



ОТ ЛАБОРАТОРИИ  
К РЫНКУ: ГДЕ ТЕРЯЮТСЯ  
ИННОВАЦИИ?

34

ПЕРСПЕКТИВЫ  
ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА

53

ГАРМОНИЯ  
ТОЧНЫХ  
НАУК

66

ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АВАРИЯ.  
ПРИЧИНЫ И  
ПОСЛЕДСТВИЯ

70

# Наука и инновации

№4 (278)  
АПРЕЛЬ 2026

научно-  
практический  
журнал

## Коммерциализация

### научных разработок

исследование

защита  
интеллектуальной  
собственности

прототипирование

интеграция  
и  
сотрудничество

лицензирование

внедрение  
и  
производство

тестирование  
и  
сертификация

ISSN 1818-9857



9 17718181985001 04

ISSN 2412-9372 (online)



# ОКБ Академическое

## КОНСТРУИРУЕТ И ИЗГОТАВЛИВАЕТ:

- емкостное, теплообменное и сепарационное оборудование для химической, нефтеперерабатывающей промышленности, фармацевтики и пищевой отрасли
- оборудование для пунктов хранения радиоактивных отходов, относящихся к 3-му классу безопасности
- оборудование для хранения высокоопасных газов (окись этилена)
- другие виды нестандартного емкостного и теплообменного оборудования по требованиям заказчика, в том числе импортозамещающего
- оказывает услуги по механической обработке и изготовлению металлических изделий с использованием металлорежущего оборудования



## ПРОВОДИТ:

- радиографическую, ультразвуковую и капиллярную дефектоскопию
- механические испытания
- химический и спектральный анализ металла
- металлографические исследования сварных соединений и металлов

*Внедренная система менеджмента качества (ISO 9001, ISO 19443) обеспечивает соблюдение требований международных стандартов*

УНП 100103729



+375 (17) 364-13-64  
+375 (17) 364-40-52 (факс)

<https://www.okb-acad.by/aboutus.html>

[okb-acad@yandex.by](mailto:okb-acad@yandex.by)

Республика Беларусь, г. Минск,  
ул. Академика Красина, 99



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	А.Е. 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 Liu)
	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 449 экз. Цена договорная.  
Подписано в печать 15.04.2026.

Издатель: РУП «Издательский дом «Беларуская навука».  
Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.  
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №416

Отпечатано в ОАО «ГРАНСТЭКС». Лицензия 02330 от 23.01.2014. Свидетельство о ГРИРПИ № 2/37 от 29.01.2014.

© «Наука и инновации»

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

# Содержание

## ТЕМА НОМЕРА: КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИЙ

*Денис Муха*

### Значение коммерциализации результатов НТД в национальной инновационной системе ..... 4

Определена роль и организационно-экономические аспекты коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности в национальной инновационной системе на современном этапе.

*Юрий Нечепуренко*

### Стратегии коммерциализации ..... 11

Представлен алгоритм, призванный способствовать решению поставленных перед страной социально-экономических задач, связанных с повышением эффективности коммерциализации создаваемых результатов научно-технической деятельности.

*Жанна Комарова*

### Разблокировка инноваций: механизмы и преодоление системных барьеров ..... 15

Заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси Сергей Щербаков рассказывает о правоприменительной практике закупки продукции, созданной с использованием результатов научно-технической деятельности, полученных в рамках госпрограмм, за счет бюджетных средств из одного источника.

*Евгений Мальчевский*

### Коммерциализация разработок в рамках проектов МСП ..... 19

Освещены вопросы комплексной поддержки инновационной деятельности субъектов малого и среднего бизнеса на всех этапах инновационного цикла. Даны рекомендации по совершенствованию финансирования и сервисной поддержки коммерциализации результатов НТД субъектами предпринимательства.

*Антон Калинин*

### Перспективные подходы к планированию и оценке НИОКТР ..... 25

Рассмотрены концептуальные подходы использования Шкалы уровня готовности технологий, указаны предпосылки ее применения, преимущества и недостатки.

*Гордей Гусаков, Екатерина Шегидевич, Елена Степанова, Екатерина Беспалова*

### Коммерциализация результатов научных исследований в области переработки молочного сыра ..... 28

Рассмотрены актуальные вопросы коммерциализации научных разработок в молокоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь в условиях нарастающей глобальной конкуренции.

*Эрома Урбан*

### Растениеводство: от теории до экономического эффекта ..... 32

Описаны меры, предпринимаемые НПЦ НАН Беларуси по земледелию и направленные на широкое внедрение высококачественных сортов и гибридов отечественной селекции в хозяйственный оборот для обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности страны.

*Ирина Стигайло*

### От лаборатории к рынку: где теряются инновации? ..... 34

Гости научной гостиной журнала «Наука и инновации» делятся своим видением наиболее эффективных моделей сотрудничества с промышленностью, обсуждают системные барьеры, препятствующие внедрению новаций в реальный сектор экономики.

## НАУКА СО ЗНАКОМ КАЧЕСТВА

*Жанна Комарова*

### Физико-технический институт: инновации и партнерство (к 95-летию института) ..... 44

О ключевых направлениях сотрудничества с промышленностью, роли ФТИ в адаптации технологий к современным требованиям, важности интеграции научных исследований в практическую плоскость рассказывают первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси Виталий Залесский и ученый секретарь института Анна Басалай.

## ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

*Сергей Михневич*

### Искусственный интеллект: реальность и перспективы для экономического развития ..... 53

Проведен всесторонний анализ трансформационного потенциала искусственного интеллекта в контексте современного экономического ландшафта.

*Владимир Турко*

### Учет цифровой трансформации в рамках принятия международных стандартов СНС-2025 ..... 60

Представлено описание методологической базы, которая легла в основу стандартов по составлению национальных счетов в сфере цифровизации.

## ОТКРЫВАЯ СЕБЯ

*Екатерина Жарникова*

### Гармония точных наук ..... 66

Героиня рубрики «Открывая себя» рассказывает свою историю профессионального выбора, связанную с физикой в качестве сферы для самореализации.

## ЧЕРНОБЫЛЬ: 40 ЛЕТ ОСМЫСЛЕНИЯ

*Алексей Лукашевич*

### Чернобыльская авария. Причины и последствия ..... 70

На фактическом документальном материале анализируются технические и иные предпосылки самой масштабной техногенной катастрофы XX ст. Приводятся как хроника событий, так или иначе связанных с аварией на ЧАЭС, так и выводы о ее последствиях, а также перечень мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций на атомных энергоустановках.

## ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Александр Кадан, Сергей Петров, Андрей Прокопович, Олег Зеньков, Артем Стуреико*

### Автоматическая сегментация гемангиомы печени на МРТ с использованием модифицированной архитектуры U-Net ..... 78

Представлен разработанный авторами метод автоматической сегментации гемангиомы печени на магнитно-резонансных снимках, продемонстрировавший высокую эффективность и потенциал для интеграции в радиологические рабочие процессы.

*Denis Mukha*

### The importance of commercializing R&D results in the National Innovation System ... 4

The author defines the role and organizational and economic aspects of commercializing R&D results in the National Innovation System at the current stage.

*Yuri Nechepurenko*

### Commercialization strategies ..... 11

An algorithm is presented to facilitate the solution of the country's socioeconomic challenges related to higher effectiveness of commercializing R&D results.

*Zhanna Komarova*

### Unlocking innovation: the systemic barriers mechanisms and their overcoming ..... 15

Deputy Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus Sergei Shcherbakov discusses the enforcement practices for purchasing R&D products created under state programs with budgetary funds from a single source.

*Yevgeny Malchevsky*

### Commercialization of R&D results within the SME projects ..... 19

The article covers comprehensive support for the innovative activities of SME at all stages of the innovation cycle. Recommendations are provided for improving funding and service support for the commercialization of R&D results by businesses.

*Anton Kalinin*

### Promising approaches to R&D planning and evaluation ..... 25

The article considers conceptual approaches to using the Technology Readiness Scale, highlighting the prerequisites for its application, advantages, and disadvantages.

*Gordey Gusakov, Ekaterina Shegidevich, Elena Stepanova, Ekaterina Bespalova*

### Commercialization of research results in dairy processing ..... 28

The article examines current issues related to the commercialization of R&D in the Belarus' dairy processing industry in the context of increasing global competition.

*Eroma Urban*

### Crop production: from theory to economic impact ..... 32

The article describes the measures taken by the Scientific and Practical Center for Crop Production of the National Academy of Sciences of Belarus aimed at the widespread adoption of high-quality domestically bred varieties and hybrids into commercial circulation to ensure import substitution and food security for the country.

*Irina Stigailo*

### From lab to market: where are innovations lost? ..... 34

Guests at the Science and Innovation journal's scientific lounge share their views on the most effective models of cooperation with industry and discuss the systemic barriers hindering the implementation of innovations in the real economy.

*Zhanna Komarova*

### Physical-Technical Institute: innovation and partnership (on the Institute's 95th anniversary) ..... 44

First Deputy Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus Vitaly Zalesky and Scientific Secretary of the Institute Anna Basalai discuss key areas of cooperation with industry, the role of the Institute in adapting technologies to modern requirements, and the importance of integrating scientific research into practice.

*Siargei Mikhnevich*

### Artificial intelligence: reality and prospects for economic development ..... 53

The article provides a comprehensive analysis of the transformative potential of artificial intelligence within the context of the modern economic landscape.

*Vladimir Turko*

### Accounting for digital transformation in the context of adopting the System of National Accounts SNA 2025 ..... 60

The article provides a description of the methodological foundations that formed the basis for the national accounts standards development in the field of digitalization.

*Ekaterina Zhamnikova*

### Harmony of the exact sciences ..... 66

The featured guest in the "Discovering yourself" column tells the story of her career choice, which revolves around physics as a field for self-realization.

*Alexey Lukashevich*

### The Chernobyl disaster. Causes and consequences ..... 70

Using actual documentary material, the technical and other preconditions for the largest 20th century man-made disaster are analyzed. There is provided a chronicle of events related to the Chernobyl accident, conclusions about its consequences, and a list of scientifically based measures for preventing emergencies at nuclear power plants.

*Alexander Kadan, Sergey Petrov, Andrey Prokopovich, Oleg Zenkov, Artem Stureiko*

### Automated segmentation of liver hemangiomas on MRI using a modified U-Net architecture ..... 78

The paper presents a method developed by the authors for automatic segmentation of liver hemangiomas on magnetic resonance images, demonstrating high efficiency and potential for integration into radiology workflows.

# Значение коммерциализации результатов НТД в национальной инновационной системе



**Денис Муха,**  
директор Института экономики  
НАН Беларуси, кандидат  
экономических наук,  
доцент

В широком смысле под коммерциализацией понимают деятельность, осуществляемую секторами экономики – государством, предприятиями или организациями, физическими (частными) лицами, по извлечению природных благ, производству или приобретению и продаже товаров или оказанию услуг в обмен на другие товары, услуги или денежные средства и приводящую к взаимной выгоде заинтересованных участников сделки [1].

Зачастую она отождествляется с коммерческой деятельностью. Выделяют три ее основных компонента: выпуск продукции и оказание услуг, коммерцию (торговлю) и посредничество. Основу данного процесса составляет государственная или частная собственность на предметы потребления и средства производства как взаимосвязанные компоненты экономических отношений.

Термины «коммерциализация результатов НТД», «коммерциализация научно-технических разработок», «коммерциализа-

ция НИОКР» (то есть речь может идти о любой фазе инновационного процесса) все чаще используются специалистами. Смысл этих понятий может рассматриваться в диапазоне от теоретических изысканий до практического опыта. Вместе с тем фокус дефиниции является взаимным переплетением двух терминов – реализации и коммерции [2].

Общая трактовка подразумевает конечную цель – получение дохода (прибыли). В данном случае имеются в виду продукты научной, исследовательской, образовательной, инновационной и других видов деятельности,

что соответственно обуславливает выделение термина «результаты научной и научно-технической деятельности». Существует большое количество его определений в научной литературе. Представляется обоснованной точка зрения, в соответствии с которой «...коммерциализация инновационных разработок – это прежде всего практическое использование результатов таких разработок в целях извлечения прибыли» [3].

Наиболее подробно данное понятие анализирует в своих работах Ю.В. Нечепуренко, отмечая, что конечная цель приме-

нения ноу-хау – получение прибыли от деятельности, которую можно направить на решение уставных задач вузов и организаций, а также выпуск мелкосерийной и малотоннажной наукоемкой конкурентоспособной продукции научно-инновационными предприятиями. По мнению автора, этот сложный процесс включает последовательно-параллельное осуществление большого количества операций, наиболее важные из которых – маркетинговые и патентные исследования, выбор стратегии, формирование портфеля, способа правовой охраны, введения объекта интеллектуальной собственности (ОИС) в гражданский оборот и его реализация [4].

Коммерциализация результатов научной и научно-технической деятельности существенно отличается от введения в гражданский оборот обычного товара или услуги. Результатом первой является охраноспособная научно-техническая продукция: изобретение, полезная модель, промышленный образец и др., включая единую технологию; это объекты гражданско-правовых отношений.

Приоритетное значение фундаментальной науки, включая вузовскую, в развитии инновационных процессов определяется тем, что она выступает в качестве генератора идей, открывает пути в новые области знаний. Однако положительный выход фундаментальных исследований в мировой науке составляет 5–8%, поэтому заниматься такими работами могут только крупные корпорации, учреждения высшего образования с соответствующей научно-технологической базой и научно-исследовательские центры мирового значения [5]. Финансирование должно поступать из

бюджета на конкурсной основе с привлечением внебюджетных и иных источников.

Всех участников процесса коммерциализации можно разделить на две основные категории – создатели результатов НТД и их покупатели (инвесторы) (рис. 1). Важно отметить еще один сегмент, выступающий посредником между ними, – это инновационная инфраструктура, включающая технопарки, центры трансфера технологий, фонды, центры коммерциализации, бизнес-инкубаторы, консалтинговые компании и др. Все перечисленные субъекты оказывают услуги различного характера (консультационные, юридические, брокерские), включающие работу с объектами интеллектуальной собственности разработчиков (защиту и продвижение на рынок) [2].

В процессе введения результатов НТД в рыночный оборот постепенно формируется важный элемент – механизм коммерциализации, представляющий собой синтез экономического и правового аспектов и включающий как объективную составля-

ющую, являющуюся экономической категорией, так и субъективную (комбинация «пучка» прав собственности в соответствии с подходами классиков неоинституционализма Д. Норта и Р. Коуза) в различных сочетаниях в зависимости от институциональной сферы регулирования экономических и правовых отношений.

Условием эффективности при этом выступает обеспечение непрерывного процесса продвижения интеллектуального продукта по всему инновационному циклу: фундаментальные исследования (генерация идей) – НИР – НИОКР – опытное производство – привлечение инвестора – серийный выпуск – введение товара на рынок – покупатель [6].

Стоит отметить возникающие при этом трудности, вследствие которых цепь зачастую прерывается на стадии опытной разработки или внедрения. Непрерывность процесса может быть достигнута за счет создания благоприятных условий для осуществления идеи, и это можно рассматривать как коммерциализацию результатов НТД уже



Рис. 1. Классификация участников процесса коммерциализации результатов НТД  
Источник: авторская разработка

с момента ее реализации, то есть с начальной стадии, когда инвестиции поступают в основном из бюджета. Государство заинтересовано в том, чтобы как можно быстрее получить отдачу, однако инструменты и подходы, используемые им для ускорения, существенно отличаются от применяемых коммерческими структурами. Основные факторы, способствующие внедрению новинки в рамках национальной инновационной системы, должны определить следующие направления регулирования:

- *содействие становлению новых форм хозяйствования, в том числе инфраструктуры, которую формируют различные фонды и организации, объединяющие науку и производство;*
- *поддержка и стимулирование интеллектуального потенциала общества путем выработки адекватных мер поощрения интеллектуального творческого труда.*

## Коммерциализация результатов НТД

Данный процесс включает несколько последовательных этапов (стадий) (рис. 2).

На первом оцениваются и отбираются наиболее перспективные с коммерческой точки зрения идеи для последующего выведения их на рынок. Это происходит в том случае, если организация создает несколько инноваций одновременно. Данная оценка реализуется посредством проведения экспертизы по следующим критериям: востребованность результатов НТД на рынке в целом и у покупателя (на определенном сегменте рынка); потенциальная экономическая результативность (статический и дина-

мический сроки окупаемости, чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, индекс рентабельности и т.д.).

Второй этап подразумевает аккумуляцию финансовых и инвестиционных ресурсов. Поскольку только некоторые предприятия располагают достаточным объемом средств, основная задача компаний – привлечение инвесторов.

На третьем этапе закрепляются права собственности на созданные результаты научной и научно-технической деятельности с их последующим распределением между всеми участниками.

На четвертом организуется разработка нововведений, внедрение их в производство и, если необходимо, дальнейшее усовершенствование [2]. Этой стадии развитые страны уделяют все больше внимания, правомерно считая, что одних усилий по наращиванию НИОКР недостаточно для успешной производственной деятельности. В постиндустриальной экономике каждый продукт на любой фазе инновационного цикла может быть трансформирован в товарную форму и продан на рынке.

Создание и коммерциализация результатов НТД – инвестиционный по своей экономической природе процесс. Движущей его силой является соответствие коммерческой отдачи ожиданиям

инвестора. Основными критериями, на основании которых он принимает решение, выступают показатели экономической эффективности инвестиций [7]. Следовательно, очень важна согласованность действий, совершаемых государством и коммерческими структурами. Следует отметить, что есть проекты, цель которых – достижение имиджевых, маркетинговых, социальных, политических и других целей. В этом случае потребуются особые системы оценок результативности.

## Формы коммерциализации результатов НТД

В ходе исследования установлены наиболее распространенные формы использования результатов НТД: собственная хозяйственная деятельность (капитализация) и хозяйственный/коммерческий оборот (коммерциализация). В мировой практике выделяют следующие формы коммерциализации результатов НТД: вклад в уставный капитал, коммерческая концессия, залог при получении кредита, инжиниринг, промышленная кооперация, применение ОИС в рамках совместных предприятий, техническая помощь, франчайзинг (франшизинг), передача прав на результаты НТД, лизинг, финансовая аренда.



Рис. 2. Схема процесса коммерциализации результатов НТД  
Источник: авторская разработка

Классификация по признаку цели и сферы задействования разработок представлена на рис. 3. Весьма эффективен, но, к сожалению, мало распространен из-за недостаточной проработанности теоретических положений лизинг ОИС. В условиях заявленного курса на модернизацию экономики страны он становится не только востребованным, но и эффективным и доступным инструментом финансирования для многих малых и средних организаций. В силу специфики лизинговых схем требования к получателям средств гораздо ниже, чем, например, при выдаче кредита. По этой причине целесообразна проработка как теоретической, так и практической базы лизинга прав на ОИС [2].

### Способы коммерциализации результатов НТД в организации

Для инновационных структур важным аспектом в процессе рыночной реализации результатов НТД является выбор способа коммерциализации. Каждая разработка по-своему уникальна и предназначена для решения определенных задач, в связи с этим предприятиям необходимо серьезно подходить к данным вопросам. Индивидуальность производимых продуктов или услуг диктует организациям необходимость формирования собственного подхода к данному процессу. Международный опыт выделяет три базовых способа: самостоятельное использование результатов НТД, переуступка части прав и полная передача прав (таблица).

Все они предоставляют активным компаниям хорошие воз-



Рис. 3. Формы коммерциализации результатов НТД  
Источник: авторская разработка

Способ коммерциализации результатов НТД	Достоинства	Недостатки
Самостоятельное использование результатов НТД	В случае эффективной организации производства и успешного продвижения на рынок вероятно получение высоких доходов Полное владение правами на результаты НТД	Необходимы собственные финансовые ресурсы для коммерциализации Более высокие риски, которые несет создатель результатов НТД
Переуступка части прав на результаты НТД	Использование рыночного потенциала других компаний Формирование собственного товарного знака Финансирование со стороны заказчика Меньшие риски и затраты на коммерциализацию	Меньшая доходность для создателя результатов НТД Риск нарушения авторских прав лицензиатом Более высокая вероятность появления контрафактных изделий
Полная передача прав на результаты НТД	Минимум риска и затрат для создателя результатов НТД Возможность получения значительного дохода в случае высокой значимости результатов НТД	Возможность недооценки результатов НТД и недополучения доходов Риск усиления конкурентов, которые могут вытеснить создателя результатов НТД из его области деятельности

Таблица. Характеристика достоинств и недостатков различных способов коммерциализации результатов НТД. Источник: [8]

можности для реализации их изобретений, которые можно самостоятельно провести на рынок через все стадии процесса коммерциализации. Если новше-

ством выступает оборудование, то после начала его создания вполне реально не только получать доход (прибыль) от его продажи, но и сдавать в лизинг.

Если результат НТД связан с модификацией процессов производства, перспективно оказывать различные услуги другим организациям (инжиниринговые и т.д.). Инновационная структура при этом может как продать лицензию, так и предоставить ноу-хау другому субъекту на основе франчайзинга (франшизинга) [2].

При этом необязательно сосредоточиваться исключительно на каком-то одном варианте. Так, например, можно наладить выпуск продукции в своей стране и одновременно реализовать лицензию за рубежом. Единственный недостаток при этом – убыточность подобного решения для предприятия.

При самостоятельном использовании ноу-хау необходимы существенные финансовые, трудовые и временные ресурсы. Значительное увеличение доли рынка и возврат инвестиций допустимы только в случае долгосрочной или среднесрочной перспективы. Существует риск, что товар или услуга не будут востребованы потенциальными потребителями даже при самом эффективном производстве.

При выборе переуступки части или полной передаче прав на интеллектуальную собственность можно вернуть затраченные средства в наиболее краткосрочном периоде. При торговле лицензией организация уступает часть рынка лицензиату, но приобретает стабильный невысокий доход в виде роялти и специальные возможности по рыночному продвижению инновации, включая новые бизнес-пространства за счет обладателя лицензии. Исходя из предположения, что получение выручки и прибыли – главная цель любого субъекта хозяйствования, важной задачей для него при исследовании способов введе-

ния научных разработок в практику необходимо считать определение предполагаемых доходов и расходов (рис. 4).

При полной продаже всех прав на результаты НТД предоставляется возможность получить высокий доход, который сопоставим со средствами, поступившими от собственного производства, но предприятие при этом будет вынуждено изменить сферу своей деятельности, потому что прав на применение собственных изобретений у нее не останется.

Безусловно, наиболее высокий доход компания получит при

самостоятельной работе (к примеру, при учреждении нового или совершенствовании действующего подразделения). Однако этот способ достаточно затратный, так как включает организацию и поддержку выпуска продукции, возможную ее доработку, маркетинговые исследования, рекламные кампании и т.д. [6].

