	%	3 [2–4]	4 [3–5]	3 [2–4]
	10 ⁹ /л	0,32 [0,17–0,44]	0,33 [0,24–0,41]	0,32 [0,20–0,43]
Эозинофилы (Эф)	%	3 [2–4]	3 [2–4]	3 [2–4]
	10 ⁹ /л	0,33 [0,22–0,45]	0,3 [0,17–0,38]	0,32 [0,19–0,43]
Базофилы (Бф)	%	0 [0–0]	0 [0–0]	0 [0–0]
	10 ⁹ /л	0 [0–0]	0 [0–0]	0 [0–0]
Тромбоциты (PLT)	10 ⁹ /л	1172 [1069–1234]	1144 [1083–1211]	1159 [1070–1229]

Таблица 2. Показатели периферической крови лабораторных мышей при физиологической норме (Me [IQR])

Индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) может являться маркером реактивности организма при остром воспалительном процессе. Нормативные значения: для крыс – 0,23–0,35 у.е.; для мышей – 0,28–0,39 у.е.

Индекс соотношения лимфоцитов к моноцитам (ИСЛМ) (другие названия: лимфоцитарно-моноцитарный коэффициент (ЛМК), лимфоцитарно-моноцитарный индекс (ЛМИ), lymphocyte-monocyte ratio (LMR)) отражает взаимоотношение афферторного и эффекторного звеньев иммунологического процесса. Может быть полезен для оценки иммунного статуса организма и прогнозирования течения различных заболеваний, в том числе онкологических. Нормативные значения: для крыс – 14,5–39,5 у.е.; для мышей – 14,0–36,0 у.е.

Индекс соотношения лимфоцитов к эозинофилам (ИСЛЭ), либо лимфоцитарно-эозинофильный

индекс (ЛЭИ), может помочь в диагностике, в том числе дифференциальной, различных заболеваний, особенно тех, которые связаны с иммунными реакциями, аллергическими состояниями и паразитарными инфекциями. Нормативные значения: для крыс – 18,5–71,0 у.е.; для мышей – 17,5–37,0 у.е.

Индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ), либо нейтрофильно-моноцитарный индекс (НМИ), может использоваться для оценки иммунного статуса организма, особенно в контексте инфекционных и воспалительных процессов; позволяет делать выводы о количественном соотношении компонентов фагоцитарной системы, что говорит о фагоцитарной активности клеток в целом. Нормативные значения для крыс – 3,8–12,0 у.е.; для мышей – 4,3–11,5 у.е.

Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ЛИГИ) отражает соотношение между клеточным (лимфоциты) и гуморальным (гранулоциты) звеньями иммунной системы, что важно для оценки иммунного статуса. Это позволяет дифференцировать аутоинтоксикацию и инфекционную интоксикацию. Нормативные значения: для крыс – 27,0–41,0 у.е.; для мышей – 25,0–33,0 у.е.

Лейкоцитарный индекс (ЛИ), либо lymphocyte-to-neutrophil ratio (LNR), отображает взаимоотношения гуморального и клеточного звеньев иммунной системы. Может использоваться как биомаркер, определяющий баланс между адаптивным и врожденным иммунитетом. Нормативные значения: для крыс – 3,1–4,7 у.е.; для мышей – 2,8–3,8 у.е.

Лейкоцитарный индекс интоксикации Я.Я. Кальф-Калифа (ЛИИ Кальф-Калифа) на сегодняшний день является самым распростра-

Интегральные лейкоцитарные индексы, у.е.	Крысы, n=250		Мыши, n=320	
	Me	IQR	Me	IQR
Индекс аллергии	4,7	4,0–6,0	4,4	3,6–5,2
Индекс Гаркави	4,3	3,5–5,5	3,7	3,3–4,5
Индекс иммунореактивности	21,3	15–41	23,3	14,5–37,5
Индекс Крэбса (Krebs)	0,26	0,21–0,32	0,31	0,26–0,35
Индекс сдвига лейкоцитов	0,30	0,23–0,35	0,33	0,28–0,39
Лейкоцитарный индекс	3,8	3,1–4,7	3,2	2,8–3,8
Лейкоцитарный индекс интоксикации Б.А. Рейса	0,25	0,19–0,30	0,28	0,23–0,33
Лейкоцитарный индекс интоксикации Я.Я. Кальф-Калифа	0,08	0,06–0,12	0,08	0,06–0,11
Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс	32,7	27–41	28,4	25–33
Лимфоцитарно-моноцитарный индекс	21	14,5–39,5	21,7	14–36
Лимфоцитарно-эозинофильный индекс	32,5	18,5–71,0	24	17,5–37,0
Нейтрофильно-лимфоцитарный индекс	0,26	0,21–0,32	0,31	0,26–0,35
Нейтрофильно-моноцитарный индекс	6,0	3,8–12,0	6,5	4,3–11,5
Тромбоцитарно-лимфоцитарный индекс	106,7	93–128	155,6	128–191
Ядерный индекс Г.Д. Даштаянца	0,35	0,22–0,50	0,36	0,25–0,48
Ядерный индекс сдвига	0,12	0,07–0,21	0,16	0,11–0,24
Ядерный индекс степени эндотоксикоза	0,35	0,22–0,50	0,36	0,25–0,48

Таблица 3. Вариабельность интегральных лейкоцитарных индексов для лабораторных крыс и мышей (медиана, межквартильный размах)

ненным в различных отраслях медицины для оценки распада тканей организма и тяжести интоксикации. Впервые был применен в 1941 г., сейчас широко задействован в хирургии, онкологии, гинекологии. ЛИИ помогает дифференцировать вирусные и бактериальные инфекции, так как при первых он снижается, а при вторых – повышается. Нормативные значения: для крыс – 0,06–0,12 у.е.; для мышей – 0,06–0,11 у.е.

Лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИ Рейса) учитывает соотношение уровня всех клеток крови, повышающегося и снижающегося при воспалительных заболеваниях без каких-либо дополнительных коэффициентов, что объективно отражает суть происходящих процессов в организме. Нормативные значения: для крыс – 0,19–0,30 у.е.; для мышей – 0,23–0,33 у.е.

Хотим обратить внимание на отличия между ЛИИ Кальф-Калифа и ЛИИ Рейса: 1) используются разные формулы для расчета; 2) оцениваются различные аспекты, хотя оба индекса связаны с воспалением и интоксикацией: ЛИИ Кальф-Калифа выявляет степень эндогенной интоксикации, то есть вызванной внутренними процессами в организме, и остроту воспаления, а ЛИИ Рейса – соотношение различных типов лейкоцитов для определения наличия и степени воспалительного процесса и/или интоксикации.

Нейтрофильно-лимфоцитарный индекс (НЛИ) (другие названия – нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент (НЛК), neutrophil-lymphocyte ratio (NLR)) отражает соотношение неспецифической и специфической защиты организма. Косвенно

характеризует активность фагоцитарных реакций и факторов специфического иммунитета и их участие в поддержании общей реактивности организма. Нормативные значения: для крыс – 0,21–0,32 у.е.; для мышей – 0,26–0,35 у.е.

Индекс Крэбса (ИК) показывает соотношение между нейтрофилами и лимфоцитами, которые являются основными клетками иммунной системы, в связи с этим может использоваться для оценки остроты воспаления, интоксикации и других патологических состояний. Нормативные значения: для крыс – 0,21–0,32 у.е.; для мышей – 0,26–0,35 у.е.

Следует отметить, что ИК и НЛИ – два различных показателя, ИК рассчитывается на основе процентного содержания клеток, а НЛИ – на основе их абсолютного количества. Однако наше исследование продемонстрировало одинаковые значения для данных индексов при физиологической норме.

Тромбоцитарно-лимфоцитарный индекс (ТЛИ), либо platelet-lymphocyte ratio (PLR), может использоваться для оценки функциональной активности тромбоцитов и тромбогенности. Нормативные значения: для крыс – 93,0–128,0 у.е.; для мышей – 128,0–191,0 у.е.

Ядерный индекс степени эндотоксикоза (ЯИСЭ) и ядерный индекс (ЯИ), предложенный Г.Д. Даштаянцем, характеризуют скорость регенерации нейтрофилов и моноцитов, а также продолжительность их циркуляции в кровяном русле, что позволяет судить о выраженности воспалительного процесса и эффективности проводимой терапии. Нормативные значения: для крыс – 0,22–0,50 у.е.; для мышей – 0,25–0,48 у.е.

Ядерный индекс сдвига (ЯИС) – широкое понятие, включающее в себя ЯИ и некоторые другие показатели, связанные со сдвигом в лейкоцитарной формуле. Отражает реакцию организма на патологический стимул и может использоваться для оценки степени воспаления и тяжести состояния организма. Нормативные значения: для крыс – 0,07–0,21 у.е.; для мышей – 0,11–0,24 у.е.

Полученные значения лейкоцитарных индексов при физиологической норме у лабораторных мышей и крыс могут быть рекомендованы в качестве интегральных показателей при оценке иммунного статуса, адаптационного потенциала организма, уровня стресса и интоксикации, течения и прогноза различных заболеваний. ■

■ **Summary.** The present study provides an overview of modern integral leukocyte indices, the values of which have been established for the first time in laboratory rats and mice under physiological conditions. It highlights the interplay between various components of the immune system, as well as markers of inflammation, intoxication, adaptation processes, and stress response. The variability of these parameters was evaluated depending on the species and sex of the animals. The data revealed no statistically significant differences between males and females within the same species, which allowed for the combination of groups for analytical assessment. The findings are intended to contribute to the establishment of a normative framework for scientific and preclinical research, as well as the development of new experimental models of pathological processes.