Передача части прав дает организации относительно более низкий доход по сравнению с другими способами коммерциализации в связи с тем, что можно получить только часть прибыли, которая аккумулируется у лица,

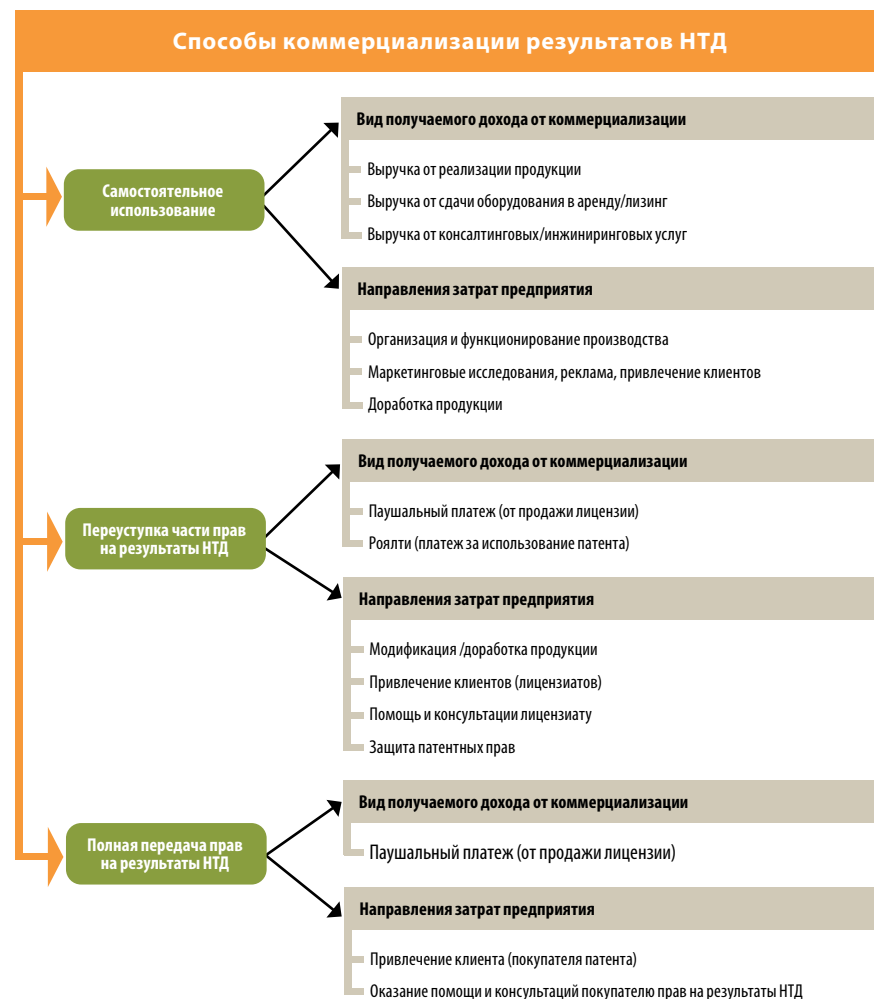


Рис. 4. Доходы и расходы организации при различных способах коммерциализации результатов НТД. Источник: авторская разработка

покупающего лицензию. Затраты при этом будут не слишком велики, однако бывают и исключительные случаи. Главные статьи расходов в таких вариантах объединены с поиском и привлечением клиентов, а в настоящих условиях может их не оказаться, в связи с чем компания должна быть готова потратить значительную сумму на поиск зарубежных покупателей [8].

## Роль государства

В процессе создания и коммерциализации результатов НТД роль государства сводится к управлению экономическими процессами, в значительной степени влияющими на эффективность инвестиций. Целью при этом является обеспечение долгосрочного роста, в том числе приводящего к увеличению благосостояния и качества жизни населения, а также поступлений в бюджет налогов, сборов, платежей. В процессе внедрения разработок государство управляет рисками, эффективностью инвестиций, временем реализации проекта, выступая на начальных стадиях жизни инновационного продукта основным (часто единственным) инвестором. Отсутствие коммерческих вливаний объясняется тем, что инвесторы оценивают проект как неэффективный (из-за недостаточной проработки бизнес-идеи, неясности восприятия рынком создаваемого ноу-хау и т.д.) [7].

Для раскрытия механизмов данного процесса необходимо рассматривать его с инвестиционных позиций, с точки зрения привлекательности для коммерческого сектора.

Государственные средства играют определяющую роль на начальных этапах жизни инно-

вации. Финансируемые фундаментальные и прикладные научные исследования – это научная и техническая база для эффективных проектов. На последующих этапах жизненного цикла изобретения, когда становится более понятна величина капитальных вложений и денежная составляющая, возрастает роль коммерческих структур [2].

Повысить эффективность инвестиций в инновационный проект можно за счет:

- **снижения капитальных затрат** инвестора путем финансирования стартапа на ранних стадиях; субсидирования инновационных инвестиций и т.д. Следует отметить важность данного государственного управляющего воздействия, так как в этом случае инвестор получает существенный, пролонгированный эффект, позволяющий значительно ускорить процесс коммерциализации результатов НТД;
  - **сокращения текущих затрат** инвестора путем предоставления льгот и преференций (налоговых, таможенных и т.д.); субсидирования предприятий; упрощения административных процедур (регистрационных, найма иностранных специалистов) и др. [9]. Это будет эффективно для инвестора, если срок действия решений – более 5 лет (создание особых (свободных) экономических зон);
  - **увеличения продаж** в результате госзакупок.
- Государство обеспечивает снижение норматива эффективности инвестиций путем:
- **снижения инвестиционных рисков** за счет предоставления долгосрочных гарантий

инвесторам в части льгот и преференций; включения в план госзакупок данной инновационной продукции; обеспечения предсказуемости, понятности, легкости расчетов налоговых и прочих льгот и преференций, субсидий и т.д.; устранения противоречий в национальном законодательстве; повышения степени защиты прав инвесторов, в особенности прав собственности, и т.д.;

- **уменьшения стоимости финансовых ресурсов** за счет повышения кредитного рейтинга страны; регулирования банковской деятельности; субсидирования процентных ставок по кредитам; снижения уровня инфляции и т.д.

Следующее направление – управление временем реализации инновационного проекта. В том, чтобы он вошел в стадию коммерциализации как можно быстрее, государство практически всегда заинтересовано, так как это главное условие научно-технического прогресса общества и гарантия возвращения бюджетных средств (за счет налоговых и иных поступлений от бизнеса), вложенных в фундаментальные и прикладные исследования.

Полученные финансовые средства можно направить на финансирование новых исследований и разработок, ускоряя таким образом процесс воспроизводства передовых позиций на рынке. Достичь цели можно за счет облегчения доступа к научной, технической, коммерческой, финансовой информации; пользования производственными, финансовыми, консалтинговыми, информационными и другими ресурсами и услугами (например, через колл-центры);

процедуры регистрации инновационных компаний, патентования, лицензирования, сертификации и т.д. (путем формирования инфраструктуры, в частности бизнес-инкубаторов).

Важно уделять особое внимание вопросу организации эффективных процедур сертификации инновационной продукции. Это вызвано тем, что достаточно часто она не имеет аналогов, а следовательно, для нее могут отсутствовать утвержденные методики, процедуры, параметры сертификации. Как следствие, коммерческие инвесторы несут значительные временные и финансовые затраты, связанные с получением соответствующих сертификатов, без наличия которых невозможен выход товара на национальный рынок.

Для повышения результативности процесса государство не должно ориентироваться на получение коммерческого дохода от своих инвестиций. Чем он выше, тем ниже эффективность коммерческих инвестиций. Это приводит к тому, что начало введения новинки в гражданский оборот отодвигается на более поздние сроки.

Государство всегда обладает ограниченными финансовыми возможностями, что требует концентрации усилий на наиболее перспективных направлениях. В этой связи целесообразно инвестировать в первую очередь в инновационные проекты высокой стадии готовности, которые благодаря вливаниям становятся инвестиционно и коммерчески привлекательными. Такие проекты должны получать самый высокий приоритет господдержки, что позволит значительно ускорить процесс внедрения и не распылять бюджетные средства.

Наибольшее значение для инвестора имеет господдержка, дающая долгосрочный (продолжительный) эффект. Как правило, экономия инвестора на текущих расходах, полученная только в одном году, не позволяет сделать проект прибыльным [10].

Создание и коммерциализации результатов НТД – процесс многоэтапный. На одном из них, в зависимости от специфики конкретного стартапа, партнером государства становится бизнес-партнер, заинтересованный в продвижении на рынок инновационного продукта. Чем больше доля коммерческих инвестиций в проекте, тем выше вероятность его эффективного завершения, вследствие чего такого рода инициативы должны получать приоритетное финансирование (до времени выхода проекта на окупаемость) [2].

Обозначим следующие основные экономические принципы регулирования процессов в данной области:

- минимизация получения государством коммерческого дохода (доход от продажи принадлежащих ему прав) от своих инвестиций в создание разработок;
- приоритет управленческим решениям, дающим долгосрочный эффект (компенсации инвестиционных затрат, долгосрочных налоговых и т.п. преференций над краткосрочными, долгосрочного субсидирования над краткосрочным); выводящих компанию (продукт, товар, услугу) в зону прибыльности;
- благоприятствование проектам с большей долей частных инвестиций.

Концентрация усилий государства в данных направлениях, нацеленных на повышение эффективности инвестиций, снижение рисков и сокращение времени реализации передовых проектов, позволяет существенно ускорить инновационное развитие страны. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аванесов Ю.А. Основы коммерции на рынке товаров и услуг / Ю.А. Аванесов, А.Н. Ключко, Е.В. Васькин. – М., 1995.
2. Совершенствование механизма коммерциализации инноваций в Беларуси с учетом опыта Китая / В.И. Бельский [и др.]; под ред. В.И. Бельского, Д.В. Мухи; НАН Беларуси, Ин-т экономики. – Минск, 2019.
3. Кастальский В.Н. Коммерциализация инновационных разработок стартапами / В.Н. Кастальский // Результаты интеллектуальной деятельности: проблемы коммерциализации: круглый стол; отв. ред. Л.А. Новоселова, В.С. Ламбина. – М., 2014. С. 112–116.
4. Нечепуренко Ю.В. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности: научно-практическое пособие / Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2012.
5. Долгов С.И. Глобализация экономики: новое слово или новое явление / С.И. Долгов. – М., 2016.
6. Муха Д.В. Специфика механизма коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности в Республике Беларусь и направления его совершенствования / Д.В. Муха // Организационно-правовые основы контрактной системы в сфере исследований и разработок / Н.С. Минько [и др.]: под ред. Д.В. Шаблинской, В.К. Ладутько, М.Н. Сатолиной. – Минск, 2020. С. 155–178.
7. Муха Д.В. Эффективность привлечения прямых иностранных инвестиций в Республику Беларусь / Д.В. Муха // Белорусский экономический журнал. 2013. №1. С. 46–63.
8. Ляшин А. Стратегии коммерциализации инноваций – мост между инноватором и бизнесом / А. Ляшин // Экономика и жизнь. М., 2011. №36 (9402).
9. Муха Д.В. Эффективность реализации инвестиционной политики в интересах устойчивого развития / Д.В. Муха // Вестник Института экономики НАН Беларуси. Вып. 6. 2023. Doi:10.47612/2789-5122-2023-6-9-18. С. 9–18.
10. Кудашов В.И. Интеллектуальная собственность: экономические и организационно-правовые механизмы управления / В.И. Кудашов, Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2013.

# Стратегии коммерциализации

Для повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей на внутреннем и внешнем рынках большое значение имеют объекты интеллектуальной собственности (ОИС). Согласно новой редакции Указа Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 г. №59 «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств» под ней подразумевают «введение в гражданский оборот и (или) использование для собственных нужд результатов НТД или товаров (работ, услуг), создаваемых (выполняемых, оказываемых) с применением данных результатов, обеспечивающих достижение экономического и (или) социального эффектов» [1]. А поскольку к таким результатам отнесены все ОИС и документированная научно-техническая информация, данная дефиниция в полной мере касается их также [2].



**Юрий Нечепуренко,**  
начальник научно-инновационного отдела  
НИИ физико-химических  
проблем БГУ, кандидат  
химических наук

Сформирована соответствующая инфраструктура для введения инноваций в гражданский оборот [3], которое может осуществляться путем:

- *использования в собственном производстве (или для собственных нужд);*
- *предоставления прав на использование ОИС по лицензионным договорам, договорам о передаче сведений, составляющих секреты производства (ноу-хау и договорам комплексной предпринимательской лицензии (франчайзинга));*
- *формирования уставного капитала юридического лица посредством внесения в качестве неденежного вклада стоимости имущественных прав на ОИС;*
- *залога и уступки прав на них [4].*

Прежде чем приступить к коммерциализации новшеств, необходимо выполнить 5 условий:

- *документально подтвердить факт их появления;*
- *иметь права на эти результаты;*
- *оценить конкурентоспособность наукоемкого (высокотехнологичного) продукта, полученного с помощью результатов НТД;*
- *оценить стоимость прав на них;*
- *отразить ее в бухгалтерском учете.*

Первое условие предполагает, что инновация должна быть описана в объеме, достаточном для ее практического воплощения, либо материализована каким-либо известным способом. Наличие прав на результаты НТД, в том числе содержащие объекты интеллектуальной собственности, требует документального подтверждения в виде: договора на создание научно-технической продукции; соглашения с государственным заказчиком или иным распорядителем бюджетных средств на проекты, реализованные за счет государства; научно-технической и бухгалтерской документации организации, подтверждающей вложение собственных ресурсов; охранного документа (патента, свидетельства); лицензионного договора на право использования ОИС, если оно приобретено у третьих лиц; договора уступки прав; иного соглашения, подтверждающего права на результаты изысканий.

Конкурентоспособность соответствующего продукта оценивается в ходе проведения маркетинговых и патентных исследований для установления экономической целесообразности выведения его на рынок. Анализ стоимости прав, в том числе на ОИС, проводится в соответствии с Указом Президента от 13.10.2006 г. №615 «Об оценочной деятельности в Республике Беларусь» [5], государственным стандартом СТБ 52.5.01-2011 «Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка объектов интеллектуальной собственности» [6] и другими нормативными правовыми актами.

Отражение стоимости прав в учете в качестве нематериальных активов необходимо для дальнейшего эффективного управления

ими в целях снижения налогооблагаемой базы, проведения грамотной амортизационной политики, а также для увеличения капитализации.

Более подробно условия, требуемые для коммерциализации, описаны в [2]. Выбор пути продвижения на рынок – центральный элемент экономической политики, направленной на создание конкурентных преимуществ товаров и услуг. При определении тактики здесь можно прибегнуть к трем основным подходам: введение в гражданский оборот собственными силами; передача коммерческим структурам (различные варианты); совместная работа по внедрению.

Для коммерциализации охраноспособных результатов НТД из 7 базовых стратегий [7, 8] могут быть использованы 5: оборонительная (защиты); патентно-лицензионная; формирования уставного капитала; оптимизации финансово-хозяйственной деятельности; мотивационная.

С помощью оборонительной стратегии (или стратегии защиты) получают большое количество патентов на объекты промышленной собственности, образуя так называемую патентную сеть в качестве превентив-

ной меры для предотвращения конфликтных ситуаций и судебных разбирательств при выведении нового товара на рынок. Сторонники данного подхода генерируют целый блок патентных заявок в сегменте рынка, где они осуществляют свои основные функции, обеспечивая охрану как базовых, так и последующих изобретений и возможность дальнейшего совершенствования и расширения применения новшеств, имеющихся в портфеле. Таким образом, выводимая на рынок продукция должна быть максимально защищена с помощью патентного права. В качестве примера можно привести опыт университетов и научных организаций Министерства образования Республики Беларусь, которые в рамках государственных программ разработали около 20 новых лекарственных препаратов, выпуск которых освоен в РУП «Белмедпрепараты», ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», УП «Унитехпром БГУ» и др. (рис. 1). Субстанции и медпрепараты были защищены патентами на изобретения в 25 странах дальнего зарубежья (США, ЕС, Канада, Япония, Индия и др.), 6 – в странах СНГ, 17 – в нашей стране и 13 товар-



Рис. 1. Промышленно выпускаемые лекарственные препараты, охраняемые изобретениями и товарными знаками

ными знаками. Импортзамещение составило более 40 млн долл. Другой пример – опыт НИИ физико-химических проблем БГУ, на опытно-промышленной базе которого внедрен 41 объект промышленной собственности (изобретения, товарные знаки и секреты производства (ноу-хау)), выпущено и отгружено потребителям наукоемкой товарной продукции на сумму в эквиваленте около 1,5 млн долл.

Оборонительная стратегия является одной из базовых для белорусских производителей. Она должна быть в полной мере воплощена на собственном рынке, а также при выводе высокотехнологичной наукоемкой продукции за рубеж. В последнем случае возможно совместное патентование с партнерами из других стран. Например, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой совместно с французской фирмой запатентовали изобретение «Способ определения характеристик перегонки жидких нефтепродуктов посредством мини-экспресс-перегонки и устройство для его осуществления» в 13 странах мира. Оно было реализовано в приборах, которые успешно продаются в Восточной и Западной Европе, США, Азии,

Африке и Южной Америке. Платежи университету за совместное использование разработки составили 1,2 млн евро.

Патентно-лицензионная стратегия направлена на получение правообладателем дополнительного финансового дохода от лицензионных сделок, а лицензиатом – конкурентных преимуществ за счет приобретения предмета лицензии и быстрого выхода на рынок. Применение данной концепции белорусскими субъектами хозяйствования может быть двояким. С одной стороны, имея сильные патенты, они могут иметь поступления в виде лицензионных платежей от проданных лицензий, с другой – для повышения конкурентоспособности часто целесообразно закупать лицензии у ведущих мировых производителей. Организации НАН Беларуси в 1994–2024 гг. заключили и зарегистрировали в национальном патентном ведомстве 968 лицензионных договоров, а также 235 – в Российской Федерации на право использования 6 видов объектов промышленной собственности. По данным годовых отчетов Академии наук, лицензионные поступления за последние 15 лет составили в эквиваленте более 7 млн долл.

ЗАО «Милавица» заключило в России более 20 договоров на право использовать международную регистрацию №815898 знака MILAVITSA; ОАО «Минский тракторный завод» – 24 лицензионных договора на право использования российскими производителями всемирно известного товарного знака БЕЛАРУС (регистрация №145729) (рис. 2).

Стратегия формирования уставного капитала предприятия позволяет вносить исключительные права на ОИС, принадлежа-

щие юридическим или физическим лицам, в качестве неденежного вклада в уставный фонд СП. Такой подход широко распространен за рубежом, и к нему могут обратиться наши субъекты хозяйствования, не располагающие значительными средствами, чтобы занять на рынке активную позицию с точки зрения платежности, ликвидности и кредитоспособности, а также преодолеть таможенные барьеры при выходе продукции за рубеж. В соответствии со ст. 29 Закона Республики Беларусь «О хозяйственных обществах» [9] вкладом в их уставный фонд могут быть имущественные права, имеющие денежную оценку, однако их объем не может превышать 50% от предусмотренного законодательством минимального размера. Это очень эффективно для белорусских субъектов при расширении бизнеса за рубежом путем организации совместных производств, как это сделали ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга, холдинг «Гомсельмаш» в странах СНГ, Китае, Венесуэле и других государствах, когда неденежным вкладом в уставный капитал стали права на ОИС. Другой пример иллюстрирует возможности, связанные с научно-образовательной сферой: в 2011 г. при учреждении ЗАО «Брестский научно-технологический парк» Брестский государственный технический университет внес в качестве взноса стоимость прав на два объекта промышленной собственности и стал соучредителем.

Стратегия оптимизации финансово-хозяйственной деятельности позволяет за счет операций с нематериальными активами



**БЕЛАРУС**

Рис. 2. Товарные знаки СП ЗАО «МИЛАВИЦА» и ОАО «Минский тракторный завод», права на использование которых предоставлены российским производителям

снижать величину налогооблагаемой базы, а именно использовать предоставленные Налоговым кодексом Республики Беларусь льготы по уплате налогов на добавленную стоимость и прибыль при поступлении лицензионных платежей при условии наличия обособленного учета ОИС.

Эффективно задействовал данный подход НИИ ФХП БГУ, в котором в 2012–2025 гг. принята к учету в качестве нематериальных активов стоимость прав на 209 объектов интеллектуальной собственности и результаты НТД. По законодательству льгота по уплате налогов на добавленную стоимость и прибыль при налогообложении лицензионных платежей составила за этот период в эквиваленте более 90 тыс. долл., которые направили на решение уставных задач института и поощрение авторов.

Мотивационная стратегия предполагает использование ОИС в управлении людскими ресурсами в качестве средства мотивации творческой деятельности работников и позволяет на регулярной основе стимулировать их на создание и продвижение новшеств. Беларусь имеет достаточно развитую законодательную базу для практического воплощения данного подхода национальными субъектами хозяйствования. К примеру, это дало возможность университетам и научным организациям Министерства образования выплатить за последние 10 лет вознаграждения авторам за создание и использование объектов промышленной собственности в сумме около 200 тыс. руб. и 1 млн руб. соответственно, то есть соотношение составило 1:5, а в Полоцком государственном университете им. Евфросинии Полоцкой и НИИ ФХП БГУ – 1:10.

При выводе продукта на рынок можно рассматривать все описанные выше стратегии управления ИС, а также их комбинации. На выбор той или иной из них влияют следующие факторы: источники финансирования, которые в значительной степени определяют владельца прав разработок и, как следствие, формируют схемы, по которым следует коммерциализация; наличие собственной производственной базы, инфраструктуры (маркетинг, инжиниринг, консалтинг и др.) и квалифицированного персонала; экономическая целесообразность, подтвержденная бизнес-планами, и т.д. [2].

В последние годы Республика Беларусь предпринимает большие усилия по формированию благоприятных условий для перехода экономики на инновационный путь развития. Страна

в значительной мере сохранила кадровый и научно-технический потенциал, который позволяет создавать большое количество результатов научно-технической деятельности. В то же время особое значение приобретает способность доводить их до рынка, повышая конкурентоспособность продукции отечественных производителей. Свою роль в решении этой задачи должен сыграть и научно-образовательный сектор. Однако в целом процесс введения в гражданский оборот ОИС проходит болезненно, что связано как с объективными, так и субъективными факторами. Решению поставленных перед государством социально-экономических задач поспособствует алгоритм, направленный на повышение эффективности коммерциализации инноваций. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств / Указ Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 г. №59: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 18.06.2018 г. №240 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p31300059>.
2. Нечепуренко Ю.В. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь / Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2019.
3. Нечепуренко Ю.В., Нехорошева Л.Н. Инфраструктура в сфере интеллектуальной собственности как составная часть инновационной инфраструктуры в Республике Беларусь // Право интеллектуальной собственности. 2021. №3. С. 28–31.
4. Нечепуренко Ю.В. Управление интеллектуальной собственностью (краткий курс): пособие для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-26 81 02 «Инновационный менеджмент» / Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2020.
5. Об оценочной деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь от 13.10.2006 г. №615: с изм. и доп. // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p30600615>.
6. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 52.5.01-2011 «Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости объектов интеллектуальной собственности». – Минск, 2011.
7. Нечепуренко Ю.В. Управление интеллектуальной собственностью в научно-образовательной сфере / Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2009.
8. Кудашов В.И., Нечепуренко Ю.В. Интеллектуальная собственность: экономические и организационно-правовые механизмы управления: монография / В.И. Кудашов, Ю.В. Нечепуренко. – Минск, 2013.
9. О хозяйственных обществах: Закон Республики Беларусь от 9.12.1992 г. №2020-XII (в ред. Закона Республики Беларусь от 10.01.2006 г. №100-З, с изм. и доп.) // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19202020>.

# Разблокировка ИННОВАЦИЙ:

## механизмы и преодоление системных барьеров



Коммерциализация результатов научных исследований остается одной из ключевых задач национальной инновационной политики. Государство ежегодно инвестирует значительные средства в выполнение научных и научно-технических программ, однако превращение разработок в серийную продукцию и их реальное освоение в промышленности требует не только научных компетенций, но и эффективных институциональных механизмов. Одним из них стало постановление Совета Министров Республики Беларусь №169 от 12.03.2024 г., разрешающее закупку продукции, созданной с использованием результатов научно-технической деятельности, полученных в рамках госпрограмм, за счет бюджетных средств из одного источника. Несмотря на первоначальный скепсис научных организаций и предприятий в отношении новой нормы, практика показала, что этот механизм способен существенно повлиять на скорость внедрения инноваций, конкурентную среду и эффективность использования бюджетных средств. О предпосылках его появления, особенностях правоприменения и перспективах масштабирования мы беседуем с заместителем Председателя Президиума НАН Беларуси, доктором физико-математических наук, профессором Сергеем Щербаковым.