■ **Keywords:** laboratory animals, leukocyte indices, hematology, immune status, inflammation, intoxication, mice, rats.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-73-78>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Choe J.-Y. Association between Novel Hematological Indices and Measures of Disease Activity in Patients with Rheumatoid Arthritis / J.-Y. Choe, C.U. Lee, S.-K. Kim // *Medicina*. 2023. Vol. 59, №117. <https://doi.org/10.3390/medicina59010117>.
2. Прогнозирующая значимость гематологических индексов при реконструктивных операциях на аорте: проспективное наблюдательное исследование / О.О. Гринь [и др.] // *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2024. Т.1. С. 82–93. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-1-82-93>.
3. Интегральные гематологические индексы как способ оценки реактивных изменений крови на нагрузку антиоксидантами / В.В. Леонов [и др.] // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2022. №4. Публикация 3–7. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-4-3-7.
4. Роль гематологических индексов в прогнозировании исходов у больных с острым коронарным синдромом / Л.В. Борисова [и др.] // *Лабораторная служба*. 2018. Т.7, №2. С. 49–55.
5. Hematological indices as indicators of silent inflammation in achalasia patients: A cross-sectional study / F. López-Verdugo [et al.] // *Medicine*. 2020. Vol. 99, №9. (e19326).
6. Тодосюк Т. Динамика гематологических показателей у кроликов при остеозамещении гидроксипатитовой керамикой, легированной германием и в комплексе с активатором свертывания крови / Т. Тодосюк, М. Рубленко, В. Власенко // *Научный вестник ЛНУ им. Тараса Шевченко по ветеринарии и биотехнологиям. Серия: Ветеринарные науки*. 2021. Т. 23, №102. С. 78–86. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10212>.
7. De Siqueira R.F. Dynamic Hematological Responses in Endurance Horses: Unraveling Blood Physiological Markers of Exercise Stress and Recovery / R.F. De Siqueira, W.R. Fernandes // *International Journal of Equine Science*. 2024. Vol. 3, №2. P. 74–81. <https://rasayely-journals.com/index.php/ijes/article/view/116>.
8. Влияние даларгина на гематологические индексы у мышей с экспериментальным язвенным колитом / А.Ю. Ляшев [и др.] // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2025. Т. 22, №1. С. 75–79.
9. Ломако В.В. Лейкоцитарные показатели крови у самцов крыс разного возраста / В.В. Ломако // *Успехи геронтологии*. 2019. №6. С. 923–939.
10. Крячко О.В. Влияние технологического стресса на иммунологическую реактивность поросят / О.В. Крячко, А.О. Будник // *Международный вестник ветеринарии*. 2020. №2. С. 155–161.
11. Leukocyte indexes for equine immune status assessment / N.V. Burkat [et al.] // *BIO Web of Conferences*. 2024. 108. 10.1051/bioconf/202410823005. DOI:10.1051/bioconf/202410823005.
12. Егорова В.И., Волкова И.В. Динамика интегральных гематологических индексов рыб при хронической интоксикации // *Рыбное хозяйство*. 2024 №1. С. 81–88. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-1-81-88>.

Статья поступила в редакцию
01.07.2025 г.

Морфологические эффекты фотодинамической терапии атеросклеротических поражений сосудистой стенки

(пилотное *ex vivo* исследование)

Атеросклероз – одна из ведущих причин острых сердечно-сосудистых событий и смертности [1]. Несмотря на достижения медикаментозной терапии и хирургических методов лечения, возможности селективного воздействия на морфологическую структуру атеросклеротической бляшки остаются ограниченными. В последние годы повышается интерес к ФДТ с использованием фотосенсибилизаторов, в частности производных хлорина еб (относится ко второму поколению указанных соединений), которые обладают способностью избирательно накапливаться в клеточных и внеклеточных компонентах бляшки.

Николай Добровольский,
врач-кардиохирург МНПЦ
хирургии, трансплантологии
и гематологии

Иван Пикирня,
врач-хирург МНПЦ хирургии,
трансплантологии и гематологии,
кандидат медицинских наук,
доцент; 77pik@gmail.com

Виктория Ермоченко,
заместитель начальника
Городского клинического
патологоанатомического бюро
по медицинской части

Кирилл Рубахов,
заведующий кардиохирургическим
отделением №1 МНПЦ хирургии,
трансплантологии и гематологии,
кандидат медицинских наук,
доцент

Олег Руммо,
директор МНПЦ хирургии,
трансплантологии и гематологии,
академик

Аннотация. Представлены результаты пилотного исследования *ex vivo* по оценке морфологических эффектов применения фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием фотосенсибилизатора Фотолон (хлорин еб) для воздействия на атеросклеротические поражения аорты человека. ФДТ рассматривается как перспективный метод модификации атеросклеротических бляшек за счет селективного фотоокислительного повреждения их структурных компонентов при сохранении интактных участков сосудистой стенки. Морфологические изменения, возникающие в ответ на указанную терапию, связаны с риском разрыва бляшки и развитием тромбоза, поэтому их характеристика позволяет оптимизировать параметры воздействия и повысить безопасность метода. Показано, что ФДТ с использованием хлорина еб в условиях *ex vivo* приводит к выраженной деструкции органических компонентов атеросклеротической бляшки, при этом ее макроскопические размеры не изменяются, что отражает ограниченность эффекта на уровне каркасных (фиброзных и кальцинированных) структур. Полученные результаты подтверждают селективность фотодинамического воздействия и указывают на необходимость дальнейших *in vivo* исследований для оценки динамики ремоделирования бляшки и возможного отсроченного уменьшения ее объема.

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, атеросклероз, Фотолон, хлорин еб, морфологические изменения, световая микроскопия.

Для цитирования: Добровольский Н., Пикирня И., Ермоченко В., Рубахов К., Руммо О. Морфологические эффекты фотодинамической терапии атеросклеротических поражений сосудистой стенки (пилотное *ex vivo* исследование) // Наука и инновации. 2026. №1. С. 79–83.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-79-83>

Хлорин еб обеспечивает более выраженный терапевтический ответ при минимальном воздействии на интактные ткани и имеет более благоприятный профиль фоточувствительности по сравнению с препаратами первого поколения [2]. В то же время фотодинамическое воздействие с его применением ограничено глубиной проникновения (2–3 мм) длины волны (660–670 нм) лазерного излучения, активирующего этот фотосенсибилизатор, что определяет преимущественно поверхностный характер деструкции и требует учета при интерпретации морфологических эффектов.

По некоторым данным, хлорин еб способен накапливаться в макрофагах, что дает возможность воздействовать преимущественно на воспалительный компонент атеросклеротической бляшки и ведет к усилению эффективности ФДТ [3]. Применение наночастиц и магниточувствительных модификаций хлорина еб, хотя и сопряжено с высокой стоимостью их производства, способствует увеличению глубины проникновения фотосенсибилизатора в толщу бляшки, а также снижает выраженность воспалительных процессов, что в условиях *in vivo* сопровождается уменьшением объема этого образования [4, 5].