*Сегодня нередко звучит мнение о том, что существующая система регулирования, функционирования и коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности требует кардинального пересмотра. Насколько это справедливо?*

– Полагаю, что именно кардинального пересмотра не требуется. Это действенная система, содержащая достаточный набор инструментов для продвижения результатов научных исследований в экономику. Дело скорее не в ее несовершенстве, а в том, насколько эффективно ею пользуются научные организации, а также иные участники инновационного процесса.

*В чем, на ваш взгляд, основная причина того, что институт коммерциализации не работает в полную силу?*

– Неравнозначность научной разработки и рыночного продукта – одно из главных препятствий в данном процессе. Это характерно для всех стран. Важно признание науки движущей силой производства и – не менее ценно – умение использовать ее достижения. Вот тут и возникает ряд противоречий. Напри-

мер, кто именно должен обеспечивать путь от идеи до рынка: разработчик, производитель или продавец? Это один субъект, выполняющий все функции одновременно, или, как гласит классическая экономическая теория, должно быть разделение труда? К сожалению, реальность такова, что зачастую на организации, получающие бюджетное финансирование на разработку, ложится бремя как ее создания, так и выпуска соответствующего продукта, вывод его на рынок. Иногда это становится чрезмерной нагрузкой на ученых, в результате чего страдает качество каждого этапа, возникают противоречия между участниками инновационной цепочки, если их несколько. Как результат, разработчики считают, что промышленность не готова к внедрению их новых решений, например, по причине отсутствия квалифицированных кадров или неразвитой технологической инфраструктуры. В свою очередь производители порой заявляют, что им не предоставляют завершенных изделий, технологий «под ключ», пригодных к внедрению без значительных доработок. У организаций, занимающихся сбытом, свои аргументы. Они прежде всего заинтересованы в готовом конкурентоспособном товаре и не хотят брать на себя риски технологической неопределенности.

Налицо не всегда полная связь между тремя ключевыми функциями: генерацией знания, производством и рыночной реализацией инновационной продукции. Очевидно, без четкой мотивации к взаимодействию система может давать сбои, работать с определенными проволочками и недоверием между задействованными субъектами.

■ *Разве пробел только в институциональном «разделении ролей»?*

– Коммерциализация должна быть системной, а не эпизодической, и, соответственно, распределение функций и формирование устойчивых кооперационных связей – важнейший фактор. Разработчик должен сосредоточиться на создании конкурентной технологии, товара, производитель – на эффективном масштабировании, а продавец – на рыночном продвижении. Но для этого нужны инструменты, стимулирующие взаимодействие, снижающие транзакционные издержки, минимизирующие риски для всех сторон.

■ *Насколько повлияло на данную ситуацию постановление №169, п. 1.9 которого гласит, что при осуществлении государственных закупок заказчик вправе провести процедуру закупки из одного источника работ и услуг, произведенных с применением результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ и инновационных проектов, созданных в рамках различных госпрограмм?*

– Ранее даже при наличии готового инновационного товара, созданного за государственные средства, организация сталкивалась с необходимостью проходить конкурентные процедуры в виде тендеров наравне с коммерческими поставщиками, в том числе крупнейшими зарубежными ТНК, что удлиняло сроки, увеличивало неопределенность и снижало мотивацию к внедрению. Теперь же появилась возможность оперативной поставки продукции заказчикам при подтверждении факта ее происхождения из реализованных государственных программ.

Да, поначалу это постановление оставалось в определенной степени незамеченным общественнойностью. Более того, еще на стадии проработки ставились вопросы о том, нужна ли такая норма вообще. Высказывалось опасение, что документ работать не будет. Основной аргумент – заказчик будет бояться закупки из одного источника,

потому что привык работать через тендерные процедуры, и любое отклонение будет восприниматься как риск. Стоит заметить, что новшество неизбежно проходит стадию сопротивления и настороженности. Изначально предполагалось, что эта норма, как некий пилот, будет действовать до 11 марта 2026 г., то есть 2 года. Это ограничение диктовалось в том числе и необходимостью соответствовать требованию ЕАЭС о закупках за счет бюджетных средств в основном по тендеру.

Сегодня можно констатировать, что реально постановление заработало лишь в последний год. Как справедливо отмечалось на высшем уровне, если мы думаем, что достаточно принять нормативный акт и он сразу заработает, то это иллюзия. В действительности требуется несколько лет, чтобы новый механизм прижился, начал функционировать и давать свои плоды. Если первый год заказчики опасались его применять, то, когда появились успешные примеры – порядка 4–6 подтвержденных случаев закупок из одного источника, практика начала складываться. Теперь это уже рабочий инструмент. Речь идет о формировании системного подхода к коммерциализации результатов, полученных за счет бюджетных средств. Именно поэтому стало принципиально важным шагом принятие Советом Министров 20.02.2026 г. нового документа – постановления №90, содержащего ту же норму, разрешающую поставку продукции, созданной с использованием результатов, полученных в рамках государственных научных, научно-технических и инновационных программ, по механизму закупки из одного источника, то есть без проведения тендера. Время действия документа – до 31.01.2027 г. На первый взгляд это кажется процедурным продолжением, но, по сути, представляет собой определенное институциональное закрепление данной нормы. Можно сказать, это прорыв, который снижает один из ключевых барьеров коммерциализации – доступ к заказчику.

■ *На ваш взгляд, это универсальное решение?*

– Вряд ли такие существуют. Коммерциализация требует профессионального управления, партнерства, рыночной ориентации и – самое важное – подготовленных кадров. Но данный механизм – важный элемент «сшивания» науки и промышленности. Он создает условия для более активного использования научных результатов в реальном секторе экономики. И, как видим, система не требует некой «кардинальной пересборки», она направлена на осознанное применение имеющихся инструментов, четкое

распределение функций, развитие кооперации между разработчиками, производителями и продавцами и определенной управленческой культуры. То есть наука может в еще большей степени стать движущей силой производства при условии, что все элементы инновационной цепочки станут работать согласованно, а нормативная среда будет способствовать, а не препятствовать их взаимодействию.

Важно и то, что разработчик и производитель перестают быть оппонентами и становятся партнерами. Фактически, первый заинтересован в передаче производителю технологии, инновации, а второй – в серийном выпуске. В свою очередь государство заинтересовано в скорейшем внедрении уже профинансированных им решений. Таким образом качественно меняется логика взаимодействия стейкхолдеров инновационного поля. Речь идет о своеобразной форме государственного заказа, реализованного в гибкой рыночной форме, когда разработка создана за бюджетные средства. При этом для ее освоения можно привлекать производителя, который приобретает результат у разработчика и поставляет продукцию государственному заказчику без тендерной процедуры.

*Существуют ли международные прототипы действующей модели?*

– Прямых аналогов крайне мало. Попытки внедрения подобных механизмов предпринимались в рамках европейских программ, таких как Horizon 2020 и Horizon Europe. Европейские коллеги рассматривали возможность продвижения нано-, ядерных и солнечных технологий через схожие инструменты. Однако в масштабах ЕС реализовать такую модель в полном объеме оказалось сложно. Причина – в межгосударственной конкуренции, различиях в национальных интересах и лоббировании при распределении средств и закупках. Можно сказать, что наиболее успешны в этом плане были США с программой Small Business Innovation Research (SBIR). Она основана на трехфазном подходе: исследование и подтверждение концепции; развитие и доработка технологии, товара; коммерциализация. На последнем этапе компания-разработчик получает возможность продать свою разработку государственным ведомствам по упрощенной процедуре, то есть по тому же механизму одного источника. Из наиболее известных примеров – создание первого в мире хирургического роботизированного комплекса Da Vinci Surgical System. Именно через механизм SBIR эта идея была поддержана, профи-

нансирована и далее освоена в США. Позже подобные системы начали производиться в других странах, включая Южную Корею и Китай. Этот пример демонстрирует, как госзаказ способен создать целую отрасль.

*Можно ли сказать, что это шаг к более зрелой национальной инновационной системе?*

– Безусловно. Мы постепенно переходим от логики «разработали – отчитались» к логике «разработали – произвели – закупили – масштабировали». Это и есть полноценный инновационный цикл. Если предложенный механизм будет применяться профессионально и массово, он способен существенно повысить отдачу от государственных инвестиций в науку и сделать ее реальным драйвером промышленного развития.

*В постановлении речь идет исключительно о праве, а не об обязательности его применения. В чем ценность такой формулировки?*

– Инновационность не может быть оправданием низкого качества, а внедрение принуждением. Если товар действительно эксклюзивный, создан в рамках государственной программы, защищен нормативными актами, он должен быть надежным, долговечным, функциональным и безопасным. И в этом его конкурентное преимущество и привлекательность для потенциального потребителя.

*Не могли бы вы рассказать об имеющейся правоприменительной практике и успешных кейсах?*

– Прежде всего хочу обратить внимание на прозрачность процедуры. По каждой государственной программе, будь то НТП, ГПНИ, ГПИР, и по каждому заданию в их составе определена головная организация, которая курирует выполнение работ и располагает всей информацией о результатах. В случае заинтересованности третьей стороны она выдает письмо или справку о том, что конкретный объект создан либо в рамках госпрограммы, либо с использованием результата, полученного в ходе ее выполнения. Это не декларативный документ. Он основан на материалах собственно программы, отчетности, актах приемки, к тому же легко проверяется контрольно-надзорными органами при необходимости. Один из наиболее наглядных примеров – поставка в реальный сектор экономики разработок Физико-технического института НАН Беларуси,

который известен созданием линейки оборудования для химико-термической обработки материалов. Так, ими по механизму закупки из одного источника поставлена компании «Амкодор» установка индукционного нагрева (модель ФТИ 3.148) для наплавки, пайки, плавки, термообработки и нагрева металла под деформацию, выполненная в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг.

**Как быть с нематериальными результатами, например программным обеспечением?**

– Это более тонкая правоприменительная практика. Допустим, разработано ПО для определения химического состава материала по анализу изображений шлифов. Возникает вопрос: нужно ли продавать сам программный продукт или можно разместить его в облаке и реализовать услуги по удаленному доступу? Прописанная норма документа сформулирована широко: «с использованием результатов», под которыми понимаются разнообразие продукты, полученные в ходе исследований, включающие конструкторскую документацию (чертежи, спецификации), программное обеспечение, опытные образцы и серийные изделия, а также и новые знания, экспериментальные образцы объектов и процессов, созданные как итог научных изысканий. В данном случае это означает, что допускается не только продажа программы как объекта, но и предоставление услуги на ее основе. Однако такие случаи менее явные с точки зрения идентификации объекта закупки, чем поставка физического оборудования. Поэтому пока правоприменительная практика по сервисной модели только формируется. Зато есть примеры, когда заказчику поставлялись объекты исследований, такие как инвентаризация и изучение эколого-биологических особенностей современного состояния избранных популяций дикорастущих видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, определение общего содержания каротинов, антоцианов в плодах томата и перца (85 образцов). Последние – такая же продукция, на которую есть свой спрос и покупатель. Так что механизм работает не только в очевидных случаях прямой поставки устройства, оборудования или технологии.

**Должны ли разработчик и производитель быть разными субъектами?**

– Норма не оговаривает это. Привязка в ней осуществляется к объекту, а не к субъекту. Если объект

создан в рамках программы, он подпадает под механизм. Кто именно его продает – не принципиально. В нашей практике часто разработчик одновременно является и производителем. Например, тот же ФТИ проектирует оборудование и выпускает его. Но возможна и иная модель: институт передает технологию заводу, и уже завод производит и поставляет изделие на рынок. Поскольку конкретный объект реализован в ходе той или иной программы, продажа также может осуществляться по механизму одного источника.

Сегодня наиболее устойчива практика поставки конкретных товаров. Более сложные модели – сервисные, цифровые, облачные – постепенно формируют правоприменительную базу. Следующий этап – расширение этого опыта и его закрепление, чтобы инновационный результат перестал быть формальным итогом программы и стал реальным товаром на рынке. При этом норма носит общестрановой характер. Ею пользуются не только организации НАН, но и из других ведомств.

Главный ее эффект состоит в том, что результат научной деятельности перестает быть отчетной единицей и становится полноценным экономическим активом.

**Какова задача на ближайшую перспективу?**

– Исторически сложилось так, что весьма значимым инвестором в науку остается государство. Соответственно, оно заинтересовано в том, чтобы разработки не оставались отчетными документами, прототипы не пылились на полках, а превращались в реальную промышленную продукцию. Поэтому важно сделать этот механизм массовым и устойчивым. Закупка по одному источнику – это элемент замыкания инновационного цикла, направленный на внедрение научных результатов, рост технологической независимости, повышение эффективности бюджетных расходов, развитие национального производителя. И тогда коммерциализация становится повседневной практикой и полноценным фактором промышленного роста. Осталось обеспечить информированность и согласованную работу всех участников инновационной цепочки, сохранить баланс между поддержкой науки, национального производителя и требованиями качества. ■

Жанна КОМАРОВА

# Коммерциализация разработок в рамках проектов МСП

**Аннотация.** В статье освещаются вопросы комплексной поддержки инновационной деятельности субъектов малого и среднего бизнеса на всех этапах инновационного цикла. Охарактеризованы слабые стороны эффективной коммерциализации результатов НТД и реализации инновационных проектов МСП. Проведен анализ условий системы поддержки перспективных проектов для МСП, определены основные проблемные вопросы функционирования данной системы.

Предложены конкретные направления развития инфраструктуры для введения в гражданский оборот новшеств и осуществления инновационных проектов технопарков, инжиниринговых центров, отраслевых лабораторий и центров трансфера технологий. С учетом полученных результатов автором определены рекомендации по совершенствованию финансирования и сервисной поддержки коммерциализации результатов НТД субъектами предпринимательства. При этом подразумевается не введение новых инструментов, требующих существенного изменения законодательства, а прежде всего организация успешного функционирования действующей системы.

**Ключевые слова:** коммерциализация результатов НТД, инновационный проект, инновационный цикл, субъект МСП, финансирование инноваций, инновационная инфраструктура.

**Для цитирования:** Мальчевский Е. Коммерциализация разработок в рамках проектов МСП // Наука и инновации. 2026. №4. С. 19–24.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-19-24>



**Евгений Мальчевский,**  
директор технопарка  
«ИнКата», кандидат  
исторических наук;  
[em@encata.net](mailto:em@encata.net)

Для эффективной коммерциализации результатов научно-технической деятельности (НТД) необходимо наличие 4 составляющих: институциональных условий (экономико-правовой режим, налоговые льготы и иные преференции); системы финансирования (грантовые фонды, венчурное финансирование, льготные займы и кредиты); образования (инженерное и экономическое, подготовка кадров высшей научной квалификации и др.); инфраструктуры и сервисов по сопровождению. Следует учитывать актуальное состояние данных компонентов для формирования направлений дальнейших действий, нацеленных на последовательную поддержку проектов на всех этапах инновационного цикла. Выделяют следующие его этапы в рамках законодательства Республики Беларусь: научные исследования (в форме НИР); научно-техническая деятельность (опытно-конструкторские и опытно-технологические работы (ОКР, ОТП)); освоение новшеств (инновационный проект).

**В** международной практике также используется методология НАСА, в соответствии с которой выделяют 9 уровней технологической готовности (TRL). Первые четыре, в рамках которых стартап должен пройти путь от задумки до первого прототипа, доказывающего, что идея работает, обычно соотносятся с научными исследованиями. Стадия 5–8, заканчивающаяся предсерийным опытным образцом и финальной конструкторской (технологической) документацией, соответствует научно-технической деятельности и выполнению ОКР и ОТР. И, наконец, 9-й TRL – производство и коммерциализация посредством продаж – выражается в форме реализации проекта [1].

Три этапа инновационного цикла с определенными оговорками можно соотнести со стадиями развития стартапа, выделяемыми в теории проектного менеджмента:

- *предпосевной (прединвестиционный);*
- *посевной (инвестиционный);*
- *этап запуска и роста (эксплуатационный).*

Эффективность функционирования системы поддержки инновационных проектов в целом зависит от ее результативности и последовательности на каждом из указанных этапов. Здесь можно провести параллель с концепцией образования. Первая ступень – по сути, начальная школа, когда генерируются и отбираются новые идеи, доказываются их техническая и экономическая состоятельность. На второй ступени, сравнимой со средней школой, создаются новые продукты или технологии. Третья представляет собой аналог

высшего образования (монетизация результатов, полученных ранее). Без сопровождения всей этой цепочки конечной цели не достичь, как невозможно подготовить специалиста в университете без предшествующей базы.

Анализ ситуации по малым и средним предприятиям (МСП) (рис. 1) позволяет выделить следующие основные проблемы:

- *отсутствие непрерывности и комплексности содействия на всех этапах в целом;*
- *неразвитость и практическая недоступность инструментов грантового финансирования на стадии научных исследований и разработки (в том числе стартапов);*
- *сложность привлечения заемного финансирования на льготной основе на стадии коммерциализации (необходимость наличия государственного заказчика, выполнения условий поручительства, сложность и субъективность процедур рассмотрения для инновационных фондов, залога, страхования для банковских продуктов);*
- *отсутствие системы венчурного финансирования;*
- *недостаточный уровень развития инфраструктуры и сервисов инжиниринговой поддержки (центры коллективного пользования оборудованием, центры прототипирования, инженерно-конструкторские сервисы) и консалтингового сопровождения.*

Банки и частные инвесторы не финансируют проекты, пока продукт или технология не готовы к серийному внедрению, вследствие высоких рисков.

В республике созданы два потенциально доступных для МСП механизма, предусматривающих выдачу ваучеров и грантов

(Указ Президента от 20.05.2013 г. №229 «О некоторых мерах по стимулированию реализации инновационных проектов») [2] и работу с фондами инновационного развития технопарков [3]. Остальные способы или практически недоступны для предприятий из-за сложности соответствующих процедур (республиканский централизованный и местные фонды, средства Белорусского инновационного фонда (БИФ) на заемной основе) [4], или малопривлекательны из-за высоких требований обеспечения в форме залога, поручительства, страхования (банковские продукты, займы Белорусского фонда финансовой поддержки предпринимательства) [5, 6].

Государственную поддержку необходимо оказывать проектам, находящимся на начальной стадии выполнения и, соответственно, наиболее в ней нуждающимся. Размер инвестиций в рамках инновационных ваучеров и грантов ограничен относительно небольшими суммами, что позволяет профинансировать больше стартапов, минимизируя риски недостижения результатов по отдельным из них. В целом это стимулирует введение в гражданский оборот отечественных разработок и содействует снижению оттока ученых и изобретателей за рубеж.

Данная концепция может реализовываться поэтапно при соответствующем контроле со стороны государства и с сопровождением БИФ на протяжении всего жизненного цикла проектов. При этом для финансирования на возвратной основе в приоритетном порядке следует отбирать только те работы, по которым успешно завершены предварительный и конструкторско-технологический этапы за счет предоставления вау-

черов и грантов. В то же время с 2013 г. до настоящего дня данный механизм практически не работал.

Использование фондов инновационного развития (ФИР) технопарков ограничено по следующим причинам:

- *относительно небольшой период их функционирования и необходимость «обкатки» принципиально нового для нашей страны механизма;*
- *незначительный объем средств фондов и, как следствие, необходимость привлечения софинансирования [7];*

- *недостаточный уровень компетенций сотрудников администраций в сфере анализа финансовых, технологических и иных рисков;*
- *нахождение значительной части технопарков в стадии становления, что не позволяет им принимать и инкубировать значительное количество стартапов и, соответственно, обеспечивать полноценное наполнение ФИР (8 из 14 парков находятся на инвестиционном этапе, занимаются строительством или реконструкцией объектов недви-*

*жимости для последующей сдачи в аренду резидентам).*

Отметим, что система венчурного финансирования инновационных проектов в республике до конца не сформирована, а их комплексная поддержка не осуществляется. Определенные ограниченные механизмы применяют лишь в Парке высоких технологий и в Китайско-Белорусском индустриальном парке «Великий камень». Практически полностью отсутствует помощь стартапам на ранних этапах технологической готовности (от TRL1 до TRL8), и, как правило, только на уровне TRL9 она начинает

<p><b>ПРЕДПОСЕВНОЙ ЭТАП (НИР) (1–4 TRL)</b></p>	<p><b>ПОСЕВНОЙ ЭТАП (ОКР, ОТП) (5–8 TRL)</b></p>	<p><b>ЭТАП ЗАПУСКА И РОСТА (Инновац. проект) (9 TRL)</b></p>
<b>ФИНАНСОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ</b>		
<p>Инновационные ваучеры и гранты Белорусского инновационного фонда (фактически не предоставляются)</p> <p>Финансирование инновационных разработок технопарков (финансирование ограничено)</p>	<p>Финансирование в рамках научно-технических программ (необходимость согласования у заказчика и головного исполнителя)</p> <p>Отдельные научно-технические работы (финансирование ограничено)</p>	<p>Средства Республиканского централизованного инновационного фонда и местных инновационных фондов на грантовой основе</p> <p>Средства Белорусского инновационного фонда на возвратной льготной основе</p> <p>Средства Белорусского фонда финансовой поддержки предпринимательства на возвратной льготной основе</p> <p>Средства Банка развития на возвратной льготной основе</p> <p>Кредиты банков</p>
<b>ИНФРАСТРУКТУРА</b>		
<p>Сервисы и площадки технопарков, индустриального парка «Великий камень» (льготная аренда, ограниченный перечень консалтинговых услуг, слабое развитие ЦКП и ЦП, практически полное отсутствие инжиниринговых услуг)</p>	<p>Сервисы и площадки технопарков, индустриального парка «Великий камень» (льготная аренда, ограниченный перечень консалтинговых услуг, слабое развитие ЦКП и ЦП, практически полное отсутствие инжиниринговых услуг)</p>	<p>Сервисы и площадки индустриального парка «Великий камень», других индустриальных парков, СЭЗ, технопарков и др.</p>
<b>НАЛОГОВЫЕ СТИМУЛЫ</b>		
<p>Для стартапов не требуются с учетом отсутствия выручки</p> <p>Для действующих предприятий (режимы ПВТ, индустриального парка «Великий камень», СЭЗ, технопарков, инвестиционных договоров, отдельные льготы по налогу на прибыль, НДС, таможенные преференции и др.)</p>	<p>Для стартапов не требуются с учетом отсутствия выручки</p> <p>Для действующих предприятий (режимы ПВТ, индустриального парка «Великий камень», СЭЗ, технопарков, инвестиционных договоров, отдельные льготы по налогу на прибыль, НДС, таможенные преференции и др.)</p>	<p>Режимы ПВТ, индустриального парка «Великий камень», СЭЗ, технопарков, инвестиционных договоров, отдельные льготы по налогу на прибыль, НДС, таможенные преференции и др.</p>

Рис. 1. Анализ системы поддержки коммерциализации результатов НТД и реализации инновационных проектов

проявлять себя. При этом следует отметить, что то или иное содействие невозможно без внедрения в практику предусмотренного законодательством права на обоснованный риск [8], а также портфельного принципа оценки эффективности затрат на научно-техническую и инновационную деятельность.

С учетом изложенного целесообразно расширить практику оказания господдержки в виде предоставления ваучеров и грантов посредством ежегодного резервирования для указанных целей доли республиканского централизованного и местных фондов и проведения конкурса проектов, претендующих на оказание такой помощи. Их отбор предполагается проводить с участием технопарков, которые в дальнейшем могут сопровождать реализацию проектов субъектов МСП, финансируя их из средств фондов инновационного развития.

Система стимулирования должна включать:

- действующий экономико-правовой режим для резидента технопарка на предпосевном, посевном и этапе запуска стартапа (освобождение от налогов в местные бюджеты [3]; сниженную ставку налога на прибыль (до 10%)) [9];
- функционирование технопарков в качестве полноценных региональных институтов отбора и инкубирования инновационных стартапов до этапа роста (формирование и использование фондов инновационного развития; гибкая (прогрессивная) арендная политика; соответствующая инфраструктура и широкий спектр инженеринговых, консалтинговых и иных услуг, оказываемых администрацией);

- действующий экономико-правовой режим для резидентов особых экономических режимов (ПВТ, индустриальный парк «Великий камень», СЭЗ) на этапах роста и расширения (рис. 2).

Последовательность государственной финансовой поддержки проектов МСП также может быть обеспечена в рамках существующего комплексного механизма – Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР). Автором разработана модель трехуровневой системы управления проектами для ГПИР [10], которая частично внедрена в программу на 2025–2030 гг., утвержденную Указом Президента Республики Беларусь от 21.12.2025 г. №448 (введен отдельный уровень локальных проектов МСП) [11].

Несовершенство многих решений, их неготовность к производственному освоению с одной

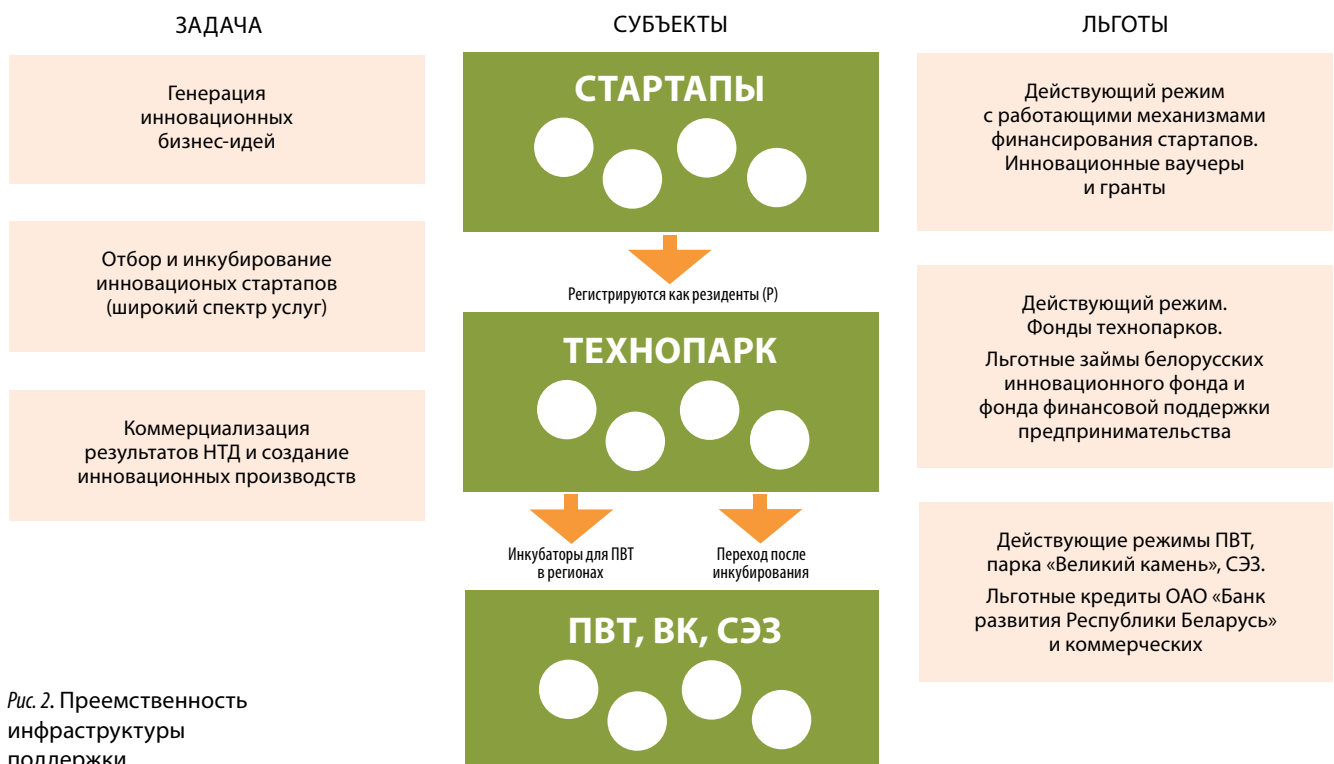


Рис. 2. Преемственность инфраструктуры поддержки

стороны, и в некоторых случаях – слабая инновационная восприимчивость отечественных предприятий – с другой диктуют необходимость усиления роли инжиниринговых структур, занимающихся созданием и сопровождением стартапов. С учетом этого они должны присутствовать в отдельных отраслях и регионах при наиболее крупных разработчиках новаций. Особенно остро стоит вопрос учреждения таких структур в системах науки и образования, где генерируется основная масса научно-технических идей. Как показывает международный опыт, отсутствие подобных организаций не позволяет результативно содействовать их коммерциализации в реальном секторе экономики.

Согласно ст. 13 Налогового кодекса Республики Беларусь, инжиниринговые услуги представляют собой инженерно-консультационное сопровождение при подготовке процесса производства и реализации товаров (работ, услуг) [9] и предполагают оказание комплекса возмездных услуг, связанных с адаптацией технологии (образца новой техники) при выпуске конкретным субъектом хозяйствования.

В ходе анализа национального законодательства установлено, что значительная часть функций, относящихся к инжиниринговой (инженерно-консультационной) деятельности, уже закреплена в функционале отраслевых лабораторий. Так, в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.02.2017 г. №110 «Об утверждении Примерного положения об отраслевой лаборатории» основными ее задачами являются:

- *научное сопровождение бизнес-планов профильных структур при модернизации*

*действующих и воплощении новых технологических процессов, организации производств, выпуске новшеств;*

- *разработка высокоэффективных технологических процессов (опытных образцов) для изготовления конкурентоспособной продукции;*
- *промышленная апробация и внедрение на предприятиях, входящих в сферу координации государственного заказчика, результатов выполненных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ [12].*

Предлагается дополнить Примерное положение для полного соотнесения понятий инжиниринговых центров и отраслевых лабораторий следующими функциями для последних: оказание услуг на возмездной и безвозмездной основе, включая создание рабочих чертежей, технических спецификаций и другой документации, оптимизацию проектных решений; технический надзор за строительными и монтажными работами; техническое консультирование; поставку оборудования и его установку; проведение приемо-сдаточных работ и производственных испытаний; подготовку (обучение) инженерно-технического персонала; ремонт и обслуживание оборудования.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 07.08.2012 г. №357 с 2017 г. реализуется механизм государственной поддержки отраслевых лабораторий [4]. В то же время на практике они зачастую дублируют функции научно-исследовательских лабораторий соответствующего профиля. При проведении конкурсного отбора мероприятий по развитию отраслевых лабораторий и оценке эффектив-

ности их функционирования в качестве одного из основных критериев необходимо учитывать количество и объем финансирования инновационных проектов, разработка и научное сопровождение которых обеспечены (планируется обеспечить) конкретной организацией.

В нашей стране, в основном при региональных университетах, действуют 5 зарегистрированных центров трансфера технологий (в Минске нет ни одного) [7]. При этом их деятельность по сопровождению передачи результатов НТД в сферу непосредственного применения имеет ограниченный характер. С учетом этого необходимо обеспечить их функционирование на базе наиболее крупных разработчиков в отдельных отраслях и регионах, при организациях (или их группах). Как показывает международный опыт, отсутствие таких центров не позволяет эффективно сопровождать процесс передачи перспективных разработок в реальный сектор экономики, а имеющиеся не могут в силу своей малочисленности и невысокого потенциала оказать должного влияния на рынок научно-технической продукции.

Деятельность центров трансфера технологий должна включать следующие направления:

- *создание информационных ресурсов, содержащих сведения о запросах предприятий в отношении новых технологий;*
- *оказание услуг по сопровождению сделок с ОИС; поиску технологий и потенциальных партнеров в республике и за рубежом;*
- *проведение исследований конъюнктуры рынка по выявлению возможностей введения в гражданский оборот*

новшеств, а также продукции, технологий, услуг, организационно-технических подходов на их основе;

- управление правами интеллектуальной собственности (патентование, ноу-хау, оценка стоимости прав, лицензирование, франчайзинг, защита прав);
- инжиниринговые услуги;
- разработка бизнес-планов, предусматривающих внедрение технологий; научно-технической документации и рекламно-информационной продукции;
- информационное продвижение новшеств, продукции, технологий, услуг;
- услуги по финансовому анализу;
- бизнес- и производственный консалтинг.

Таким образом, для эффективной коммерциализации результатов НТД и реализации инновационных проектов МСП требуется сочетание определенных условий и факторов: экономико-правовой режим, система финансирования, инфраструктура и сервисы, образование. При этом поддержка должна осуществляться последовательно, с учетом всех указанных составляющих и на всех этапах. Стартапы, инициаторами которых выступают МСП, сталкиваются с проблемами, обусловленными сложностью доступа к финансированию и неразвитостью необходимых сервисов.

Обозначенные проблемы предполагают их комплексное решение, при этом подразумевается не введение новых инструментов, требующих существенного изменения законодательства, а прежде всего организация успешного функционирования действующей системы. ■

■ **Summary.** The study investigates the comprehensive support of SMEs' innovative activities at all stages of the innovation cycle. It characterizes the components of effective commercialization of scientific and technical results and the implementation of SME innovative projects. The study analyzes the conditions of the system for supporting SMEs' innovative projects and identifies key issues related to the functioning of this system. The specific directions for infrastructure development for the commercialization of scientific and technical results and the implementation of innovative projects are proposed: technology parks, engineering centers, industry laboratories, and technology transfer centers. Based on the findings, the author has developed recommendations for improving the financing and service support for the commercialization of scientific and technical results by SMEs. This does not imply the introduction of new instruments requiring significant legislative changes, but rather, above all, the successful operation of the existing system.

■ **Keywords:** commercialization of scientific and technical results, innovation project, innovation cycle, SME entity, innovation financing, innovation infrastructure.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-19-24>

Статья поступила в редакцию  
16.03.2026 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уровни технологической готовности. Федеральный институт промышленной собственности // <https://www.fips.ru/about/green-page/urovni-tekhno-logicheskoy-gotovnosti.php>.
2. Указ Президента Республики Беларусь от 20.05.2013 г. №229 «О некоторых мерах по стимулированию реализации инновационных проектов» // [https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2024/%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%D0%BE%D1%82%2020.05.2013%20%E2%84%96%20229%20\(%D1%80%D0%B5%D0%B4%20%D0%BE%D1%82%2021.08.2024%20%E2%84%96%20328\).docx](https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2024/%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%D0%BE%D1%82%2020.05.2013%20%E2%84%96%20229%20(%D1%80%D0%B5%D0%B4%20%D0%BE%D1%82%2021.08.2024%20%E2%84%96%20328).docx).
3. Указ Президента Республики Беларусь от 03.01.2007 г. №1 «Об утверждении Положения о порядке создания субъектов инновационной инфраструктуры» // <https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2021/21%20%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%B7%2025.09.2007%20%E2%84%96%20450%20%D1%80%D0%B5%D0%B4.18.10.19%20%E2%84%96%20386.docx>.
4. Указ Президента Республики Беларусь от 07.08.2012 г. №357 «О порядке формирования и использования средств инновационных фондов» // <https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2021/31%20%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%D0%BE%D1%82%2007.08.2012%20%E2%84%96%20357%20%D1%80%D0%B5%D0%B4.2007.05.20%20%E2%84%96%2015.docx>.
5. Финансовая поддержка / Белорусский фонд финансовой поддержки предпринимателей // <https://www.belarp.by/ru/state-help>.
6. Поддержка МСП. Открытое акционерное общество «Банк развития Республики Беларусь» // <https://brrb.by/activity/support-to-smes/program-outcomes/>.
7. О состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь по итогам 2024 года: аналитический доклад / под ред. С.В. Шлычкова, В.С. Караника. – Минск, 2025 г.
8. Закон Республики Беларусь от 10.07.2012 г. «О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь» // [https://www.belisa.org.by/upload/rules/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD\\_%D0%BE%D1%82\\_10\\_07\\_2012\\_\\_\\_425-%D0%97\\_%D1%80%D0%B5%D0%B4\\_%D0%BE%D1%82\\_06\\_01\\_2022\\_\\_\\_152-%D0%97\\_.docx](https://www.belisa.org.by/upload/rules/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%BE%D1%82_10_07_2012___425-%D0%97_%D1%80%D0%B5%D0%B4_%D0%BE%D1%82_06_01_2022___152-%D0%97_.docx).
9. Налоговый кодекс Республики Беларусь // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk0900071>.
10. Мальчевский Е.С. Новые подходы к формированию и реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь // Наука и инновации. 2025. №11. С. 42–47.
11. Указ Президента Республики Беларусь от 21.12.2025 г. №448 «О Государственной программе инновационного развития на 2026–2030 гг.» // [https://www.belisa.org.by/upload/rules/%D0%A3%D0%9A%D0%90%D0%97\\_%D0%BE%D1%82\\_21\\_12\\_2025\\_\\_\\_448\\_%D0%9E\\_%D0%93%D0%9F%D0%98%D0%A0\\_%D0%BD%D0%B0\\_2026-2030\\_%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B.docx](https://www.belisa.org.by/upload/rules/%D0%A3%D0%9A%D0%90%D0%97_%D0%BE%D1%82_21_12_2025___448_%D0%9E_%D0%93%D0%9F%D0%98%D0%A0_%D0%BD%D0%B0_2026-2030_%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B.docx).
12. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.02.2017 г. №110 (ред. от 18.09.2025 г. №513) «О Примерном положении об отраслевой лаборатории» // [https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2025/%D0%9F%D0%A1%D0%9C%20%D0%BE%D1%82%2009.02.2017%20%E2%84%96%20110%20\(%D1%80%D0%B5%D0%B4.%20%D0%BE%D1%82%2018.09.2025%20%E2%84%96%20153\).docx](https://www.gknt.gov.by/upload/docx/2025/%D0%9F%D0%A1%D0%9C%20%D0%BE%D1%82%2009.02.2017%20%E2%84%96%20110%20(%D1%80%D0%B5%D0%B4.%20%D0%BE%D1%82%2018.09.2025%20%E2%84%96%20153).docx).

# Перспективные подходы к планированию и оценке НИОКР

Одна из ключевых задач научно-инновационной сферы Республики Беларусь – выполнение исследований и разработок, нацеленных на создание новых видов товаров, работ, услуг и технологий, практическое применение которых обеспечит достижение максимального социально-экономического эффекта. Как показывает мировой опыт, для этого необходима реализация соответствующих организационно-экономических подходов, обуславливающих рациональное планирование и оценку результатов.



**Антон Калинин,**  
завсектором фундаментальных  
и прикладных исследований  
Научно-технологического парка  
БНТУ «Политехник», кандидат  
экономических наук

В нашей стране данный процесс регулируется Техническим кодексом установившейся практики ТКП 626-2018 (33150) «Порядок разработки и постановки продукции на производство», который предполагает следующие этапы [1]:

- обоснование и формирование технических требований;
- составление технического задания;
- проведение опытно-конструкторских (опытно-технологических) работ, включая подготовку конструкторской и технологической документации; изготовление опытных образцов и их испытание; доработка рабочей конструкторской документации опытного образца (при необходимости); приемка результатов работ;

- постановка на производство (изготовление установочной серии, проведение квалификационных испытаний).

Стоит отметить, что данный подход в целом соответствует мировой практике, однако все большее распространение получают альтернативные методы прогнозирования и определения результативности процессов создания новой продукции и технологий. Один из них связан со шкалой уровня их готовности (TRL), разработанной Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA) в 1970–1980-х гг. в качестве инструмента оценки «зрелости» новых решений для аэрокосмической отрасли. Параллельно ставилась задача сравнить

отдельные технологии на предмет их готовности к практическому внедрению. В 1990-х гг. шкала TRL была доработана и в дальнейшем получила распространение в США и Западной Европе, в том числе в рамках международных научно-технических программ и проектов.

В настоящее время она внедряется в странах ЕАЭС. Так, в Российской Федерации определение уровня готовности технологий – неотъемлемая составляющая процесса их трансфера, что установлено национальным стандартом (ГОСТ Р 57194.1–2016 «Трансфер технологий. Общие положения») [2]. В Республике Казахстан с помощью шкалы оцениваются заявки на финансирование проектов за счет средств бюджета и целевых фондов [3], а полученные результаты – на предмет их готовности к введению в гражданский оборот.

Можно выделить следующие концептуальные предпосылки, на которых базируется шкала TRL:

- исследования и разработки выполняются в целях создания новых товаров, работ и услуг;

- новшество предполагает последовательное (линейное) осуществление отдельных этапов работ;
- результаты исследований и разработок можно объективно разделить на 9 уровней.

Принято считать, что шкала TRL имеет следующие основные преимущества, обуславливающие ее широкое распространение в мировой практике [4]: возможность сопоставления между собой различных технологий на предмет готовности к производству продукции; планирование этапов их продвижения, а также требований к результатам внедрения; сопоставление инноваций, относящихся к различным областям науки и техники; адаптация под специфические особенности

отдельных отраслей и предприятий [5] (табл. 1).

Степень готовности технологии в соответствии с представленной системой определяется на основании анализа результатов исследований и разработок, в качестве которых принято рассматривать акты (протоколы) и программы (методики) испытаний, опытные (экспериментальные) образцы и макеты, стадии составления конструкторской, технологической и иной документации, наличие публикаций в рецензируемых научных изданиях, созданные объекты права промышленной собственности и др. Предусмотрена возможность уточнения (конкретизации) содержания каждого из уровней, поскольку различные области науки и техники имеют

свою специфику. Берутся в расчет также особенности функционирования организации, на базе которой ведется разработка технологии или планируется ее внедрение.

Стоит отметить, что применение шкалы TRL имеет ряд ограничений:

- недостаточный учет необходимости преодоления проблемных вопросов на различных этапах жизненного цикла технологии;
- предполагается, что процесс разработки носит последовательный (линейный) характер;
- в ряде случаев содержание уровней готовности подлежит корректировке в соответствии с особыми условиями отраслей или предприятий;
- шкала предназначена для экспертизы только одной технологии;
- ключевые критерии не учитывают производственные особенности, организационную готовность и маркетинговую подготовку;
- не оцениваются качественные параметры и конкурентоспособность технологии.

Для нивелирования указанных недостатков предусматривается совмещение TRL со шкалами [6, 8], нацеленными на проверку уровня готовности:

- производства (его конструкторское и технологическое состояние, соблюдение требуемых количественных и качественных параметров продукции, целевой себестоимости);
- системы (анализ возможностей использования отдельных технологий и их компонентов в составе единого комплекса);

Уровень шкалы TRL	Содержание
TRL 1	Определение фундаментальных принципов, на базе которых будет создаваться и внедряться технология; теоретическое обоснование ключевой идеи
TRL 2	Обоснование целесообразности и возможности воплощения технологии; проведение моделирования для расчета эффективности ее использования для решения прикладных (технических) задач; проработка концепции инновации, включая сферы применения
TRL 3	Получение подтверждения реализуемости технологии, ее функционала и/или характеристик на основе результатов экспериментов и аналитических исследований; расчетное и/или экспериментальное (лабораторное) обоснование эффективности технологии, демонстрирующее ее работоспособность в экспериментальной среде на мелкомасштабных моделях
TRL 4	Испытания макетов в лабораторных условиях, демонстрирующих совместимость (интеграцию) технологии с иными техническими решениями
TRL 5	Испытания макетов в контролируемой среде; оценка совместимости (интеграции) с иными техническими решениями в условиях, близких к эксплуатационным
TRL 6	Испытания прототипа в контролируемых условиях, близких к эксплуатационным, подтверждающие реализуемость и эффективность технологии, а также ее совместимость; подготовительные работы по выводу новшества на рынок
TRL 7	Испытания прототипа в условиях реальной эксплуатации; предварительные работы по выводу продукции на рынок; принятие решения о целесообразности организации серийного производства
TRL 8	Работы по формированию и сертификации системы производства; тестирование конечного продукта в условиях реальной эксплуатации в сочетании с иными технологиями системы производства
TRL 9	Организация системы производства в соответствии с заданными параметрами, реализация технологии в реальных условиях эксплуатации

Таблица 1. Содержание уровней готовности технологий согласно шкале TRL

Источник: составлено на основе [2, 6, 7]

- интеграции (оценка совместимости новой технологии с другими в составе единого комплекса, включая наличие механизмов взаимодействия (интерфейсов);
- инженерной составляющей (научные и инженерные компетенции);
- организационной части (меры поддержки и сопровождения разработки и производства как внутри организации, так и с участием внешних контрагентов);
- рыночной, включая коммерциализацию (анализ перспек-

тив, включая установление устойчивых связей (в том числе обратных) с потребителями, идентификация конкурентов, формирование ценовой политики);

- рассмотрение рисков и преимуществ (выявление критических факторов успеха, очевидных конкурентных плюсов объекта, охрана интеллектуальной собственности и оценка патентной ситуации).

Среди указанных метрик особой значимостью обладают шкалы уровня готовности производства и

интеграции, которые позволяют не только аттестовать разработку, но и выявить степень ее готовности к введению в гражданский оборот, а также совместимости с другими объектами, функционирующими в рамках сложных производственных систем (табл. 2).

Внедрение шкалы TRL в Беларуси с учетом наличия значительного зарубежного опыта применения, в том числе в странах ЕАЭС, перспективно с целью организации исследований и разработок, направленных на создание новых видов продукции. ■

Уровень шкалы TRL	Уровень готовности производства	Уровень готовности интеграции
TRL 1	Установлены основные факторы, влияющие на производство	Интерфейс между технологиями представлен с детализацией, достаточной для дальнейшего проектирования взаимодействия
TRL 2	Определена концепция производства	Предложена спецификация, характеризующая взаимодействие между технологиями через интерфейс
TRL 3	Подтверждена производственная концепция	Достигнута совместимость технологий, позволяющая обеспечить их упорядоченную и эффективную интеграцию и взаимодействие
TRL 4	Изготовление технических средств в лабораторных условиях	Обеспечено качество взаимодействия и гарантируется интеграция между технологиями
TRL 5	Имеются предпосылки для изготовления прототипов компонентов систем в соответствующих производственных условиях	Реализован достаточный уровень управления технологиями, чтобы устанавливать, поддерживать и прекращать взаимодействие
TRL 6	Осуществлен выпуск прототипов систем или подсистем	Интегрируемые технологии могут принять, преобразовать и структурировать информацию по назначению
TRL 7	Созданы условия для изготовления систем, подсистем или их компонентов в условиях, близких к реальным  Испытана пилотная производственная линия, достигнута готовность к началу мелкосерийного производства	Интеграция технологий была проверена и испытана с достаточной для использования степенью детализации
TRL 8	Успешно продемонстрирована возможность мелкосерийного производства, подготовлена база для полномасштабного производства	Реальная интеграция завершена и проверена испытаниями и демонстрацией в составе системы
TRL 9	Организовано полномасштабное производство, внедрена практика бережливого производства	Проверена интеграция

Таблица 2. Основное содержание метрик, дополняющих шкалу TRL

Источник: составлено на основе [6, 8]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Порядок разработки и постановки продукции на производство: ТКП 626-2018 (33150). Введ. 16.10.2019. – Минск, 2018.
2. Трансфер технологий. Общие положения: ГОСТ Р 57194.1-2016. Введ. 31.10.2016. – М., 2016.
3. Об утверждении Методики определения уровня технологической готовности (TRL) научных организаций и исследовательских университетов и их разработок: приказ Комитета науки МНВО РК №112-НЖ от 18.07.2023 г. // Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан // <https://www.gov.kz/memleket/entities/science/documents/etails/496205?lang=ru>.
4. Комаров А.В. Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов / А.В. Комаров, А.Н. Петров, А.В. Сартори // Экономика науки. 2018. Т. 4, №1. С. 47–57.
5. Калинин А.Ю. Сравнение концептуальных подходов к организации разработки и производства новой продукции / А.Ю. Калинин // Новые горизонты – 2021: сб. материалов VIII Белорус.-кит. молодеж. инновац. форума. Минск, 11–12 нояб. 2021 г.: в 2 т. / БНТУ. – Минск, 2021. Т. 2. С. 149–151.
6. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий: ГОСТ Р 58048-2017. Введ. 29.12.2018. – М., 2018.
7. The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool, EARTO Recommendations // [https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The\\_TRL\\_Scale\\_as\\_a\\_R\\_I\\_Policy\\_Tool\\_-\\_EARTO\\_Recommendations\\_-\\_Final.pdf](https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf).
8. Петров А.Н. Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий / А.Н. Петров, А.В. Сартори, А.В. Филимонов // Экономика науки. 2016. Т. 2, №4. С. 244–260.