Систематические обзоры подтверждают, что ФДТ способна вызывать ремоделирование внеклеточного матрикса, апоптоз пенстых клеток, однако выраженность макроскопических изменений зависит от состава бляшки (плотный фиброзный и/или кальцифицированный каркас) и длительности наблюдения [6, 7].

В то же время даже без значимого уменьшения размеров бляшки ФДТ с воздействием хлорина еб может способствовать стабилизации бляшки за счет стимуляции аутофагии и снижения активности воспалительных клеток (макрофаги, моноциты, нейтрофилы, тучные клетки) [8].

Таким образом, ФДТ на основе хлорина еб представляет собой перспективный подход к модификации структуры атеросклеротической бляшки. Однако соотношение микро- и макроуровневых эффектов терапии остается недостаточно изученным и требует дальнейшей экспериментальной оценки.

Цель исследования – оценить морфологические эффекты ФДТ атеросклеротических поражений сосудистой стенки человека *ex vivo* с использованием фотосенсибилизатора на основе хлорина еб на микро- и макроуровнях.

Материалы и методы

В данной работе применен морфологический подход, направленный на объективную оценку структурных изменений атеросклеротических бляшек после проведения ФДТ в условиях *ex vivo*.

В исследование включены 35 фрагментов (размером 3×3 см) грудной аорты человека с морфологически подтвержденными признаками атеросклероза (фиброз, фиброкальциноз). Забор материала проводился во время аутопсии в течение первых 12 ч после смерти. Образцы случайным образом были распределены на опытную ($n=30$) (с воздействием ФДТ) и контрольную ($n=5$)

(без ФДТ) группы. Такой дизайн обеспечил сопоставимость образцов и позволил оценить влияние ФДТ на морфологические характеристики тканей на макро- и микроуровне.

На первом этапе осуществлялись макроскопический осмотр и фотодокументация атеросклеротических бляшек до и после ФДТ. В качестве фотосенсибилизатора применялся препарат на основе хлорина еб Фотолон (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь). После его аппликации образцы инкубировались в темных условиях для равномерного распределения фотосенсибилизатора. Далее выполнялось световое воздействие лазерным излучением в красном спектре с длиной волны 665 нм (Устройство полупроводниковое лазерное УПЛ-ФДТ, УП «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО) с типичными параметрами плотности энергии (50–150 Дж/см²).

Температура образцов на протяжении эксперимента контролировалась бесконтактным термометром.

После указанного воздействия на сосудистую стенку фрагмент аорты фиксировали в 10%-ном буферном растворе нейтрального формалина. В дальнейшем каждый опытный образец проводили через спирты восходящей концентрации и заливали в парафиновые блоки с последующей микротомией и окраской гематоксилином/эозином. Микроскопическое исследование осуществлялось с использованием микроскопа Axio Imager A2 (Carl Zeiss) с цифровой камерой при увеличении окуляров х10, объективов х2, х4, х5, х10, х20, х40. Этот этап был направлен на выявление изменений клеточного состава, строения внеклеточного матрикса и структуры покрышки бляшки.

Результаты и обсуждение

Макроскопическая оценка.

Изменений размера и формы атеросклеротической бляшки после ФДТ не выявлено, однако они отмечены на ее поверхности: она стала более гладкой, с выраженным блестящим оттенком и уменьшением визуальной слоистости. Цвет и морфологическая структура липидно-фиброзного ядра приобрели более однородный характер с уменьшением четких границ между его компонентами (рис. 1).

Микроскопическая оценка.

Гистологическое исследование продемонстрировало выраженные структурные изменения в составе атеросклеротических бляшек опытной группы, включающие: деструкцию липидного ядра и элементов фиброзного компонента; частичное повреждение кальцинированных участков; сохранность структуры интактных участков сосудистой стенки в большинстве образцов, что коррелирует с визуальными изменениями их поверхности.

Полученные изображения (рис. 2, 3) свидетельствуют о селективности воздействия ФДТ на патологически измененные

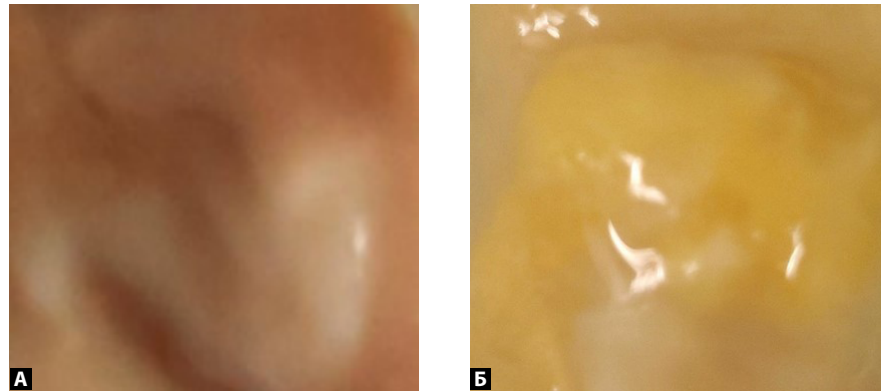


Рис. 1. Макроскопические изменения атеросклеротической бляшки до (А) и после (Б) фотодинамической терапии – отмечается сглаживание поверхности и повышение визуальной однородности липидно-фиброзного ядра при сохранении общего объема бляшки

структуры бляшки при ограниченном влиянии на неизмененные слои сосудистой стенки. Повреждение интактных тканей наблюдалось только при повышении показателей плотности энергии выше терапевтических значений.

Приведенные результаты согласуются с опубликованными данными о морфологических эффектах фотодинамической терапии при атеросклеротических поражениях сосудов с применением фотосенсибилизаторов второго поколения, в том числе производных хлорина еб: селективная деструкция органических компонентов атеросклеротиче-

ской бляшки на микроуровне при сохранении структурной целостности интактных слоев сосудистой стенки [4]. Гистологический анализ выявил выраженные изменения структуры бляшки после ФДТ, тогда как макроскопические размеры поражения оставались практически неизменными.

С морфологической точки зрения особое значение имеют характеристики так называемых нестабильных атеросклеротических бляшек, относящихся к типу фиброатером с некротическим ядром, характеризующихся тонкой фиброзной покрывкой и крупным липидно-некротическим ядром. Именно контакт или разрыв

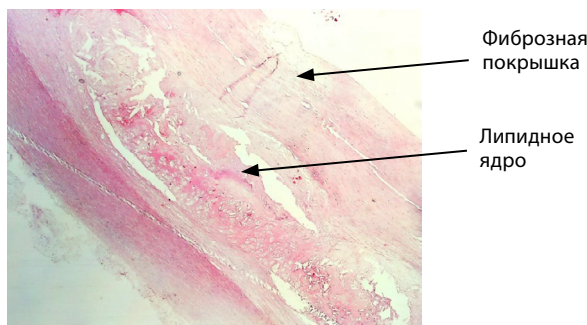


Рис. 2. Атеросклеротическая бляшка (без ФДТ), расположенная во внутренней (интима) и средней (мышечной) оболочке, состоящая из аморфных липидных масс, кристаллов холестерина, отложений солей кальция, воспалительных элементов (макрофагов, лимфоцитов)

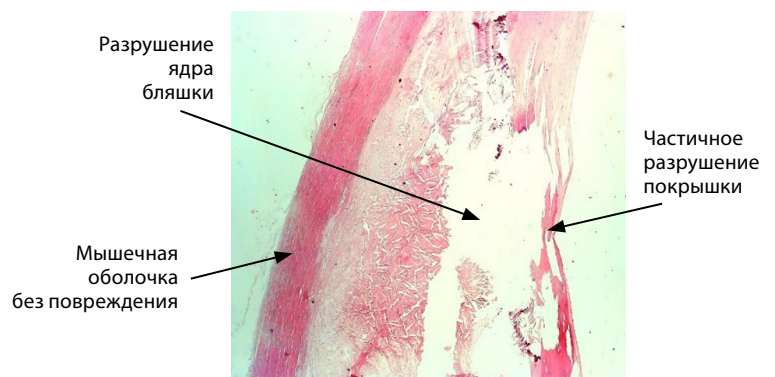


Рис. 3. Атеросклеротическая бляшка после ФДТ. Частичное разрушение покрывки и центральной части бляшки, мышечная оболочка без повреждения

покрышки с выходом содержимого ядра в просвет сосуда инициирует тромбоз и лежит в основе большинства острых коронарных событий [7, 10]. Фотодинамическое воздействие позволяет избирательно повреждать липидно-некротическое ядро, при этом сохраняя целостность фиброзной покрышки, что снижает воспаление и механическую уязвимость бляшки, ее тромбогенный потенциал и, следовательно, уменьшает вероятность проведения стентирования и интенсивной антитромботической терапии. Поскольку деструкция происходит внутри замкнутого каркасного контура бляшки, без формирования и выхода крупных фрагментов в просвет сосуда, это снижает риск дистальной эмболии, которая может привести к острому инфаркту миокарда или острой ишемии конечностей.

Как уже было отмечено, гистологическое исследование показало, что при выбранных параметрах фотодинамического воздействия происходит выраженная деструкция структурных компонентов атеросклеротической бляшки – липидного ядра, фиброзного компонента и

частично кальцинированных участков. При этом макроскопические размеры бляшки остаются неизменными, что, вероятно, связано с сохранением ее коллагеново-эластинового, а при наличии – кальцифицированного каркаса, сохраняющего общую геометрию структуры. Данный эффект потенциально снижает атерогенность бляшки и способствует ее трансформации в более стабильное «безопасное» состояние, что *in vivo* может уменьшить вероятность развития острых клинических состояний, таких как острый инфаркт миокарда или острая ишемия нижних конечностей.

Ограничения представленного пилотного исследования связаны с использованием *ex vivo* модели, что исключает возможность оценки длительных физиологических и клинических эффектов, так как в таких условиях отсутствуют иммунно-ремоделирующие механизмы (макрофагальная резорбция, ферментативный распад матрикса, влияние внутрисосудистой гемодинамики), необходимые для удаления разрушенных тканей, что должно повлечь последующее уменьшение объема бляшки.

Полученные нами результаты согласуются с данными других работ, указывающих на ограниченность фотодинамического воздействия при непосредственной оценке после процедуры. Для проявления выраженных макроскопических изменений требуется более длительный период наблюдения – от нескольких дней до нескольких недель, что связано с постепенным развитием резорбтивно-ремоделирующих процессов в ткани бляшки [6, 7]. Анализ литературных сведений и представленных результатов позволил свести проблемы и морфологические предпосылки отсутствия макроскопической регрессии бляшки после ФДТ и представить в виде таблицы.

Таким образом, наше пилотное исследование подтвердило селективность и относительную безопасность для сосудистой стенки ФДТ при воздействии на атеросклеротические бляшки.