**Гордей Гусаков,**  
директор Института  
мясо-молочной  
промышленности,  
кандидат экономических  
наук, доцент



**Екатерина Шегидевич,**  
заместитель директора  
по качеству и инновационной  
работе Института  
мясо-молочной  
промышленности



**Елена Степанова,**  
заместитель директора  
по научной работе Института  
мясо-молочной промышленности,  
кандидат ветеринарных наук,  
доцент

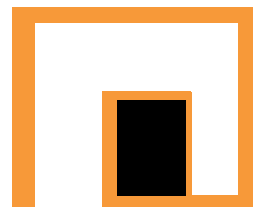


**Екатерина Беспалова,**  
заведующий отраслевой лабораторией  
биохимии, микробиологии и технологических  
процессов переработки молока Института  
мясо-молочной промышленности,  
кандидат технических наук, доцент

Стратегическая цель нашей страны на период до 2030 г. – создание конкурентоспособного на мировом рынке, высокотехнологического агропромышленного комплекса [1]. Согласно Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 гг., в структуре пищевого ассортимента в Беларуси наибольший удельный вес занимают молочные продукты (51,3%), по их поставкам на мировые рынки страна входит в число лидеров. Уровень обеспечения молочной продукцией собственного производства составляет 292% [2]. Исходя из этого можно с уверенностью утверждать, что молочная промышленность – одна из фундаментальных отраслей отечественной переработки, обеспечивающая продовольственную безопасность и формирующая значительную часть экспортного потенциала.

## Коммерциализация результатов

научных исследований  
в области  
переработки молочного  
сырья



Для дальнейшего устойчивого развития следует усилить следующие векторы:

- *интеграцию инновационных научно обоснованных решений в производственные процессы;*
- *импортозамещение стратегических компонентов путем расширения собственной индустрии;*
- *обеспечение предприятий необходимым высокотехнологичным оборудованием, снижение зависимости от импорта запасных частей и комплектующих;*
- *совершенствование системы технического нормирования и стандартизации, а также применяемых подходов к контролю качества и безопасности.*

Важное условие – разработка и производство конкурентоспособной продукции, что обуславливает необходимость практической ориентации научных исследований в данной области [3, 4].

Институт мясо-молочной промышленности выполняет научное сопровождение молочной отрасли путем проведения исследований, направленных на разработку нового ассортимента и технологических решений, способствующих укреплению потенциала отечественных субъектов хозяйствования на внутреннем и внешнем рынках.

Комплексное правовое регулирование в данной сфере осуществляется в соответствии с нормами Указа Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 г. №59 «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств» [5], Законами «О научной деятельности» от 21.10.1996 г. №708-ХІІІ [6] и «Об основах государственной научно-технической политики» от 19.01.1993 г. №2105-ХІІ [7], что в сочетании с действующими механизмами создает условия для эффективного перехода от научных идей к коммерческому продукту [8].

Внедрение представляет собой процесс трансформации полученных учеными фундаментальных знаний в востребованные рынком товары, в приоритете – с высокой добавленной стоимостью. Применяемые при этом способы, в зависимости от источника финансирования, различаются. Так, при выполнении исследований в рамках государственных и отраслевых научно-технических программ передача результатов осуществляется на основании договоров, заключаемых между предприятием и разработчиком, которому при этом принадлежат права на конкретные объекты (в том числе технические нормативные правовые акты и технологическую документацию). Практика показывает, что

зачастую изготовителей нового вида продукции может быть несколько.

В качестве примера можно привести инновационные каскадные методы комплексного селективно-ферментативного гидролиза безлактозных и низколактозных молочных изделий – питьевых молока и сливок, кисломолочной линейки (ряженка, йогурт, творог, кефир, простокваша, сметана) и мороженого, представленные в отраслевой научно-технической программе «Детское и специализированное питание» на 2021–2025 гг. Соответствующие технологии освоены на Рогачевском молочноконсервном комбинате, ОАО «Бабушкина крынка – управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка», Солигорском филиале ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат».

В рамках Государственной программы «Научно-технические технологии и техника» на 2021–2025 гг. ученые предложили способ изготовления безлактозных сыров, успешно освоенный в 2023 г. на ОАО «Молочный Мир» [9, 10]. Данной популярной продукции в 2025 г. произвели более 176 т, большая ее часть направлена на экспорт. В начале текущего года на 33-й международной выставке продовольствия «Продэкспо-2026» в Москве Рогачевский молочноконсервный комбинат представил новинку в своей линейке – сыр «Безлактозный», созданный благодаря совместной работе с учеными института.

Следует отметить, что существуют и негативные примеры коммерциализации. Подобные ситуации могут возникать при увеличении сроков выхода новинок на рынок в связи с несвоевременной проработкой маркетинговыми службами предприятий их потенциала и ограничениями по срокам освоения разработок. В частности, результаты, полученные в рамках отраслевой научно-технической программы «Импортозамещающая продукция» в 2011–2015 гг., актуальны для отечественных компаний в связи со значительным экспортным потенциалом и востребованностью на внешних рынках сухих смесей для мороженого. Только за 2025 г. по запросам предприятий «Новогрудские Дары» филиала Лидского молочно-консервного комбината, Калинковичского филиала Рогачевского МКК институтом созданы индивидуальные рецептурные составы на смеси сухие для мороженого, в том числе с добавлением козьего молока. Технологию также успешно освоили на ОАО «Бабушкина крынка», Пружанском молочном комбинате, Лунинецком молочном заводе. Вместе с тем в течение установленных сроков не был осуществлен выпуск требуемого объема товара, что повлекло возврат бюджетных денежных средств, затраченных на проект.

Производство и экспорт сухих молочных продуктов имеет стратегическое значение для молокоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь [11]. В стране выпускается сухое молоко цельное и обезжиренное, сыворотка сухая различной степени деминерализации, сухие молочные смеси, таблетированные молочные конфеты. Для расширения ассортимента в рамках одного из заданий Государственной научно-технической программы «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» на 2021–2025 гг. начаты исследования, нацеленные на получение сухих нормализованных смесей для сыров, творога и творожных изделий с установлением требований к процессу распылительной сушки. Здесь очевиден значительный экспортный потенциал и возможность поставки данной продукции в страны дальней дуги, имеющие дефицит собственного молока-сырья.

К актуальным тенденциям относится получение молочных ингредиентов с высокой добавленной стоимостью, возможностью маневрирования структурой под требования рынка и ценовую конъюнктуру. Ученые института продолжают трудиться над технологиями выпуска казеинов (в том числе мицеллярного), казеинатов, концентратов сывороточных белков, молочного белка (КМБ), пермеатов, лактозы [12]. По поручению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в 2025 г. внесены изменения в документы по производству КМБ, предусматривающие возможность применения компонента для детского питания. В тесном сотрудничестве со специалистами Слуцкого сыродельного комбината сотрудники института будут реализовывать инновационный проект по лактоферрину (инвестиционная программа «Один район – один проект»). Устанавливаются исходные требования к сырью различной степени очистки и продуктам, получаемым после извлечения лактоферрина, детализируются направления их использования.

В рамках хозяйственной деятельности институт выполняет научно-исследовательские и опытно-технологические работы по совершенствованию производственных процессов, установлению режимов и параметров, обеспечивающих высокое качество и безопасность готовых изделий, актуализации нормативно-технической документации.

С целью расширения ассортимента для детей разработано молоко питьевое с добавлением козьего молока с учетом физиологических особенностей юных потребителей разных возрастов (ранний, дошкольный и школьный). В конце 2025 г. на ОАО «Бабушкина крынка» запущено производ-

ство данной продукции, новинка была репрезентирована на выставке «Моя Беларусь». С добавлением козьего молока созданы также смеси сухие для мороженого, молоко сухое, напитки молочные сухие протеиновые, сыры мягкие, йогурты.

Поступившие от ряда молокоперерабатывающих предприятий обращения послужили основой для расширения линейки низколактозных и безлактозных продуктов, предназначенных для питания людей, страдающих лактазной недостаточностью: молоко сгущенное, в том числе вареное, коктейли молочные, сырки творожные низколактозные и безлактозные глазированные. Молоко сгущенное безлактозное Рогачевского молококонсервного комбината впервые было представлено на выставке аграрной промышленности «БЕЛАГРО – 2025» и появилось на прилавках в середине минувшего года, а чуть позже потребители смогли оценить вкус вареного сгущенного безлактозного молока. Данному предприятию специалисты института предоставили технологическую инструкцию и технические условия на конфеты молочные. В 2025 г. по рецептуре предприятия, включающей олигосахариды и инулин, выпущено 7,81 т конфет, большая часть продана в Китайскую Народную Республику.

Институт устанавливает режимы и параметры процессов обработки различных типов молочного сырья в соответствии с потребностями конкретных предприятий. Так, Полоцкому молочному комбинату ученые отработали параметры концентрирования нанофильтрованной сыворотки для последующего применения в качестве базы напитков функционального назначения, сформировали предложение по их ассортименту и рецептурные составы.

Особенность некоторых научных исследований, проводимых в институте, – их коммерциализация для собственных нужд. Подобные изыскания направлены на поддержание и совершенствование Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов, объявленной национальным достоянием Республики Беларусь в 2016 г., повышение эффективности и расширение ассортимента уникального производства, функционирующего на базе отдела биотехнологий. Это позволяет создавать новые виды заквасочных культур, которые в дальнейшем осваиваются на опытно-промышленном производстве института. Так, закваски концентрированные поливидовые «Бетабаланс» предназначены для включения в качестве добавочных культур в сыры (используются на Поставском молочном заводе, ОАО «Молочный Мир», Молодечненском и Воложинском участках ОАО «Минский молочный

завод №1»). Основа линейки – бактерии *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* с высокой протеолитической и кислотообразующей активностью, способные проявлять антагонизм по отношению к технически вредной микрофлоре [13]. Линейка «Бетабаланс» разработана в соответствии с мероприятием 99 подпрограммы «Инновационные биотехнологии» Государственной программы «Наукоёмкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.

Для успешной коммерциализации научных результатов задействуются такие инструменты, как организация научно-практических конференций, семинаров и курсов для специалистов молокоперерабатывающих организаций, доклады на отраслевых форумах и семинарах, каталогизация инноваций, участие в выставках. Подобные мероприятия позволяют не только показывать конкретные результаты, но и обмениваться актуальной информацией. Так, в феврале 2026 г. состоялся научно-практический семинар «Современные подходы к обеспечению качества и безопасности молочной продукции», на котором ученые осветили широкий блок тем, касающихся выпуска продукции с заданными характеристиками, с учетом исходных параметров молока-сырья и фогового фона предприятий.

В 2025 г. сотрудники института выступили с докладами на XI Международном форуме «Беларусь молочная», IV Международном форуме «Молочная ферма – 2025», форуме «Молочный бизнес 360°: АПК, переработка, рынок», семинаре «Сырная Академия» и т.д. Зачастую доклады подкреплялись информацией на выставочном стенде, иллюстрирующей конкретные результаты ученых.

Ежегодно проводится обновление каталогов разработок с последующим размещением их на официальном сайте организации и распространением на молокоперерабатывающие предприятия, подготовка буклетов. В рамках выставочных мероприятий Институтом представляются экспонаты, печатная раздаточная информация, организуется дегустация новинок, включающая как опытные образцы, так и продукцию, выпуск которой осуществлен в производственных условиях.

Системная деятельность по продвижению технологий и их коммерциализации требует прохождения сложных этапов: от проведения лабораторных экспериментов и получения опытных партий в соответствии с конкретными запросами молокоперерабатывающих предприятий до промышленного внедрения с целью получения конкурентных преимуществ на рынке. Реализованные инновации

убедительно демонстрируют способность отечественной науки разрабатывать конкурентоспособный ассортимент на основе четкой практической ориентации исследований и своевременного реагирования на запросы рынка. В связи с этим партнерство в цепочке «наука – производство» в данной сфере направлено на важнейший результат – выпуск широкого ассортимента качественных белорусских продуктов в объемах, способных не только обеспечить внутренние потребности, но и формировать имидж Республики Беларусь как одного из ключевых экспортеров. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусаков Г.В. Теория и методология управления агропродовольственным комплексом Республики Беларусь / Г.В. Гусаков. – Минск, 2025.
2. В Беларуси уровень самообеспечения молоком и молочной продукцией достигает 292% – Минсельхозпрод // <https://www.sb.by/articles/minselkhozproduoven-samoobespecheniya-molokom-i-molochnoy-produktsiyey-v-belarusi-sostavlyayet-292.html>.
3. Гусаков Г.В. Современные технологии как необходимое условие обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь на примере молочной отрасли / Г.В. Гусаков, Е.А. Степанова, Е.Д. Шегидевич // Наука, питание и здоровье: материалы V междунар. конгресса, Минск, 26–27 июня 2025 г. / НПЦ НАН Беларуси по продовольствию; редкол. З.В. Ловкис (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2025. С. 366–372.
4. Гусаков Г.В. Теория и методология управления развитием агропродовольственного комплекса Республики Беларусь / Г.В. Гусаков. – Минск, 2023.
5. Указ Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 г. №59 (ред. от 18.06.2018 г.) «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств» // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=r31300059>.
6. Закон Республики Беларусь от 21.10.1996 №708-XIII (ред. от 17.07.2023 г.) «О научной деятельности» // <https://etalonline.by/document/?regnum=V19600708>.
7. Закон Республики Беларусь от 19.01.1993 г. №2105-XII (ред. от 17.07.2023 г.) «Об основах государственной научно-технической политики» // <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19302105>.
8. Нехорошева Л.Н. Формирование системы коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности организаций Республики Беларусь / Л.Н. Нехорошева, Ю.В. Нечепуренко // Белорусский экономический журнал. 2024. №3. С. 19–34.
9. Промышленная переработка молока / Е.В. Беспалова, Е.Д. Шегидевич, Е.В. Ефимова [и др.] // Научные системы организации и ведения агропромышленного производства (новейшее издание): в 2 ч. / В.Г. Гусаков, П.П. Казакевич, А.В. Пилипук [и др.]; НАН Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2025. Ч. 2. С. 364–371.
10. Гусаков Г.В. Современные технологические решения для переработки мясо-молочной продукции / Г.В. Гусаков, Е.А. Степанова, Н.Н. Фурик [и др.] // Наука и инновации. 2025. №6. С. 4–8.
11. Степанова Е.А. Мясная и молочная отрасли: о развитии и перспективных продуктах питания / Е.А. Степанова, Е.В. Беспалова, В.М. Жудро // Аграрная экономика. 2024. №7. С. 64–69.
12. Шегидевич Е.Д. Тенденция получения белковых ингредиентов путем глубокого разделения молочного сырья / Е.Д. Шегидевич, Е.В. Беспалова // Молочная река. 2024. №2 (94). С. 28–32.
13. Жабанос Н.К. Прикладная биотехнология: от фундаментальных исследований к промышленным технологиям / Н.К. Жабанос, Н.Н. Фурик, Е.Н. Бирюк, Т.А. Савельева // Наука и инновации. 2024. №10. С. 12–18.

# Растениеводство:



## от теории до экономического эффекта

В Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию результативно ведется селекция, а также оригинальное и элитное семеноводство более 36 видов сельскохозяйственных растений. Исследования направлены прежде всего на обеспечение аграрной отрасли страны семенами отечественных сортов, характеризующихся не только высокой, но и стабильной по годам урожайностью, приспособленных к лимитирующим факторам окружающей среды конкретного региона, обусловленным особенностями почвенного покрова, водного и температурного режимов, продолжительностью безморозного периода, длиной светового дня и т.д.



**Эрома Урбан,**  
первый заместитель генерального  
директора по научной работе  
Научно-практического центра  
НАН Беларуси по земледелию,  
член-корреспондент

Разработка и использование современных биотехнологических методов, клеточных, геномных технологий и широкое их внедрение существенно повышают эффективность создания сортов и гибридов нового поколения с повышенной устойчивостью к засухе, болезням, гербицидам, насекомым-вредителям и неблагоприятным условиям среды.

В 2022–2026 гг. в центре создано более 80 сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, технических и крупяных культур. Все зарегистрированные сорта имеют высокий уровень урожайности (зерновые – более 100 ц/га, озимый рапс, зернобобовые – свыше 60 ц/га) и успешно конкурируют с

лучшими мировыми аналогами. Нашими учеными представлены первые коммерческие гибриды F1 на основе системы цитоплазматической стерильности (ЦМС) озимой ржи, рапса, кукурузы, сахарной свеклы. Развернуты работы по 19 видам многолетних бобовых и злаковых трав.

Практически по каждому возделываемому растению сформирован банк взаимодополняющих отечественных сортов и гибридов для разных регионов республики с высоким потенциалом продуктивности и технологических свойств, устойчивых к воздействию абиотических и биотических факторов среды. Быстрое внедрение культур

обеспечит максимальную отдачу от их возделывания, рациональное использование материально-финансовых ресурсов, экологическую и продовольственную безопасность, полное импортозамещение, энергосбережение и повысит рентабельность аграрной отрасли. Созданная в НПЦ НАН Беларуси по земледелию высокоэффективная система селекции и семеноводства и современная материально-техническая база в состоянии обеспечить товаропроизводителей АПК страны широкой номенклатурой сортов, а также оригинальными и элитными семенами, отвечающими всем требованиям Минсельхозпрода (таблица).

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О патентах на сорта растений», сорта прошли полный цикл испытаний по международным стандартам и зарегистрированы в Национальном центре интеллектуальной собственности, через который в 2025 г. НПЦ по земледелию поддерживал в силе 115 патентов и получил 9 новых: на рожь Залесную (патент №764), ячмень Подвиг (патент №763), ячмень Солдат (патент №762), ячмень Делегат (патент №772), ячмень Фунтик (патент №771), ячмень Спикер (патент №773), ячмень Депутат (патент №770), пшеницу мягкую Гайна (патент №774), люцерну изменчивую Чекрита (патент №775).

Общее количество действующих лицензионных договоров на охраняемые сорта растений, заключенных между НПЦ и 128 предприятиями агропромышленного комплекса страны, составляет 384, в том числе в 2025 г. заключено и зарегистрировано в НЦИС 85. Поступления от лицензионных платежей

Культура	Включено в Госреестр сортов в 2022–2026 г.	Итого в Госреестре сортов в 2026 г.
Озимая рожь	9	27
Озимая пшеница	9	23
Яровая пшеница	4	19
Озимое тритикале	7	18
Яровое тритикале	2	6
Озимый ячмень	-	1
Яровой ячмень	13	29
Овес	5	13
Гречиха	4	14
Озимый рапс	8	21
Яровой рапс	5	19
Горох	3	15
Люпин	6	24
Просо	-	7
Многолетние травы	8	65
<b>Итого</b>	<b>83</b>	<b>301</b>

Таблица. Сорта Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, включенные в Государственный реестр сортов в 2022–2026 гг.

в минувшем году стали весомой прибавкой для института, средства направлялись в том числе на создание новых сортов.

Для координации действий, связанных с охраной и управлением интеллектуальной собственностью, в 2023 г. в центре создан отдел патентно-лицензионной и информационной работы. Его специалисты постоянно повышают свою квалификацию, консультируются в НЦИС, опираются на его официальные бюллетени и базы данных, а также другие электронные патентно-информационные ресурсы, принимают участие в различных тематических семинарах и обучающих курсах. В 2022 г. выработана политика в области интеллектуальной собственности, руководствуясь которой наши сотруд-

ники координируют отношения субъектов, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием таких объектов права промышленной собственности, как сорта растений. Установлены базовые принципы, направленные на повышение эффективности управления интеллектуальной собственностью центра с учетом интересов лиц, занятых в процессе создания и применения ОИС.

Все перечисленные меры, предпринимаемые НПЦ НАН Беларуси по земледелию, направлены на широкое внедрение высококачественных сортов и гибридов отечественной селекции в хозяйственный оборот для обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности страны. ■

# От лаборатории к рынку: где теряются инновации?

Коммерциализация научных разработок является одним из ключевых факторов развития инновационной экономики. Однако путь от лабораторного исследования до реального промышленного продукта часто оказывается сложным и длительным. Научным организациям приходится решать целый комплекс задач – начиная с поиска финансирования и защиты интеллектуальной собственности и заканчивая адаптацией технологий к требованиям производства и рынка. Гости научной гостиной журнала «Наука и инновации» – представители академической и вузовской науки – собрались, чтобы поделиться своим опытом в этой сфере, видением наиболее эффективных моделей сотрудничества с промышленностью, обсудить системные барьеры, препятствующие внедрению новаций в реальный сектор экономики.



**Светлана Данилова-Третьяк,**  
заместитель директора  
по научной работе Института тепло-  
и массообмена им. А.В. Лыкова  
НАН Беларуси, кандидат технических  
наук, доцент

– Понятие «коммерциализация», исходя из его этимологии, связано с торговлей, то есть с превращением чего-либо в источник дохода. Но научный работник, осуществляющий исследовательскую деятельность, – не продавец, а результаты научной деятельности – не тиражируемый товар в прямом смысле этого слова. К тому же складывается впечатление, будто между научным результатом и экономическим

эффектом можно провести прямую линию. Но это совсем не так. Если взять действующие нормы, регулирующие введение объектов интеллектуальной собственности в оборот, они выглядят более понятными, но даже здесь формальная определенность не означает автоматического появления рыночного спроса или готовности экономики принять новое решение.