По мнению авторов, направлением дальнейших изысканий должен стать подбор оптимальных параметров ФТД (концентрация раствора фотосенсибилизатора, его экспозиция, мощность лазерного излучения и время

Проблема	Суть процесса	Морфологическое объяснение	Итоговый эффект
ФДТ разрушила ядро, но не несущий каркас	Повреждены липидное ядро и клеточные элементы	Коллаген I/III, эластин и при наличии гидроксиапатит формируют жесткий структурный каркас бляшки [11]. ФДТ вызывает гибель клеток, но не приводит к немедленному распаду волокнистой основы	Внутренние слои изменены, но геометрия бляшки сохраняется, так как каркас продолжает «держаться» форму
В модели <i>ex vivo</i> отсутствует ремоделирование и выведение детрита	Разрушенные структуры остаются на месте	В отсутствие кровотока нет макрофагов, управляемого лизиса, репарации эндотелия и гемодинамического фактора. Без этих процессов поврежденный материал не удаляется, а остается на месте и заполняет прежний объем	Объем бляшки не уменьшается, так как нет механизма «уборки» и «усадки» ткани
Синергизм двух факторов	Каркас удерживает форму; отсутствие резорбции сохраняет массу	Даже если бляшка повреждена внутри, ее внешний объем не меняется, потому что «каркас» остается целым, а разрушенные части не удаляются	Наблюдаем микроэффект без макроэффекта
Что вероятно будет <i>in vivo</i> ?	При включении биологических механизмов возможна отсроченная регрессия	Макрофаги, металлопротеиназы, гемодинамический фактор способны постепенно удалять детрит и перестраивать матрикс [7, 12]. Усиление эффекта возможно при комбинированном воздействии, направленном на разрушение коллагено-кальциевого каркаса (например, ультразвук низкой частоты)	Постепенное уменьшение объема бляшки <i>in vivo</i> , особенно при комбинированной терапии

Таблица. Морфологические механизмы отсутствия макроскопической регрессии атеросклеротической бляшки после фотодинамической терапии (*ex vivo*)

воздействия), а также изучение временной динамики морфологических изменений *in vivo* и разработка комбинированных протоколов, включающих ФДТ и дополнительные физические методы. В данном контексте перспективным может быть использование низкочастотного ультразвука субразрушающей интенсивности, способного повышать проницаемость фиброзно-эластинового каркаса бляшки и вызывать мелкодисперсную дезагрегацию ее внутреннего содержимого без нарушения целостности эндотелия и без отрыва крупных фрагментов. Такое воздействие может способствовать ослаблению структуры и улучшению диффузии фотосенсибилизатора в глубинные слои бляшки, усиливая эффект последующей ФДТ. Необходимо определить оптимальные параметры комбинированного подхода для повышения его эффективности и безопасности. В целом это позволит улучшить результативность деструкции устойчивых компонентов бляшки и снизить риск тромбоэмболических осложнений.

Результаты проведенных *ex vivo* экспериментов свидетельствуют о том, что фотосенсибилизатор Фотолон обладает способностью избирательно накапливаться в структурах атеросклеротической бляшки и при активации лазерным излучением вызывает микродеструкцию ее элементов, в первую очередь органических компонентов, таких как липидное ядро.

Целесообразно продолжить выполнение доклинических исследований, включая эксперименты *in vivo* на лабораторных животных с воспроизведенной моделью атеросклероза. Особое внимание следует уделить оценке

■ **Summary.** Photodynamic therapy (PDT) is considered a promising method for modifying atherosclerotic plaques through selective photo-oxidative damage to their structural components while preserving intact areas of the vascular wall. The morphological changes induced by PDT have direct clinical relevance, as they are associated with plaque stability and the risk of thrombosis; therefore, their characterization is essential for optimizing treatment parameters and improving the safety of the method. The aim of this study was to evaluate the morphological effects of PDT on human aortic atherosclerotic lesions *ex vivo* using the chlorin e6-based photosensitizer Photolon. It was shown, that photodynamic therapy with chlorin e6 *ex vivo* induces selective destruction of the organic components of atherosclerotic plaques while preserving the structural integrity of intact vascular wall layers. The absence of macroscopic reduction in plaque size after a single treatment reflects the resistance of the collagenous and calcified framework. These findings confirm the selective action of PDT and indicate the need for further *in vivo* studies to evaluate the temporal dynamics of plaque remodeling and potential delayed volume reduction.

■ **Keywords:** photodynamic therapy, atherosclerosis, Photolon, chlorin e6, morphological changes, light microscopy.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-01-79-83>

временной динамики эффекта ФДТ, включая последовательный анализ изменений размеров и морфологической структуры атеросклеротической бляшки в различные сроки после воздействия – от нескольких дней до нескольких недель.

Эффективность ФДТ ограничивается глубиной ее проникновения (2–3 мм), а также высокой устойчивостью коллаген-эластинового матрикса атеросклеротической бляшки, что обуславливает необходимость поиска и разработки дополнительных методов, направленных на повышение эффективности воздействия на глубокорасположенные и кальцинированные компоненты бляшки в том числе за счет использования дополнительных физических факторов. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics-2021 update: a report from the American Heart Association / S.S. Virani, A. Alonso, H.J. Aparicio [et al.] // *Circulation*. 2021. Vol. 143. P. e254–e743.
2. Development of Biotechnological Photosensitizers for Photodynamic Therapy: Cancer Research and Treatment-From Benchtop to Clinical Practice / M. Aires-Fernandes, R. B. Costa, S.R. Amaral [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27, №20. Art. 6848.
3. Multimodal Imaging-Assisted Intravascular Theranostic Photoactivation on Atherosclerotic

Plaque / J.H. Kim, J.W. Song, Y.H. Kim [et al.] // *Circulation Research*. 2024. Vol. 135, №5. P. e114–e132.