Возвращаясь к научным разработкам, хочется спросить: не пытаемся ли мы измерять коммерциализацию науки не теми инструментами? Если речь идет о вовлеченности научных организаций и научных подразделений вузов в реальное взаимодействие с экономикой, то, возможно, одним из наиболее понятных показателей может быть объем внебюджетной научной и научно-технической деятельности и, соответственно, соотношение бюджетных и внебюджетных источников

финансирования. Безусловно, такой критерий также неидеален, но он, по крайней мере, говорит о наличии внешнего запроса на знания, компетенции и разработки. Потому что ни один договор с предприятием, ни один контракт с зарубежным партнером не появляется из ничего. За ним стоят годы исследований, профессиональная репутация коллектива, накопленный опыт, способность решать прикладные задачи и доводить их до приемлемого для заказчика результата. И далеко не всегда система функционирует так просто: публикация, отчет или отдельная разработка и далее заключенный договор. Наука работает по другому алгоритму. Она формирует задел, создает компетенции, выращивает экспертизу, которые затем конвертируются в востребованный продукт. В этом смысле внебюджетная деятельность, пожалуй, и есть наиболее честный

индикатор коммерциализации науки. Не в упрощенном, рыночном смысле «продажи результатов», а в более содержательном – как способность научной организации быть нужной экономике, находить заказчика, работать в конкурентной среде и превращать свои знания в востребованный продукт, услугу, технологию или решение.



**Юрий Адамейко,**  
помощник директора  
по информационной  
безопасности  
и общим вопросам  
Минского  
НИИ радиоматериалов

– Проблема еще и в том, что научная организация по своей природе – это не простая бизнес-структура, в которую входят подразделения, сопровождающие переход от научной идеи к коммерческому продукту и дальнейшему производству, что требует колоссальных, зачастую неподъемных инвестиций. Речь не только о фундаментальных исследованиях, а о целом каскаде этапов, сопровождающих коммерциализацию: прототипировании, проведении испытаний, патентовании, лицензировании, сертификации, внедрении, производстве, продвижении. Случается и так, что ученые решают узкоспециализированные задачи, которые в рамках научной статьи выглядят блестяще, но для промышленности они либо избыточны, либо неактуальны. Научному сообществу критически не хватает компетенций в маркетинге и анализе рынков. Но самый болезненный момент – масштабирование. Лабораторный образец – это «тепличный» продукт. Когда мы пытаемся перенести его

в промышленное производство, выясняется, что технология требует полной переработки, оптимизации процессов и дополнительных испытаний. Это увеличивает сроки и стоимость, создавая те самые риски, которые часто хоронят проект еще до выхода на рынок; так инновация попадает в ловушку «долины смерти».



**Андрей Косовский,**  
генеральный директор  
НПО «Центр», кандидат  
экономических наук,  
доцент

– Для нас как для коммерческой структуры главный враг – время. В НПО «Центр» создание сложной, высокотехнологичной техники занимает в среднем 2–3 года. За этот период внешняя среда претерпевает значительные изменения, трансформируется потребность в конкретной разработке. Могут сузиться или полностью закрыться целевые ниши под воздействием геополитических факторов, появиться альтернативные технологические решения, измениться стоимость комплектующих и логистических услуг. То есть совокупное действие указанных факторов способно существенно осложнить процесс внедрения. Поэтому я убежден, что после старта разработки критически важен постоянный мониторинг. Мы не можем позволить себе работать «вслепую» до самого финала. Нужно иметь механизмы оперативной корректировки функциональных характеристик изделия прямо в процессе разработки. Если мы не будем гибкими, то рискуем выпустить технически безупречный продукт, но коммерчески мертвый.



**Георгий Вершина,**  
генеральный  
директор Научно-  
технологического парка  
БНТУ «Политехник»,  
кандидат технических  
наук, доцент

– К числу проблем коммерциализации следует отнести отсутствие гарантированного предпочтения со стороны потребителей в отношении новых видов изделий. Отечественный рынок инертен: предприятия привыкли работать на проверенных решениях, тогда как инновации сопряжены с рисками сбоев, необходимостью переобучения персонала и высокими издержками на начальном этапе, пока объемы выпуска не достигнут плановых показателей. Данные обстоятельства существенно сдерживают вывод инновационной продукции на рынок и снижают темпы ее распространения. Кроме того, целесообразно обратить внимание на недостаточную развитость механизмов стимулирования как разработчиков, так и субъектов, принимающих на себя инновационные риски в рамках тех же государственных программ. Ограниченность таких механизмов снижает заинтересованность участников в создании, адаптации и практическом освоении новых решений.

Остро стоит и кадровая проблема. Для успешной коммерциализации разработки недостаточно быть гениальным ученым – необходима междисциплинарная команда, включающая проектных менеджеров, маркетологов, финансовых аналитиков и юристов, способных обеспечить защиту интеллектуальной собственности. В научных организациях традиционно приоритет отдается «чистой» науке,

а вопросы продвижения считаются вторичными. Однако без предпринимательской жилки, без способности адаптироваться к неопределенности любая, даже самая прорывная разработка рискует остаться лишь отчетом на полке.



**Владимир Богоненко,**  
доцент кафедры  
гражданского  
права Полоцкого  
государственного  
университета  
им. Евфросинии Полоцкой,  
кандидат юридических  
наук, доцент

– Мы ходим вокруг да около. И права Светлана Михайловна, что корень проблем кроется в ключевой системной ошибке, в отсутствии четкого определения характера исследований на старте. Мы часто смешиваем научную деятельность, где результат – это знание, с научно-технической, где результат – это товар. Нам нужно законодательно закрепить механизм, который позволит на входе классифицировать проект. Если это фундаментальная наука – не требуйте от нее коммерции, прикладная – будьте добры, покажите бизнес-модель.

И второе, что я считаю обязательным – рыночная экспертиза на этапе формирования технического задания. Сейчас мы часто тратим бюджетные деньги на разработку, а потом удивляемся, почему она не продается. Если ввести жесткую экспертизу на входе, которая будет отвечать на вопрос: «Нужен ли этот продукт рынку?» – мы сэкономим колоссальные ресурсы. Это позволит отсеивать заведомо нежизнеспособные проекты еще до того, как в них будут вложены миллионы.

**Андрей Косовский:**

– Безусловно, следует разделять подходы к оценке фундаментальных и прикладных работ. Целью первых является получение новых знаний и их эффективность во всем мире оценивается публикациями. Однако они важны и для прикладной науки, особенно если новшество еще не перешло в стадию ОКР, что не позволяет оценить его рыночный потенциал в полной мере. Возможно, проблему можно решить, используя метод зрелости технологии, и тем самым минимизировать риски при переходе от идеи к внедрению. Скажем так, разработку гораздо проще коммерциализировать при наличии комплекта конструкторской либо технологической документации, лабораторного либо экспериментального образца. Например, у нас реализован такой порядок: новые идеи проходят путь от расчетов – математической модели – до опытного образца, годного для использования в промышленности. И уже на старте важным показателем является актуальность разработки, наличие запроса со стороны заинтересованных лиц и поддержка потенциальных потребителей.

**Георгий Вершина:**

– Обязательная рыночная экспертиза проектов на этапе формирования технического задания, а также выстраивание стратегии выведения на рынок нового продукта должна быть. При этом требования к ее содержанию могли бы коррелировать с целями выполнения соответствующих исследований и разработок. В настоящий момент подобная процедура фактически реализована в рамках действующей системы государственной научной и научно-технической экспертизы. Так,

например, реализуемые подходы к оценке заданий ГПНИ, НТП, ГПИР между собой существенно различаются. Конечно, возможно уточнение отдельных требований в рамках указанных программ, но данная задача может быть успешно решена за счет учета сложившейся практики и опыта исполнителей исследований и разработок, экспертного сообщества и заказчиков.

**Андрей Косовский:**

– Важно разделять понятия «создание новшества» и «проработка рынка для новшества».

В процессе получения новых знаний перед учеными не стоит задача проведения рыночной экспертизы. Да и на старте и даже при создании новации стратегия выведения нового продукта на рынок не обязательна, поскольку результаты НТД могут иметь фундаментальный либо промежуточный характер. Кроме того, рынок, мы уже говорили об этом, за время разработки может измениться. С другой стороны, бывает и так, что само новшество формирует рынок. То есть, выстраивание стратегии выведения на рынок нового продукта целесообразно реализовывать на завершающих этапах разработки.

**Георгий Вершина:**

– Полагаю, в данном вопросе уместен дифференцированный подход. Действительно, не всякая научно-техническая разработка на начальном этапе предполагает наличие четко сформированной стратегии выведения на рынок, особенно если речь идет о фундаментальных исследованиях или промежуточных результатах научно-технической деятельности. Однако в отношении прикладных разработок, изначально ориентиро-

ванных на практическое внедрение, проведение ранней рыночной оценки оправданно. Она позволит определить потенциальные сферы применения, круг заинтересованных потребителей, а также выявить основные ограничения, способные повлиять на востребованность результата в будущем.

**Андрей Косовский:**

– С этим подходом можно согласиться, если не подменять научную и научно-техническую деятельность исключительно нацеленностью на требования рынка. Следует учитывать, что значительная часть перспективных решений на раннем этапе еще не имеет очевидных контуров конечного продукта. Более того, в ряде случаев именно создание принципиально нового решения впоследствии приводит к формированию нового сегмента рынка, а не наоборот. Поэтому чрезмерная ориентация на предварительные оценки может сузить поле поиска и ограничить возможности для появления действительно прорывных технологий.

**Георгий Вершина:**

– Следует остановиться на необходимости поэтапного сопровождения разработок элементами рыночной экспертизы. На ранних стадиях это может быть предварительная оценка потенциальной области применения и перспектив востребованности, на последующих – более детальная проработка вопросов позиционирования, конкурентных преимуществ, модели коммерциализации и стратегии выведения продукта на рынок. Такой подход позволит, с одной стороны, не создавать избыточной нагрузки на исполнителей, а с другой – не упускать из поля

зрения прикладной и экономической потенциал создаваемых решений.

**Андрей Косовский:**

– Представляется, что поэтапность в данном случае – наиболее рациональный подход. Он позволит учитывать специфику различных видов исследований и разработок, а также характер ожидаемых результатов. Для фундаментальных изысканий достаточной может быть общая оценка долгосрочной перспективности направления, тогда как для прикладных и опытно-конструкторских – более глубокая проработка рыночных параметров. Важно, чтобы соответствующие требования были соразмерны стадии зрелости технологии и не носили формального характера.



**Жанна Комарова,**  
главный редактор  
журнала  
«Наука и инновации»

– Надо полагать, что речь идет о необходимости формирования сбалансированной системы, в которой научная новизна, технологическая реализуемость и рыночная применимость рассматриваются не изолированно, а во взаимосвязи. Только в таком случае можно снизить вероятность того, что значимые результаты научно-технической деятельности останутся невостребованными, несмотря на их высокий научный или инженерный потенциал.

**Андрей Косовский:**

– Хотел бы обратить внимание на распространенные методики оценки потенциала ком-

мерциализации научно-технических разработок. В мире существуют различные методологии и инструменты. Например, американская система критериев оценки технологий ориентирована на потребности рынка. Это инвестиционные затраты, время окупаемости, прибыльность, социальный эффект и т.д. По методике LIFT, созданной в рамках 5-й Рамочной программы Европейского союза, как минимум трое специалистов оценивают инновационный проект по модульным разделам, позволяющим учитывать различные его стороны. Методология ТАМЕ применяется в качестве системной оценки объектов интеллектуальной собственности и их коммерческого потенциала. Одним из наиболее целесообразных считается метод экспертных оценок, который включает в себя формулирование цели, выбор системы критериев и показателей, определение их приоритетности, экспертизу и обработку результатов. Он в адаптированном виде применяется специалистами нашего центра в ходе рассмотрения результатов разработок научно-техническим советом, в который входят ведущие научные работники, конструкторы, технологи.

**Жанна Комарова:**

– Итак, мы можем сделать вывод, что коммерциализация – это вопрос компетенций, рыночного мышления и жесткой экспертизы на входе. Значит ли это, что нужно менять доминирующую на сегодня отчетно-публикационную модель оценки научной деятельности для учета рыночного потенциала разработок и что науке пора «выходить из лаборатории» и учиться говорить на языке экономики?



**Юрий Нечепуренко,**  
начальник научно-инновационного отдела НИИ физико-химических проблем БГУ, кандидат химических наук

– Полагаю, в данном случае речь не должна идти о полном отказе от существующей модели. Научные публикации, безусловно, остаются важнейшим показателем результативности исследований, особенно в фундаментальной науке. Однако применительно к прикладным работам такая система оценки уже не может считаться исчерпывающей. В нее следует в большей степени интегрировать показатели, характеризующие прикладной, технологический и рыночный потенциал создаваемых решений. Правильно говорили, что необходим непрерывный мониторинг – проведение маркетинговых и патентных исследований, поскольку ситуация на рынке постоянно меняется.

#### **Жанна Комарова:**

– То есть, по сути, речь идет не о замене одной модели другой, а о расширении самой логики оценки научной деятельности?

#### **Юрий Нечепуренко:**

– Именно так. Представляется, что научная новизна, публикационная активность и практическая применимость не должны противопоставляться друг другу. Напротив, необходима такая модель, которая позволяла бы учитывать специфику разных типов исследований. Для фундаментальной науки приоритетными, естественно, остаются академические критерии, тогда как для при-

кладных – наличие охраноспособных результатов, потенциал внедрения, степень технологической готовности, заинтересованность партнеров, перспективы выхода на рынок и экономической отдачи. Опыт НИИ физико-химических проблем БГУ однозначно подтверждает: для того чтобы успешно коммерциализировать результаты научных изысканий, необходимо сбалансированно выполнять как фундаментальные, так и прикладные исследования. Иначе очень скоро наступит кризис с отсутствием новых разработок, что мы и наблюдаем во многих научных структурах.

#### **Андрей Косовский:**

– Хотел бы подчеркнуть, что для организаций, работающих по полному инновационному циклу, связь между научным результатом и его практической реализацией носит не теоретический, а прикладной характер. В таких условиях эффективность разработки оценивается не только с точки зрения научной состоятельности, но и через возможность доведения результата до конкретного изделия, технологии или производственного решения. Поэтому ориентация на последующее внедрение должна учитываться еще при постановке задач, особенно если речь идет о разработках, изначально предназначенных для освоения. Опыт НПО «Центр» показывает, что для нас именно полный инновационный цикл – самый эффективный. Для его реализации есть все условия: научно-технический центр с отраслевой лабораторией, конструкторско-технологические отделы, производство, оснащенное современным оборудованием. Практически все научно-исследовательские работы в

нашей организации направлены на формирование задела для дальнейшего создания и выпуска опытных образцов новой техники и далее – ее освоения. На это же нацелены и опытно-конструкторские работы, а также на производство инновационной импортозамещающей и экспортноориентированной продукции. И уже последующая ее реализация дает нам возможность получать коммерческую отдачу, а предприятию развиваться. Перспективность практической реализации разработки на базе собственного производства – «краеугольный камень» при оценке результатов. Кроме экономической составляющей рассматриваются и возможные социальные эффекты для республики в целом – например, освоение позиций критического импорта либо поддержание компетенций в перспективном высокотехнологичном направлении.

#### **Владимир Богоненко:**

– Нельзя не отметить, что переход к более экономически ориентированной модели оценки научной и научно-технической деятельности требует соответствующей институциональной и нормативной базы. Недостаточно просто зафиксировать необходимость учета рыночного потенциала разработок – важно обеспечить механизмы, позволяющие корректно отражать создаваемые результаты, оценивать и управлять активами организации. Пока они остаются слабо унифицированными, многие объекты интеллектуальной собственности, даже обладая высоким прикладным потенциалом, не получают должного оформления и, соответственно, не вовлекаются в хозяйственный оборот. Если предприятие не располагает

понятными внутренними процедурами признания, оценки, правовой защиты и последующего использования ОИС, то даже перспективная разработка может остаться исключительно научным результатом, не став экономическим активом. В этом смысле прозрачность правил учета и капитализации затрат, связанных с созданием и охраной нематериальных активов, имеет не только бухгалтерское, но и стратегическое значение. К примеру, в Полоцком государственном университете создана и работает комиссия по их признанию для постановки на бухгалтерский учет. По результатам работы составляется акт, в котором указываются: наименование юридического лица, проводившего экспертизу, ее цель, дата проведения, наименование объекта, данные, применяемые для оценки, перечень использованных документов и собственно результаты. Несмотря на наличие отлаженного механизма, в практической деятельности университета возникают сложности, связанные с выбором оптимальных методов определения стоимости ОИС. Существующая нормативная база не всегда позволяет однозначно квалифицировать специфические затраты, возникающие в процессе создания и правовой охраны объектов интеллектуальной собственности, как часть первоначальной стоимости нематериального актива. На наш взгляд, целесообразно ее дополнение в сфере бухгалтерского учета, отчетности и оценки стоимости ОИС нормами, четко регламентирующими состав затрат, включаемых в первоначальную стоимость актива. Ведь прозрачный механизм формирования стоимости актива – фундамент для его дальнейшей коммерциализации.

#### **Жанна Комарова:**

– В портфеле каждой организации за годы ее деятельности накапливается немало результатов, полученных ранее и не использованных или не доведенных до стадии коммерциализации, которые часто пылятся в архивах. Есть ли необходимость в проведении их аудита?

#### **Юрий Адамейко:**

– Подобного рода ревизия может быть целесообразна с разных точек зрения и с позиции того, на каком этапе находились исследования, какие решения уже созданы и какие можно использовать повторно, что, в свою очередь, сократит время и ресурсы на возобновление работ. Кроме того, некоторые «старые» разработки могут стать основой для новых идей, а их методы или экспериментальные данные – применяться или адаптироваться для современных задач. Вопрос здесь исключительно в актуальности и качестве ранее полученных результатов и ресурсах. Поэтому так важен баланс между ними. Безусловно, применим и подход выборочной проверки, когда анализируется лишь часть архивных материалов. Он позволит установить наличие перспективных продуктов без проведения масштабного аудита, но его целесообразность зависит от стратегических целей, состояния документации и потенциальной ценности имеющихся заделов.

#### **Андрей Косовский:**

– На мой взгляд, вопрос в том, какие цели преследуются при проведении подобной ревизии. Если необходимо заново переосмыслить результаты и, возможно, в свете новых знаний реализовать товары, которые ранее были признаны неперспективными либо невозможными, то это, несомненно, имеет смысл.

#### **Юрий Нечепуренко:**

– Сомнений в том, что аудит «старых» результатов НИОКР нужен, нет. Практика показывает, что многие из них представляют коммерческий интерес, но не учтены в балансе организаций. Именно для этого необходима инвентаризация.

#### **Жанна Комарова:**

– И все же трансфер технологий остается довольно сложной процедурой. Предприятия неохотно берут разработки научно-образовательной сферы. В чем причины такого положения?

#### **Андрей Косовский:**

– Мы уже частично затрагивали этот вопрос, но, на мой взгляд, проблема кроется в глубинном разрыве между теоретической разработкой и практической реализацией. Промышленные предприятия зачастую требуют стопроцентной гарантии достижения заявленных показателей при переходе от экспериментальных образцов к опытным. Опираясь на существующую практику нашего центра, могу привести характерный пример. Нами был создан экспериментальный образец цепной дробилки для получения RDF-топлива, пригодной для применения в процессе обжига клинкера в цементной промышленности. Полученный продукт с запасом удовлетворял всем требованиям потребителей. В установке данного типа объективно нуждаются мусороперерабатывающие заводы республики. Однако для начала финансирования проекта они хотят гарантированного обеспечения эксплуатационных параметров, при этом отказываются участвовать в процессе испытаний, не говоря уже о, возможно, необходимой доработке

опытной линии. Спрогнозировать все характеристики машины при переходе от эксперимента к промышленному производству с высокой степенью точности сложно – процесс испытаний и доработки является обязательным. То есть потребители отказываются от совместной работы над отечественной конструкцией, взамен зачастую привлекают иностранные компании, которые впоследствии сложно призвать к ответственности за невыполнение обязательств.

Имея возможность реализации проектов по производству и испытаний опытных образцов и располагая необходимыми компетенциями, мы при наличии финансирования готовы решить данный вопрос, но по-прежнему сталкиваемся с недопониманием со стороны заказчиков. Что тогда говорить о научных организациях, в составе которых нет квалифицированных конструкторско-технологических подразделений и тем более оснащенных современным оборудованием производственных цехов? Для них этот барьер становится практически непреодолимым.

### **Георгий Вершина:**

– Как показывает опыт, наиболее действенной моделью сотрудничества с промышленными предприятиями является поставка им готовой продукции, созданной и изготовленной, в нашем случае, технопарком или его резидентами. При этом самым трудно реализуемым остается предоставление прав на научно-технические разработки на основе лицензионных договоров. Это обусловлено необходимостью выстраивания сложной системы сопровождения: от освоения продукции в производстве до мониторинга выпуска и кон-

троля качества, а также расчета экономического эффекта.

### **Андрей Косовский:**

– В нашей практике поставка готового оборудования или технологии осуществляется в рамках коммерческих договоров – от отгрузки единичных образцов до полноценного инжиниринга и реализации проектов «под ключ». Кроме того, мы прорабатываем варианты совместного выполнения проектов в рамках НИОКР государственных программ, а также инновационных проектов.

### **Юрий Адамейко:**

– В НИИ радиоматериалов наиболее эффективной моделью стали контрактные исследования. В этом формате предприятия формулируют конкретные узкие задачи, а институт выполняет НИОКР под заказ. Как итог, обе стороны довольны: бизнес получает прикладные решения, ориентированные на его производственные потребности и существующую инфраструктуру, а научная организация – стабильное финансирование и возможность развивать прикладные направления исследований.

Хорошо зарекомендовали себя и совместные проекты по разработке технологий. В их рамках происходит объединение ресурсов, компетенций и инфраструктуры научной организации и промышленного партнера. Это позволяет быстрее создавать новые материалы, технологии или изделия и повышает общий инновационный потенциал. Однако важно подчеркнуть, что такие проекты требуют четкого распределения ролей и заранее согласованных условий, особенно в части прав на объекты интеллектуальной собственности.

Перспективной, но пока менее развитой моделью остается венчурное финансирование, однако оно связано с рисками и требует высокого уровня доверия между инвесторами и разработчиками, а также прозрачных механизмов управления. В долгосрочной перспективе важную роль может сыграть создание инновационных экосистем, объединяющих научные организации, предприятия и частные структуры. Такие экосистемы формируют благоприятную среду для развития технологий и их последующего внедрения в промышленность.

### **Георгий Вершина:**

– Задача может быть решена только постепенно и за счет формирования устойчивых связей промышленных предприятий с научно-исследовательским сектором. При этом сперва необходимо расширение участия промышленных предприятий в государственных и региональных научно-технических программах, Государственной программе инновационного развития за счет наличия стимулирующих механизмов. После формирования устойчивой практики будут более взвешенно оцениваться возможные риски.

### **Юрий Нечепуренко:**

– Предприятиям, как правило, нужен сразу и сегодня «рабочий» результат, а проведение НИОКР – это, как правило, «длинные» деньги с высокими рисками. Необходимо дополнительно разработать экономические механизмы стимулирования такой деятельности.

### **Жанна Комарова:**

– Выходит, все упирается в проблему распределения рисков, но сегодня ситуация такова, что вся ответственность за создание новой продукции ложится

на плечи разработчика-ученого. Производственные предприятия, опасаясь ее, требуют гарантий, которых в инновациях по определению быть не может.

**Андрей Косовский:**

– Действительно, отсутствие механизмов разделения рисков – проблема. Ученый не может гарантировать стопроцентный успех внедрения, а завод не хочет рисковать своими деньгами. В результате мы имеем «замороженные» инновации. Нам нужны структуры – частные или государственные, которые возьмут на себя роль «страховщика» рискованных проектов. Необходим переход к модели, ориентированной на совместный результат, где государство говорит производителю: «Попробуйте внедрить эту технологию. Получится – вернете часть прибыли. Не получится – государство возьмет на себя убытки». В качестве примера следует обратить внимание на израильский подход: если разработка успешно внедрена, производитель возвращает средства (например, 3% от продаж), если же проект не «взлетел» – государство или соответствующий фонд списывают эти затраты как риск инновации. Это снимает психологический и финансовый барьеры со всех сторон, а также позволяет конкурировать с иностранными поставщиками, которые сейчас кажутся заводам «безопаснее» просто из-за наличия контракта, даже если он не работает.

**Георгий Вершина:**

– Соглашусь с коллегой, но добавлю: нам не нужно изобретать велосипед, у нас уже есть Белорусский инновационный фонд. Это перспективный механизм, который дает весомые льготы при предоставлении займов.

Но давайте будем честны: бизнес живет в ритме рынка, а не в ритме бюрократических согласований. Чтобы он заработал на полную мощность, нам нужно «подкрутить» операционные процессы. Главная претензия сегодня – это скорость. Если мы сократим сроки рассмотрения проектов и сделаем финансирование более оперативным, то этот фонд станет по-настоящему эффективным драйвером внедрений.

**Юрий Нечепуренко:**

– Что касается стимулов, то существует ошибочное мнение, что в Беларуси такие инструменты представлены слабо. На самом деле это не так. У нас имеется достаточно развитое законодательство в этой области. На основании собственного опыта могу утверждать, что при умелой организации системы стимулирования авторы результатов интеллектуальной деятельности могут получать значительные материальные вознаграждения. И этому есть конкретные примеры.

**Жанна Комарова:**

– Сегодня мы обсуждаем достаточно много дискуссионных проблем в сфере науки и производства. Но как вы оцениваете готовность персонала к коммерциализации результатов научно-технической деятельности?

**Андрей Косовский:**

– Пожалуй, это один из самых больших вопросов. Если посмотреть на ситуацию объективно, то мы видим здесь три уровня проблемы: концептуальный, образовательный и практический. Есть вопрос терминологии и ответственности, мы часто путаем понятия. Ученые к коммерциализации готовы, но проблема в том, что мы требуем от них эффектив-

ности, хотя это зона ответственности предприятия. Ученый создает продукт, а предприятие должно обеспечить его результативность – то есть достижение параметров, прописанных в техническом задании. На таких предприятиях, как НПО «Центр», где коммерциализация – ежедневная задача каждого сотрудника, этот процесс идет успешно. Но в целом по стране нам нужно сместить фокус: от ученого – к производителю, который должен уметь довести разработку до рынка.

**Юрий Нечепуренко:**

– Коммерциализация – это финишная прямая системы управления интеллектуальными активами, в том числе нематериальными. Здесь недостаточно быть просто инженером или экономистом. Нужен «коктейль» из технических, юридических и экономических знаний. К сожалению, системной подготовки таких менеджеров инноваций в Беларуси пока не хватает, и именно этот кадровый голод тормозит внедрение разработок.

**Владимир Богоненко:**

– В Полоцком государственном университете перешли от стадии «осознания важности» к стадии «системного управления». Готовность персонала – это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, и мы выстроили его на трех фундаментальных уровнях: образовательном, информационном и организационном. Во-первых, это постоянное развитие компетенций. Во-вторых, с 2021 г. в университете успешно функционирует Центр поддержки технологий и инноваций. В-третьих, мы создаем экспертную среду. Таким образом, я оцениваю готовность нашего персонала как высокую, потому что мы создали

экосистему, где каждый сотрудник понимает: интеллектуальная собственность – это не только научный результат, но и экономический актив, требующий профессионального управления.

## **Жанна Комарова:**

– Мы много говорили о создании экосистем внутри академических структур, вузов и предприятий. Но ведь любая экосистема существует в правовом поле. Как вы считаете, успевает ли наше законодательство за запросами времени? Нужны ли нам изменения в нем?

## **Светлана Данилова–Третьяк:**

– В одном из своих недавних выступлений А.Г. Лукашенко сказал: «Ждем качественного рывка от науки как инновационной основы развития». Но для «качественного рывка» необходим пересмотр законодательства в сфере научно-технической деятельности. К примеру, до 2008 г. все промышленные организации нашей страны предусматривали в своих расходах статью на взаимодействие с научными организациями и направляли соответствующие финансы на заключение договоров. Такой механизм позволял и науке не стоять на месте, и заводам решать свои задачи. Сегодня вроде бы и существует «задачник от промышленности», но совсем немногие из заявленных там предприятий готовы платить за решение. Ждут, что это будет сделано в рамках ГПНИ, что невозможно по определению из-за объемов финансирования и специфики расходования средств. Или в рамках ГНТП, что более реально, но зачастую тоже невозможно по другим причинам, например несвоевременности финансирования, затяну-

тости процедур закупок за счет бюджетных средств, отсутствия ответственности предприятия за внедрение результата научно-технической деятельности.

## **Георгий Вершина:**

– Любые изменения в законодательстве должны опираться на критический анализ практики, а не на теоретические предположения. Сейчас мы наблюдаем существенные изменения в подходе к формированию Государственной программы инновационного развития. Это фундаментальный сдвиг, который повлияет на всю научно-техническую политику. Моя позиция такова: целесообразно подождать 3–5 лет. За этот период мы увидим реальный эффект от новой программы и поймем, где именно «буксует» система. При этом мы должны постоянно мониторить лучшие мировые практики, чтобы понимать, что из них реально применимо в нашей социально-экономической модели.

## **Юрий Нечепуренко:**

– Соглашусь с коллегой в том, что вопрос сложный, но нет времени ждать, вижу проблему глубже. Мы привыкли формировать программы «снизу»: от того, что ученые могут сделать, а не от того, что требует рынок. Если мы просто поменяем законы, но сохраним этот подход, ситуация с наполнением программ не улучшится. Моя точка зрения: необходимо менять сам подход к управлению инновационным проектом. В его основе должно лежать эффективное управление интеллектуальной собственностью. Но это требует денег и компетенций.

## **Владимир Богоненко:**

– Я убежден, что адаптация необходима здесь и сейчас. Мы

видим конкретные «узкие места», тормозящие процесс. Нам необходимо внести отдельные изменения в действующее законодательство. В частности, в Гражданском кодексе в разделе V «Интеллектуальная собственность» и главе 38 о выполнении НИОКР нужны более гибкие нормы для работы с результатами интеллектуальной деятельности. В Законе «Об основах государственной научно-технической политики» необходимо закрепление новых механизмов поддержки. В Законе «Об авторском праве и смежных правах» следует брать в расчет цифровизацию экономики. В пересмотре нуждается Закон «О бухгалтерском учете и отчетности», так как текущие правила часто не позволяют эффективно учитывать и ставить на баланс объекты интеллектуальной собственности как активы.

## **Андрей Косовский:**

– Владимир Антонович прав в том, что механизмы нужно обновлять, но я бы добавил к этому еще и финансовый аспект. Проблема коммерциализации часто кроется в оценке эффективности. Сейчас она направлена на отдельные задания, а должна ориентироваться на программу в целом либо переходить на поэтапную оценку. Посмотрите на опыт США и программу SBIR: там ведется жесткий мониторинг. Финансирование следующего этапа невозможно без успешной сдачи предыдущего. Да, если проект провалился, средства не возвращаются – это риск, заложенный в инновации. Но такая поэтапность дисциплинирует разработчиков и заставляет их думать о конечном результате, а не просто об освоении бюджета. Возможно, именно внедрение таких механизмов в наше законодательство – то, что нам нужно на данном этапе.

**Светлана Данилова–Третьяк:**

– Позвольте от общего перейти к частному – Указу «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств» от 04.02.2013 г. №59, который, на мой взгляд, звучит довольно размыто. Например, законодательно определены формы реализации научной и научно-технической деятельности: государственные программы научных исследований, государственные научно-технические программы, государственные программы более высокого уровня, инновационные проекты, отдельные проекты фундаментальных и прикладных научных исследований в НАН Беларуси, в различных ведомствах, фундаментальные проекты БРФФИ. Почему бы не размежевать порядок коммерциализации для каждой из этих форм? Отмечу, что в указе упомянуты отдельным абзацем (п. 1.1) государственные научно-технические программы и инновационные проекты, которые «завершаются конкретной продукцией, опытными образцами и технологиями и могут или должны быть введены в гражданский оборот». Проекты БРФФИ по определению носят фундаментальный или фундаментально-ориентированный характер, то есть не подлежат коммерциализации. А что с заданиями ГПНИ и другими НИР? Первые формируются для реализации научной деятельности, которая, в свою очередь, представляет собой «творческую деятельность, направленную на получение новых знаний о природе, человеке, обществе, искусственно созданных объектах и использование научных знаний для разработки новых способов их применения» (Закон «О науч-

ной деятельности» от 21.10.1996 г. №708-ХІІІ в редакциях). К видам научной деятельности относятся фундаментальные и прикладные научные исследования. Ключевым словом является «исследование»! То есть изучение, выяснение, поиск ответов на вопросы: как, почему, возможно ли? И результат исследований может ограничиваться как раз логичным в этом случае отчетно-публикационным представлением. Эффективно ли это? Поверьте, что да. Может, не здесь и сейчас. Но так «работает» наука. С отсроченным эффектом. Подлежат ли результаты ГПНИ коммерциализации? Скорее нет. Результаты научных исследований – это лишь ступень к научно-технической деятельности, и далеко не всегда следующий шаг можно сделать мгновенно.

Что об этом говорит указ? Как оказалось, каждый трактует его по-своему. Участие в приемке только что завершившихся пятилетних ГПНИ и в анализе заявок в новые программы показало, что научное сообщество, чтобы избежать отчетности коммерциализации, «выкручивается, как может», называя итоговые – полученные или ожидаемые результаты промежуточными. Но такие, как записано в указе, не подлежат коммерциализации, имеют вполне конкретное определение – «созданные или полученные в процессе проведения научных исследований», а не как итог последних, о котором нужно говорить по завершении проекта. Как видим, даже терминология, используемая в указе, трактуется неоднозначно.

Вернемся к итоговому результату и тому, что, согласно указу, он может быть использован для собственных нужд, то есть в дальнейших исследованиях и разработках. А если он оказался «на

полке» из-за того, что группа ученых в следующий период сконцентрировалась на проекте, не связанном с предыдущей тематикой? Через три года, оговоренные в указе, не осуществлена коммерциализация и следует наказание, а через четыре – результат как раз понадобился. Потому что, повторюсь, у науки отсроченный эффект. Но уже поздно, организация понесла наказание.

Выход в чем? Или искать фундаментальность в любых своих исследованиях, или утверждать, что результаты не подлежат коммерциализации согласно сложной формулировке, появившейся благодаря одной из редакций указа, о «результатах прикладных исследований, являющихся объектами авторского права, направленных на достижение только социального эффекта и использование для собственных нужд». Что имеется в виду? Отчет о НИР? Думаем, что да. Объект авторского права.

Следовательно, имеет смысл четко озвучить, что результаты ГПНИ и вообще научных исследований в рамках других видов НИР не подлежат коммерциализации. И не надо ждать чуда. Необходимо понимать, что вложение бюджета в науку – это прежде всего вложение в компетенции страны, в возможности развития и движения к технологическому суверенитету. Можно не соглашаться, но напомним цитату физика Ф. Жолио-Кюри: «Наука необходима народу. Страна, которая ее не развивает, неизбежно превращается в колонию». ■

Ирина СТИГАЙЛО



Физико-технический институт НАН Беларуси (ФТИ) занимает активную позицию в развитии белорусского промышленного сектора, обеспечивая долгосрочное партнерство и технологическую устойчивость. О ключевых направлениях сотрудничества с этой отраслью, роли учреждения в адаптации технологий к современным требованиям, важности интеграции научных исследований в практическую плоскость рассказывают доктор физико-математических наук **Виталий ЗАЛЕСКИЙ**, долгое время возглавлявший ФТИ, а с недавних пор занимающий должность первого заместителя Председателя Президиума НАН Беларуси, и ученый секретарь института, кандидат технических наук **Анна БАСАЛАЙ**.

# ФИЗИКО- ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ: ИННОВАЦИИ и партнерство (к 95-летию института)

## **Виталий Залеский:**

– ФТИ уделяет пристальное внимание взаимодействию с предприятиями Министерства промышленности – это его ключевые партнеры, хотя институт и не ограничивается только этой отраслью. Активно сотрудничает с секторами энергетики и микроэлектроники, с организациями военно-промышленного комплекса, строительной индустрии и Министерства по чрезвычайным ситуациям. В 2025 г. в институте было выполнено более 600 договоров в интересах как государственных, так и частных организаций. Основной спрос приходится на разработки в таких областях, как индукционные и литейные технологии, ионно-плазменная и химико-термическая обработка, обработка материалов давлением, формирование покрытий различного целевого назначения. Реализация инноваций и технологических решений, как правило, осуществляется в рамках заданий и мероприятий государственных программ научных исследований (ГПНИ), государственных научно-технических программ (ГНТП), государственных программ (ГП), хозяйственных договоров и контрактов, которые предполагают выполнение конкретных задач в сфере услуг и поставки оборудования.

Должен сказать, что коллектив института обладает глубоким пониманием текущего состояния рынка благодаря многолетнему опыту в области традиционных технологий. Однако с завершением эпохи дорогих и редких материалов изменились требования к ним. В настоящее время акцент сместился в сторону снижения стоимости, при этом стандарты качества стали намного выше. Все это вынуждает ученых пересматривать свои подходы к работе и предлагать компаниям не только материалы с приемлемой ценой, но и с максимально высокими потребительскими характеристиками. Эта задача не из легких: ведь изначально необходимо недорогой материал обработать таким образом, чтобы довести его свойства до предельного уровня.

К тому же приходится учитывать и подстраиваться под планы развития отечественных предприятий, а они у всех разные. Сказываются новые тенденции в самих секторах экономики. Например, в машиностроении наблюдается снижение себестоимости и сокращение жизненного цикла изделий. Если ранее машины и оборудование могли служить по 20–30 лет, то сегодня этот срок сократился примерно до 7, после чего неизбежно их обновление. Это касается и приборов, и устройств, и промышленного оборудования, и техники. Конечно, хотелось бы, чтобы «железо» работало вечно, но так не бывает, что, на мой взгляд, обусловлено несколькими причинами. Во-первых, возросшей конкуренцией, требующей от производителей создания более доступного, простого и быстро обновляемого оборудования. Во-вторых, перед компаниями стоит двойная задача – обеспечивать высокие объемы продукции в непре-

рывном цикле производства и одновременно расширять ассортимент для удовлетворения запросов потребителей.

### ■ Как приоритеты на импортозамещение и технологическую устойчивость повлияли на работу института?

– Они усилили роль института и спрос на компетенции, заставили концентрироваться на технических аспектах, поиске ответов на запросы экономики. В этой связи хотел бы указать на более существенные внешние факторы, которые в принципе изменили структуру и подходы в промышленности. В частности, предприятия перешли от большого количества изделий из малого номенклатурного ряда к малому количеству изделий с большой номенклатурой. Это означает, что на заводах теперь нужно больше технологических переделов, другого оборудования, новой оснастки. Сейчас массовое производство одинаковых товаров сменяется на массовую кастомизацию, такой гибридный подход. Его цель – производить товары в больших объемах, но при этом адаптировать их под нужды конкретного заказчика.

О чем это говорит? Если раньше заводу было достаточно, к примеру, иметь 10 однотипных станков, то сейчас, чтобы оставаться на плаву, ему нужны либо более универсальные устройства, приспособленные к различным технологиям, либо много оснастки или других механизмов. Но иметь все невозможно, это дорого как при покупке, так и в обслуживании. Кроме того, нужны высококвалифицированные специалисты, способные быстро адаптироваться к новым условиям. Так что

это довольно сложный процесс. Поэтому отечественные заводы, на мой взгляд, начали более избирательно подходить к технологическим решениям, стали учитывать стоимость, функциональность и реальную необходимость каждого элемента оборудования. В ответ на это институт стремится стать интегратором, предлагающим проекты «под ключ», формировать портфельные заказы или предложения, в том числе с их сопровождением. Он начал аккумулировать информацию по всем возможным технологиям в своей области, создавать центры компетенций, в которых работают не просто проектные группы, а команды подготовленных сотрудников, способных в сжатые сроки отработать ту или иную разработку и показать ее потребителю для исключения вероятности ошибки при выборе технологических и технических решений. Главный посыл, которым они руководствуются, – взять на себя информационно-экспертную функцию и тем самым быть полезными предприятиям в части более эффективного распоряжения финансами и временем. В целом это в значительной мере мотивирует их на сотрудничество с институтом.

### ■ То есть речь идет о комплексном подходе при модернизации, реализации инновационных проектов?

– Дело в том, что изменился подход Министерства промышленности и его экспертного совета к оценке инновационных проектов. Фактически Минпром стал запрещать покупку оборудования без технологий. Принцип «купим оборудование, станки, а потом разберемся» сейчас не работает. Это и позволяет

институту, в некоторой степени, взять на себя экспертную роль и обоснованно доказывать, какие технологии лучше всего подходят к тому или иному оборудованию. Эту функцию выполняют исследователи, инженеры и специалисты не только ФТИ, а и различных ведомств, включая академические институты и университеты. Таким образом формируются своего рода проектные группы, которые при необходимости могут предложить предприятиям возможность опробовать те или иные решения, либо изготовить малыми партиями изделия для демонстрации их ценности и преимуществ. И совсем не существенно, откуда появилось оборудование – сделано в институте или куплено у третьей стороны. Для специалистов важно объективно оценить их возможности. Ну, а выбор за самим предприятием. Вот один из примеров: когда белорусский завод намеревался купить оборудование в Индии, то до принятия окончательного решения были приглашены эксперты института.

■ **Удерживать баланс между научными исследованиями и производством – непростое дело. Как удается совмещать увеличение количества договоров с сохранением и развитием фундаментальной научной деятельности?**

– По итогам 2024 и 2025 гг. бюджетное финансирование ФТИ в рамках ГПНИ составляло примерно 15%, более «тяжелые» деньги – ГНТП и заказы предприятий – 30%, оставшаяся часть (55%) – прямые хоздоговоры. Как видно, последние преобладают, что стало серьезным испытанием для коллектива. Это вынудило

администрацию «заставлять» сотрудников заниматься наукой, чтобы они не слишком увлеклись производственной сферой. Фундаментальная наука – это накопление знаний, и то, что «выдумывают» ученые, позволяет заглянуть в будущее. Как бы ни были важны финансовые ресурсы, НИОКР с отечественными компаниями, Китаем и Россией – задел ФТН на перспективу. Кроме того, собственно творческий поиск решения задач, которые раньше не встречались, – процесс весьма захватывающий. Особенно важно поощрять молодежь вести научную деятельность, создавать интеллектуальный продукт. Есть еще один проблемный момент. На выполнение договорных обязательств уходит много времени, и практически ничего не остается на серьезные поисковые проекты. Осознание факта, что, кроме зарабатывания денег, должны создаваться и разрабатываться новые оборудование и технологии, – основа движения вперед. В том числе и для того, чтобы и завтра вести такую же успешную хоздоговорную деятельность. Не очень правильно институту превратиться просто в «завод», у него другая миссия. Но вопрос выживания, уровня содержания высококвалифицированных специалистов, к сожалению, часто становится приоритетным. При этом институт не закупает станки за рубежом, не «перетачивает» чужую продукцию – создает свое и новое. Штучное изделие делается у себя, чтобы отработать технологию и получить опыт. Если требуется массовое производство, тогда, конечно, передается документация промышленникам. Но внутри института всегда создаются уникальные кастомизированные вещи под конкретную задачу,

даже если базовая технология уже имеется. ФТИ не тиражирует, а «эволюционирует» каждое изделие.

■ **Выстраивая стратегию развития, руководство института опирается исключительно на имеющиеся научные школы или на вновь формируемые современные направления?**

**Анна Басалай:**

– Все основные направления – материаловедение, инженерия поверхности, обработка металлов давлением – родились давно, они лишь совершенствуются, в том числе с участием тех, кто стоял у истоков. Эти люди – наше конкурентное преимущество, гордость и традиции. Не просто критический фактор, а основа устойчивости и развития. Молодые специалисты вносят новые идеи и инициативы, но иногда их желание быстрее что-то сделать может быть опасным. Опыт старших коллег помогает сохранять баланс, взвешенно подходить к принятию решений. Средний возраст сотрудников института – немногим больше сорока лет, то есть у нас работают и молодые ученые, и старшие, более опытные коллеги. Именно это взаимодействие дает стабильность и уверенность в будущем. Наши ученые и специалисты открыты переменам, готовы изучать новое и адаптироваться к современным вызовам. Так что сочетание опыта, ответственности и гибкости – то, что позволяет институту не просто сохранять позиции, а уверенно двигаться вперед.

■ **На базе института созданы центры компетенций. Какие задачи они призваны решать?**

### **Виталий Залесский:**

– Эти структуры, по сути, представляют собой портфель технологических решений, разрабатываемых под конкретные вызовы, которые становятся все сложнее. Раньше институту было достаточно сделать и продать одну установку – сейчас этого мало. Несколько лет назад стало ясно, что нужно создавать комплексные инновационные проекты. Но для их реализации необходимо было объединить технологии – не только института, но и партнерских организаций, собрать пул экспертов – физиков, математиков, инженеров, то есть специалистов из разных академических структур, университетов, заводов, причем таким образом, чтобы каждый отвечал за свою часть работы в общей цепочке – от моделирования и испытаний до поставки заказчику. Так удалось сформировать целостную систему демонстрации заказчику всей цепочки создания оборудования или технологии: как было разработано решение, как проверялось, как работает на первом этапе на производстве. Кроме того, ученые берут на себя роль сопровождающего в реализации инновационных проектов, что обеспечивает конкурентное превосходство. Сейчас в институте 6 таких центров, но в перспективе планируется создать еще несколько.

### **■ Что представляет собой экосистема инноваций в ФТИ?**

– По факту это не просто предложение технологии и оборудования, а создание структуры, где все объединено, своего рода «магазин готовых решений», куда приходят специалисты предприятий и могут выбрать нужное им. Главное – чтобы все, что предла-

гается, было экономично, целесообразно, эффективно и применимо. Вот такая экосистема инноваций. Задача состоит в том, чтобы каждое направление института развивалось, находилось в связке с другими, а объединенные усилия рождали новые идеи, приводили к реальным результатам. Именно в этом видится его научно-технологическое будущее. Фактически все разработки института так или иначе связаны с практическим применением. Конечно, иногда трудно понять, где, когда, какая из разработок будет востребованной. Случаются ситуации, когда то или иное направление оказывается буквально не востребовано, но возможности доискиваться до причин нет, команда просто двигается дальше, но в какой-то момент времени все меняется. Так было с магнитно-импульсными технологиями, которые в силу ряда обстоятельств не вызвали большого интереса на отечественном рынке. А сегодня заключены контракты с Китаем на разработку технологий и поставку оборудования. Иногда можно слышать, что разработка лежит «под сукном». Все совсем не так, это накопление знаний и опыта. Просто всему свое время. Порой при получении запроса разработчики знают, что у них уже есть готовое решение и его можно быстро достать из «копилки» наработок. Это, если хотите, даже не архив, а арсенал. Поделюсь одним существенным наблюдением: если идея целостная, она не устаревает. Может поменяться оборудование, материалы, рынок, но технология остается актуальной. Иногда она требует простого подхода, к примеру обновления инструмента, – и она снова в деле. В качестве примера – новшества

в области обработки титана, которой институт давно занимается. Проблема в том, что в Беларуси этот металл используется относительно мало, поскольку существующее авиастроение не нуждается в больших объемах. В результате этот проект был на какое-то время поставлен «на паузу», а сейчас им активно интересуется китайский рынок.