4. Photoactive liposomal formulation of PVP-conjugated chlorin e6 for photodynamic reduction of atherosclerotic plaque / W. Kałas, E. Wysokińska, M. Przybyło [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20, №16. Art. 3852.
5. Advances in imaging and treatment of atherosclerosis based on organic nanoparticles / S. Tu, W. He, J. Han [et al.] // *APL Bioengineering*. 2022. Vol. 6, №4. Art. 041501.
6. PhotoPoint photodynamic therapy promotes stabilization of atherosclerotic plaques and inhibits plaque progression / R. Waksman, P.E. McEwan, T.I. Moore [et al.] // *Journal of the American College of Cardiology*. 2008. Vol. 52, №12. P. 1024–1032.
7. Photodynamic Therapy for Atherosclerosis / W. Mytych, D. Bartusik-Aebisher, A. Łoś [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, №4. Art. 1958.
8. Xu Y. Nano-therapeutics targeting the macrophage-based microenvironment in the treatment of atherosclerosis / Y. Xu, Y. Zhang, W. Yu // *Journal of Translational Medicine*. 2025. Vol. 23, №1. Art. 1171.
9. Schroeder A.P. Vulnerable and dangerous coronary plaques / A.P. Schroeder, E. Falk // *Atherosclerosis*. 1995. Vol. 118, Suppl. P. S141–S149.
10. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions / R. Virmani, F.D. Kolodgie, A.P. Burke [et al.] // *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2000. Vol. 20, №5. P. 1262–1275.
11. Evaluation of collagen in atherosclerotic plaques: the use of two coherent laser-based imaging methods / S.K. Nadkarni, B.E. Bouma, J. de Boer [et al.] // *Lasers in Medical Science*. 2009. Vol. 24, №3. P. 439–445.
12. Macrophage-Based Therapies for Atherosclerosis Management / R. Peng, H. Ji, L. Jin [et al.] // *Journal of Immunology Research*. 2020. Vol. 2020. Art. 8131754.

Статья поступила в редакцию
02.12.2025 г.

Vladimir Karanik

Looking beyond the horizon: A new cycle of academic science development 4

Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus Vladimir Karanik shares his views on the transformation process, opportunities, and prospects for the academic science development in a conversation with the journal's editor-in-chief Zhanna Komarova.

Daria Khachirashvili

Higher education tracks 13

Andrei Ivanets, Minister of Education of the Republic of Belarus and Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, discusses how the country's higher education system is responding to the current challenges and what its future looks like.

Vasily Gursky

Global megatrends in scientific development 19

The author focuses on the formation of global megatrends in the scientific field and the challenges facing the Belarus' science.

SCIENTIFIC RESEARCH AS A CATALYST FOR PROGRESS 24

There have been presented the cutting-edge developments from academic laboratories engaged in the production of new knowledge which are necessary for the transformation of science into a global industry.

Alexander Chizh

Radiophotonic technologies 25

The article considers the fundamental and applied research conducted by the Radiophotonics Laboratory of the State Scientific and Production Association "Optics, Optoelectronics, and Laser Technology," aimed at studying optical methods for generating, transmitting, and processing ultra-high-frequency signals.

Igor Ryazanov

New carbon materials for the future energy 27

The article discusses the successes of the Laboratory of Physical and Chemical Technologies at the Scientific and Practical Center for Materials Science of the National Academy of Sciences of Belarus, which has developed new methods for synthesizing graphene-like carbon, which is low-cost and environmentally friendly.

Ekaterina Shamova, Irina Dremuk, Lyudmila Lukyanenko, Andrei Goncharov

Where biophysics and medicine meet 30

The Laboratory of Medical Biophysics at the Institute of Biophysics and Cell Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus presents the results of interdisciplinary research aimed at identifying the fundamental principles of biosystems and developing next-generation diagnostic systems.

Anatoly Puchilo, Ruslan Tsvirko

Technologies for identifying threats and forecasting the state of natural ecosystems 34

Scientists of the Laboratory of Geobotany and Vegetation Cartography at the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus have developed theoretical foundations of vegetation classification, and technologies for assessing its condition, as well as natural ecosystems, using data from ground-based studies and materials from remote sensing of the Earth's surface.

Irina Zhavoronok, Vasily Bogdan

Pain research 38

The article considers the activities of the Pain Research Center, established at the Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, which conducts fundamental and applied research to provide personalized medical care for people with pathological disorders.

Olga Sharko, Yegor Ulashchik, Yulia Bekish, Vadim Shmanay
Bioconjugates: PCR diagnostics, gene therapy, and more 41

There is shown the importance of research in bioanalytics, gene therapy, and fine organic synthesis conducted by the Bioconjugate Chemistry Laboratory at the Institute of Physical and Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus.

Viktor Goldyban

Autonomous units for the agricultural sector 46

This article gives an overview of promising areas of work for the Vegetable and Root Crops Mechanization Laboratory at the Scientific and Practical Center for Agricultural Mechanization at the National Academy of Sciences of Belarus.

Alexander Postalovsky

Belarus of the future: Sociocultural foundations of technological development 49

This article attempts to identify the benchmarks that will shape our country's image in the long and medium term, define the public expectations regarding the vectors of social improvement and technological progress, and gain a clear idea of what kind of Republic of Belarus its citizens want to see.

Alexander Kozlov

Competition for human capital in the era of postmaterialist values 53

The article considers the problem of undervalued human capital in the postmaterialist era. It shows the importance for a program adapted to modern economic policy, aimed at attracting and retaining intellectual resources, including in the virtual world.

Boris Gusakov

The evolution of the efficiency concept 59

The article gives a logical analysis of the efficiency concept examining its evolution from the perspective of economic theory and its specifics in applied economics.

Nikolay Kochetov

Expanding the optimization methods used in management decision making 64

The article considers the use of optimization methods based on standard software and Excel spreadsheets, specifically the "Solution Search" add-in, to reduce production costs and optimally structure transportation expenses.

Vladimir Martynov

The phenomenon of modern culture global transformation and the problem of personality enculturation 69

The article considers the technical activity influence, being the dominant form of survival and evolution of man and society, on ideological attitudes and personal transformations, which ultimately determine the appearance of the modern world at the global level.

Olga Soboleva, Olga Tikhonovich, Svetlana Pashkevich

Variability of normal leukocyte indices in laboratory rats and mice and their prognostic significance 73

his article presents a review of integrated leukocyte indices, the values of which have been established for the first time for laboratory rats and mice in a physiological state, influencing the development of a regulatory framework for scientific and preclinical research.

Nikolai Dobrovolsky, Ivan Pikirenya, Victoria Ermochenko, Kirill Rubakhov, Oleg Rummo

Morphological effects of photodynamic therapy for atherosclerotic vascular lesions (pilot *ex vivo* study) 79

The authors present the results of a pilot *ex vivo* study assessing the morphological effects of photodynamic therapy using the photosensitizer Photolon for treating atherosclerotic lesions of the human aorta



Народны летапіс Вялікай Айчыннай вайны: успомнім усіх! Кніга 5. Стэнаграма першай афіцыйнай нарады і ўспаміны ўдзельнікаў Мінскага падполля (снежань 1954 – студзень 1955) / Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т гісторыі; склад.: А. М. Літвін [і інш.]. – Мінск : Беларуская навука, 2025. – 383 с. : іл.
ISBN 978-985-08-3364-8.

Дадзеная кніга з'яўляецца пятай з цыкла кніг у межах ініцыяванай Нацыянальнай акадэміяй навук Беларусі Усебеларускай акцыі «Народны летапіс Вялікай Айчыннай вайны: успомнім усіх!».

У выданні прадстаўлены стэнаграма першай афіцыйнай нарады, якая адбылася ў снежні 1954 – студзені 1955 г. у Беларускам дзяржаўным музеі гісторыі Вялікай Айчыннай вайны, і ўспаміны ўдзельнікаў Мінскага падполля. Нарада была арганізавана кіраўніцтвам музея і Інстытута гісторыі Акадэміі навук БССР. Матэрыялы друкуюцца з захаваннем асаблівасцей мовы арыгінала.

Разлічана на шырокае кола чытачоў.

Белорусское музыкально-исполнительское искусство конца XIX – начала XX века / А. Л. Капилов. – Минск : Беларуская навука, 2025. – 338 с. : ил.
ISBN 978-985-08-3351-8.

В монографии впервые рассматривается история белорусского музыкального искусства конца XIX – начала XX в. Реконструирована картина развития отечественного концертного и сценического исполнительства: вокального, фортепианного, смычкового, духового, народного; ансамблевого (дуэты, трио, квартеты); оркестрового; хорового (церковное и светское); в сфере музыкального театра; а также гастрольная деятельность знаменитых певцов, ансамблей, оркестров и театральных антреприз. Впервые по достоинству оценивается вклад уроженцев белорусской земли в мировое художественное пространство. Представлена деятельность выдающихся мастеров сцены – С. Буткевича, И. Венгеровой, А. Жеребцовой, А. Мейчик, С. Мигая, Ж. Нарбут-Грышкевич, П. Цесевича и других артистов, которые создавали яркий облик отечественного искусства за рубежом, внесли существенный вклад в общеевропейский и мировой музыкально-художественный контекст.

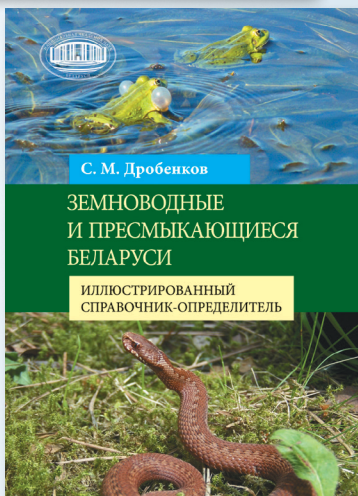
Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся историей музыкальной культуры Беларуси.

Земноводные и пресмыкающиеся Беларуси : иллюстрированный справочник-определитель / С. М. Дробенков ; Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр по биоресурсам. – Минск : Беларуская навука, 2025. – 343 с.
ISBN 978-985-08-3340-2.

Издание содержит определитель видов и базовые сведения о встречающихся в Беларуси земноводных и пресмыкающихся. Представлены оригинальные и литературные данные о распространении, характере местообитаний, структуре популяций, морфологии, поведении и вопросах охраны 13 видов амфибий и 7 видов рептилий региональной фауны.

Справочник иллюстрирован цветными фотографиями животных и их мест обитания.

Рассчитано на студентов и преподавателей биологических факультетов университетов, работников природоохранных организаций, учителей биологии, краеведов и любителей природы.



РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу

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

принимает заказы на печать

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

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



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ
ПО МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УНП: 00230575

Инновационные разработки для агропромышленного комплекса



Грабли-валкователи ленточного
типа ВЛ-10



Плуг оборотный навесной
ПОНС-4-40



Агрегат почвообрабатывающий
модульный – АМП-6



Агрегат для механического удаления
кроны ягодных кустарников АУК-1



Опрыскиватель двухрядный ОД-2
для обработки ягодников



Грабли ГВГ-9,5 для сгребания сена, прояв-
ленной зеленой массы и соломы в валок

НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства
220049, г. Минск, ул. Кнорина, 1

ОТДЕЛ МАРКЕТИНГА



+375 17 272 02 91,
+375 17 356 87 86,



info@belagromech.by



https://t.me/agromechbel