### **■ Сегодня часто обсуждается вопрос: что ценнее – продать оборудование или технологическую документацию? Как регулируется этот процесс на практике?**

– Это вечная дилемма для разработчика. Самое ценное, конечно, – конструкторская документация, знания. Иногда продается оборудование даже, казалось бы, себе в ущерб, ведь после этого часть услуг перестает выполняться институтом. Но, с другой стороны, есть понимание, что если заказчик получит качественную технику, он останется с ним и в дальнейшем. Так, например, было поставлено однотипное оборудование на предприятие «Гомсельмаш», и когда заключали контракт на первые пару образцов, казалось, что рынок уйдет, а случилось наоборот. После успешной работы с первой партией заказчик заинтересовался следующими решениями ФТИ, теперь обсуждается поставка пятой установки.

### **■ Некоторое время назад, если я не ошибаюсь, шел разговор о необходимости создания отдельного фонда по аналогии с венчурными для финансирования научных организаций, участвующих в модернизации предприятий республики. На какой**

**стадии находится проработка этой инициативы и какие еще механизмы, на ваш взгляд, могли бы «расширить» узкие места во внедрении?**

– Разговоры такие действительно велись, и довольно активно. Речь шла о создании чего-то наподобие кассы взаимопомощи – фонда, где аккумулировались бы средства для таких проектов. В ФТИ реализовать задумку не удалось. Причина, по сути, банальна: недостаточно оборотных средств. Ведь институт, в отличие от производственного предприятия, не может брать коммерческие кредиты, особенно если они выдаются под 15% годовых. Нужны «дешевые деньги», чтобы обеспечить участие института в сложных промышленных проектах без чрезмерных финансовых рисков. Не даю оценку, насколько это хорошо или плохо, просто описываю ситуацию. Проблема в том, что многие заводы до сих пор живут в условиях инерции прошлых лет. Например, ранее покупка оборудования в кредит с отсрочкой платежа на два года была стандартной практикой, да и сейчас в конкурсной документации все еще стоит строка – отсрочка платежа. Это значит, что кто-то должен вложить средства, фактически «подарить» заводу оборудование или поставить технологию, рассчитывая когда-нибудь получить оплату. Эта модель, к сожалению, все еще присутствует в нашей жизни.

Тогда же возникли трудности с пониманием того, где и на каких условиях брать средства. Совместно с коллегами прорабатывался вопрос создания на базе ФТИ чего-то вроде технопарка – вполне рабочее, ориентированное на поддержку прикладных разработок пространство. В его

рамках можно предусмотреть формирование инновационного фонда, который частично решает задачи создателей. Фактически это больше инкубатор, ядром которого в данном случае стал бы центр коллективного пользования технологиями и оборудованием. И нацелен он на поддержку людей, имеющих интересные «железячные» и не только идеи и стремящихся их реализовать. Но институт не может взять на себя функцию классического технопарка, хотя он, в принципе, мог бы помочь разработчикам довести их идеи до практической реализации, вплоть до вывода на рынок, юридического сопровождения, лицензирования, сертификации и пр. Это и есть функция технопарка. Так, например, работают в Китае или Южной Корее. Идея витала в воздухе, но, когда начался анализ существующего опыта отечественных технопарков, оказалось, что полноценные, действительно рабочие модели можно пересчитать по пальцам. Рассматривалась возможность создания через институт системы финансирования таких технологических предприятий под нашу ответственность – с внутренней экспертизой, используя средства Белорусского инновационного фонда и другие каналы, но пока сделать это не удалось. Но идея остается. Полагаю, к ней можно будет вернуться, когда решатся более насущные задачи.

## ■ Как вы считаете, можно ли добиться успеха в этом формате?

– Мне представляется, что основная причина отсутствия значимых результатов существующих технопарков и других инновационных структур – в слабости интеграции науки с

производством, низким уровне в том числе управленческих компетенций, недостатке финансовых ресурсов и производственных площадей, трудно преодолимых организационных барьерах. Что касается ФТИ как инкубатора, то пока он не берет под свое крыло внешние предприятия в полном объеме, скорее участвует в процессах точно – помогает, сопровождает, консультирует. Потому что полная поддержка стартапов и организация серийных производств требует других профессиональных навыков, времени и, главное, иной модели финансирования.

Во всем мире идея технопарков выглядит красиво: родилась инновация, получила развитие в течение трех лет, используя преференции и налоговые льготы, а затем вышла на рынок. Организация, где все происходит, становится совладельцем бизнеса через долю в акциях. Схема понятная и рабочая. Но в наших реалиях такая ситуация приведет к дроблению института, который может попросту перестать существовать. Чтобы выделить предприятие, его сначала нужно создать, что означает рискнуть персоналом, площадями и финансами. Хуже того, эти люди будут «отрезаны» от науки и спустя 3–5 лет, возможно, перестанут расти и попросту «выгорят» профессионально. По опыту, такие примеры были, когда коллективы организовывали отдельный бизнес, занимались зарабатыванием денег, но вскоре теряли свою квалификацию и научные основы и возвращались обратно. Поэтому задача состоит в том, чтобы не разрушить институт, а предложить условия, при которых приходили бы специалисты – с надеждой, что им помогут в реализации их задумок на площадке ФТИ. Так что,

если появится действительно новая, перспективная идея – «из завтрашнего дня», институт готов ее сопровождать, но сейчас все внимание уделяется комплексным проектам, которые дают прямой и быстрый результат.

### ■ Год назад в ФТИ открылся конструкторский центр инновационных разработок. Какую функцию он выполняет?

– Прежде всего это заявка на перспективу. А по сути, новое звено в цепочке между фундаментальной наукой и промышленностью – площадка, где инженеры, ученые и заказчики могут совместно работать над идеей и ее реализацией. Центр же помогает в прототипировании и инжиниринге, подготовке документации, сертификации, испытаниях. У нас в стране сложилось не совсем правильное понимание самого понятия «инжиниринговая компания». Некоторое время назад таких структур было буквально десятки. Но фактически большинство из них представляли собой «стол и группу грамотных людей», которые могли спроектировать, промоделировать и подобрать для заказчика комплект оборудования (как правило, импортного) – но без технологии. А это и есть главная беда. Инжиниринг – это не просто моделирование узлов, а понимание всего производственного процесса, его логики, взаимосвязей и ограничений. Без этого любое оборудование остается просто набором металла и электроники. Институт же в этом смысле отличается принципиально: он является владельцем технологий. В этом и есть смысл работы настоящей инжиниринговой компании, только с научной составляющей и глубоким пониманием процессов.

К сожалению, пока эту функцию ФТИ не реализовал в полной мере, а рассматривает инжиниринг как услугу, которую предоставляет в рамках крупных проектов – будь то ГНТП или отдельные промышленные заказы.

Технология для института – это не абстракция, а развивающаяся система, которая должна работать, быть воспроизводимой, масштабируемой и экономически оправданной. Сейчас коллектив серьезно занялся кадровым вопросом, и оказалось, что это колоссальная проблема. Невозможно просто «набрать людей под инжиниринг», посадить их в офис и ожидать результата. Настоящий инженер работает на производстве, где формируются реальные технологические решения, он должен разбираться в оборудовании, материале, условиях эксплуатации. Такие кадры должны постоянно «дышать цехом» – быть частью процесса, а не обособленной командой проектировщиков.

### ■ Можно сказать, что конструкторский центр инновационных разработок – точка опоры для нового формата инжиниринга?

– Институт не берет на себя чисто консультационную функцию, а стремится быть носителем компетенций и технологий. И в этом мне видится будущее подобных научных организаций. Ведь потенциал сам по себе – это только ресурс. Для того чтобы он работал, нужны такие связующие организации, где соединяются наука, инженерия и производство. Вот это и есть подлинный инжиниринг – с человеческим лицом, ответственностью и пониманием того, как материализуется идея. С этой целью несколько лет назад в ФТИ открыли Центр инновационных

разработок. Это современная площадка, где собрано не только уникальное оборудование, но и цифровая инфраструктура – установлен мощный сервер с программным обеспечением. Конечно, пока это не масштабные проекты на уровне цифровых двойников, чем занимаются, например, в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси, но точно движением в этом направлении. К примеру, используется VR-система, позволяющая буквально видеть оборудованный цех еще до его физической реализации, оценить виртуальное размещение, эргономику, компоновку, проверить логистические потоки – где и что ограничить так, чтобы это было удобно и технологично. То есть, по сути, это фаза цифрового инжиниринга: проектирование, компоновка цехов и их визуализация. Это не просто презентация, а полноценный инструмент для оптимизации будущего производства. И пока лишь начало большого пути.

### ■ Если говорить о международном сотрудничестве, особенно с Китаем, насколько оно реально и перспективно? Или все же остается в формате «соглашений о дружбе» без практической реализации?

**Анна Басалай:**

– У нас есть совместные лаборатории с китайскими партнерами – в Пекине и Шэньяне. Более того, институт является учредителем двух китайско-белорусских предприятий, расположенных в индустриальном парке «Великий Камень». ФТИ участвует в процессах их деятельности не номинально, а с реальной технологической и производственной вовлеченностью.

В последние годы заключен ряд контрактов с китайскими государственными и частными компаниями на поставку оборудования и выполнение научно-исследовательских работ. Такое взаимодействие носит прикладной характер, выходя за рамки формальных визитов. Надо заметить, международное сотрудничество критически важно для института. Такие проекты заставляют ученых постоянно развиваться, решать задачи, которые не укладываются в привычный формат. Даже если проект небольшой и не приносит много денег, он все равно ценен, потому что бросает вызов, требует гибкости, нового взгляда. Молодежь сдержанно воспринимает командировки, например, в Китай, так как это напряженная работа. Порой и тяжелая, и непредсказуемая. Но именно она дает опыт, понимание мировых тенденций и, что самое главное, – новые проблемы, которые еще предстоит решить. Внутри страны, где в ряде случаев институт чувствует себя монополистом, возникает естественное желание «плыть по течению» ввиду наличия у специалистов реализованных технологических решений и сформированного портфеля компетенций. Однако нужно постоянно ставить перед собой новые цели и выходить в мировое пространство технологического соревнования.

## ■ Как строится работа института на отечественном рынке?

**Виталий Залесский:**

– Что касается работы на внутреннем рынке, то хочу привести один из недавних примеров – поставку оборудования нового поколения на БелАЗ. Предприятие уже приобретало разработку ФТИ, но было решено полностью

пересмотреть ее концепцию – изучить мировой опыт, спроектировать систему с нуля, по-новому. Конечно, на этом пути встречались технические нестыковки, тонкости, которые приходилось пересматривать, ведь это реальный процесс, который не всегда проходит гладко. В итоге было получено принципиально новое оборудование и, главное, – новое решение. В этом особое чувство счастья, когда инженеры возвращаются с испытания со словами: «Заработало!» – и в глазах 30-летнего молодого человека в этот момент настоящая «Эврика!». Ради этого все и делается.

## ■ Что для научной организации означает понятие «качество»?

**Анна Басалай:**

– Прежде всего, соответствие требованиям заказчика, высокая результативность и востребованность исследований и разработок, имеющих научную новизну, формирующих задел для будущей научно-технической деятельности. Если наши решения интересны зарубежным партнерам, конкурентоспособны без административной поддержки на отечественном рынке, значит, у них высокий уровень. Никто не обязан покупать наши технологии и оборудование. Берут лишь тогда, когда качество и функциональность объективно оправданны. Цена, конечно, имеет значение, но это не самый лучший критерий выбора. В ФТИ не делают дешевые вещи – не потому, что хотят зарабатывать больше, а в силу того, что качество и инженерная глубина проработки определяют цену, а не наоборот. Дешевизна редко совместима с рациональными технологическими решениями. Для коллектива разработчиков важно делать то, что

двигает вперед науку, инженерную культуру, производство. Именно в этом и заключается предназначение исследовательской организации.

Более того, понятие «качество» носит многогранный характер и охватывает как аспекты исследовательской и научно-технической деятельности, так и организацию внутренних процессов. Высокое качество науки невозможно без признанных научных школ, обеспечивающих преемственность, без притока молодых ученых, привносящих новую энергию, идеи, без эффективной системы подготовки кадров высшей квалификации, гарантирующей воспроизводство научного потенциала. Все эти условия в полной мере реализованы в ФТИ. Важную роль играет качество управления проектами, планирование, организация работы исследовательских групп и своевременный контроль. Фундамент качества – наличие современной материально-технической базы, которая влияет на точность и достоверность полученных результатов, конкурентоспособность, репутацию и готовность решать самые актуальные задачи. Без системного обновления оборудования даже сильные научные школы и идеи со временем теряют свою эффективность и востребованность. Благодаря государственной поддержке в последние годы институт значительно обновил свою материально-техническую базу, что позволило расширить спектр выполняемых научно-технических задач и укрепить позиции в решении приоритетных отраслевых проблем.

Система мониторинга качества выпускаемой на производстве института продукции работает очень четко. Ее формирование началось лет 5–6 лет назад, когда

впервые была введена штатная единица – инженер по качеству. На тот момент это было вынужденное, но абсолютно оправданное решение. В настоящее время за качество отвечают два таких специалиста. Так что контроль – не формальность, ибо он позволяет выявлять слабые места еще до того, как продукция уходит заказчику. Случалось, чтобы удержать качество, нужно было вводить новую опцию – изменить процесс, добавить этап промывки, нанесения покрытия, закалки или калибровки. А это уже дополнительные затраты и время. Но это рабочие моменты, и, если нужно, институт идет на это. Только системный подход позволяет поддерживать высокий уровень продукции и услуг. Поэтому контроль качества – инструмент стабильности. Каждый проект уникален, но его разработка строится по понятным принципам и определенному методическому полю. В итоге соединяются два, казалось бы, противоположных подхода – гибкость и контроль.

Качество научных исследований часто оценивается через публикации в рецензируемых журналах и уровень их цитируемости. Научные работы, признаваемые сообществом, свидетельствуют о высоком качестве исследовательской деятельности. Однако традиционно используемые показатели, такие как индекс Хирша, отражают лишь отдельные аспекты результативности и не всегда позволяют судить о практической значимости полученных результатов. Более существенным критерием качества науки выступает не столько цитируемость, сколько способность создавать знания и технологии, востребованные предприятиями реального сектора экономики, решающие реальные

задачи, интегрируемые в производство и способствующие экономическому развитию. Устойчивые связи между наукой, промышленностью и обществом позволяют перейти от формальных параметров оценки к содержательным, где качество научного результата становится основой для технологического развития. В этом контексте важны не просто публикационная активность, а формирование новых технологических возможностей для страны.

■ **Какова цена брака? Для промышленного предприятия этот показатель понятен. А для исследовательской организации?**

**Виталий Залесский:**

– Если говорить про инженерные решения – цена брака измерима. Конструктор допустил ошибку, сборщик не смог собрать изделие – вот и показатель. Бывает, приходится дорабатывать, «допиливать» буквально в прямом смысле изделие. Это реальность инженерного труда. Люди не идеальны. Коллектив ограничен, задачи большие, и проблемы случаются. Но когда все прозрачно, то сразу видно, где произошел сбой и кто его ликвидирует. Это нормальный процесс любого производства. Главное – не отсутствие ошибок, а то, как быстро и эффективно они исправляются.

В науке все иначе. Отрицательный результат – это тоже результат. Я ошибся – значит, другой уже не ошибется в том же месте. Это часть прогресса. Важно понимать саму ошибку, осознавать ее. Тогда труд не будет напрасным. Хотелось бы обратить внимание на одну из угроз: предостеречь от чрезмерного доверия к искусственному интеллекту.

Я не против новых технологий, но они создают иллюзию всезнания. Опасно, когда инженер перестает бояться ошибиться и перекладывает ответственность на ИИ. Особенно в критически важных областях – энергетике, авиации, машиностроении. Это чревато катастрофами. Поэтому уровень квалификации специалиста, работающего с ИИ, должен быть выше, чем прежде. Он должен понимать, как работает система, на которую он опирается, уметь критически оценивать ее решения. Наука сегодня коллективна, особенно техническая. Здесь редко увидишь одиночек. Это совместный труд инженеров, исследователей, аналитиков. Такое взаимодействие снижает риск ошибок, ведь все решения обсуждаются в команде.

■ **Как вы относитесь к дилемме: сделать быстрее и дешевле или качественнее, но дороже? Где та, золотая, середина?**

– У тех, кто работает с реальными проектами, выбор всегда существует. Любой, кто занимается разработками или бизнесом, имеет стартовую смету. Допустим, есть проект на 100 руб., и в эту сумму заложено все: материалы, зарплата, налоги, логистика, риски. Естественное желание – сэкономить. Это часть любого производственного процесса. Но другая сторона в том, что «дешевле сейчас» может обернуться «дороже потом». Любое упрощение без расчета может аукнуться – в ремонтах, в рекламациях, в потере доверия. Поэтому при выборе решений всегда важно предложить заказчику несколько вариантов: можно сделать проще и дешевле, можно – в максимальном качестве с другими

сроками и стоимостью. Но ФТИ никогда не обманывает ожиданий. Делать «как-нибудь» – это путь в никуда. Для любого научного коллектива имя – вещь нематериальная, но бесценная. Репутацию нельзя купить, ее можно только заработать. Потеряв доверие один раз, особенно из-за мелкой экономики, восстановить его почти невозможно. Поэтому в ФТИ руководство и специалисты прекрасно понимают, что качество и честность – основа деятельности.

## ■ Как работает концепция бережливого производства в научной организации? Можно ли ее адаптировать и тиражировать?

– Можно многое перенять из философии бережливого производства. Эта идея уходит корнями к «Тойоте» – это не просто про экономию, а про создание условий, в которых человек не боится предложить улучшение, не боится ошибиться. В науке этот принцип тоже действует, просто немного иначе. В ФТИ нет поточной сборки, но есть проектный процесс. Для института «бережливость» – это прежде всего рациональность мышления: если не знаешь, как сделать, – не берись, но, если взялся, сделай невозможное. Это такая внутренняя установка. Специалисты стараются не тратить ресурсы впустую, не повторять ошибок, использовать все максимально эффективно. Например, сейчас ученые занимаются созданием полного цикла восстановления дорогостоящего металлического инструмента. Возьмем фрезу – она стоит, допустим, около 5 тыс. евро. После вмешательства ученых она сможет отработать еще процентов восемьдесят ресурса после выхода из строя. Это и есть реальное воплощение бережли-

вого подхода: не выбрасывать, а восстанавливать, получать экономиию без потери качества.

## ■ Среди проблем упомянуто кадровое обеспечение. Насколько критична она для ФТИ и как с ней справиться?

**Анна Басалай:**

– В текущих условиях важно прямое взаимодействие с учреждениями образования. Так, ФТИ сотрудничает с колледжами и университетами, готовящими студентов по нужным ему направлениям: например, это операторы ЧПУ, механики, инженеры, исследователи. Студенты не только проходят практику в институте, но и участвуют в различных инженерных, производственных и научных работах. Это повышает их профессиональный уровень и компетенции, позволяет по-настоящему прочувствовать специфику будущей профессии. Кроме того, в институте созданы 4 филиала кафедр Белорусского национального технического университета, Гомельского государственного университета им. Франциска Скорины, Брестского государственного технического университета, что способствует интеграции науки и образования.

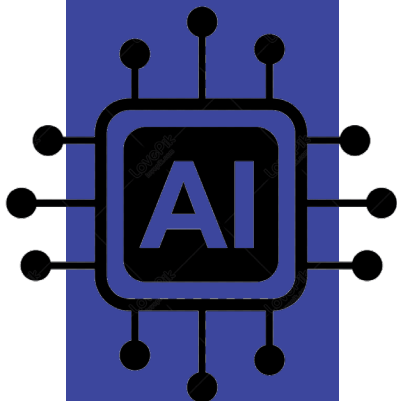
В последние годы большое внимание уделялось IT-сфере, что привело к оттоку талантливых студентов из инженерных направлений. Многие, которые могли бы стать отличными инженерами, стали посредственными программистами. Сейчас наблюдается новый всплеск запросов на инженерные специальности. Важно отметить, что в стране создаются благоприятные условия для того, чтобы молодое поколение активно выбирало инженерное дело. Можно ожидать, что в ближайшей перспективе это

найдет отражение в позитивной динамике кадрового обеспечения не только ФТИ, но и других организаций республики.

## ■ Виталий Геннадьевич, сейчас, когда вы заняли должность первого заместителя Председателя Президиума Академии наук, какого будущего вы пожелали бы институту и его сотрудникам?

– Институт должен стать центром инноваций, способным формировать и менять технологический ландшафт отечественной промышленности. Это высокие стандарты и решение сложных задач. И хотя он движется к тому, чтобы перейти от традиционных моделей – продажи оборудования и технологий – к более современной и перспективной – продаже услуг, интеллектуальных решений и нематериальных активов, это довольно сложный путь, который потребует не только времени, но и перестройки мышления, новых компетенций, гибкости и способности работать в экосистемном формате. Только такая модель откроет возможности для роста и значительно большей прибыли. Она позволит не просто создавать продукты, а формировать вокруг себя сетевые партнерства, где ценятся интеллект, знания и технологическое лидерство. Поэтому все, кто будет причастен к этой работе, не должны бояться ставить амбициозные цели и работать над созданием ценности, которая в конечном счете будет востребована обществом. Необходимо вместе продвигать интеллектуальный труд как важный аспект технологического прогресса. ■

Жанна КОМАРОВА



Сергей Михневич,  
доктор экономических  
наук

# Искусственный интеллект: реальность и перспективы для экономического развития

Искусственный интеллект (ИИ) стал предметом интенсивных дискуссий, порождая активные споры о его роли и месте в экономике как отдельных стран, так и целых регионов. Причина этого заключается в следующем: современные системы ИИ эволюционируют от просто технологических инструментов к полноценным экономическим агентам, способным не только самостоятельно принимать решения, но и непрерывно самосовершенствоваться. Очевидно, что зародившаяся тенденция имеет значительный потенциал для трансформации корпоративных структур и экономических отношений, основанных на симбиозе человека и искусственного интеллекта, изменяя вектор и динамику конкуренции.

По мере своего развития ИИ все отчетливее приобретает признаки экономической категории: он требует инвестиций в совершенствование, создает новые рабочие места и преобразует существующие, оказывает влияние на производительность труда и увеличивает добавленную стоимость. Можно с уверенностью утверждать, что мы наблюдаем процесс формирования индустрии искусственного интеллекта, включающей в себя компании по разработке и внедрению ИИ-решений, обучению персонала, предоставлению услуг, связанных с обеспечением функционирования алгоритмов ИИ. Эта динамичная экосистема охватывает не только известных технологических гигантов, но и множество стартапов, предлагающих

инновационные подходы к решению сложных задач в самых разнообразных отраслях – от медицины и образования до финансов и производства.

В контексте сказанного показателны данные социологических исследований, проведенных профильными компаниями и опубликованных в научных изданиях. Согласно результатам опроса международной консалтинговой компании Ipsos для Всемирного экономического форума (ВЭФ), большинство респондентов по всему миру (60%) считают, что в ближайшем будущем искусственный интеллект окажет существенное влияние на их повседневную жизнь посредством разработки инновационных продуктов и появления новых видов услуг. В то же время почти поло-

вина опрошенных (49%) заявляют, что перемены, обусловленные ИИ, уже произошли в их жизни.

Интересными видятся экономико-географические вариации в оценке степени влияния продуктов и услуг, основанных на алгоритмах ИИ, на повседневную жизнь граждан. В докладе ВЭФ говорится о том, что около 80% респондентов в Китае и Саудовской Аравии, где высокий уровень оптимизма, ожидают от искусственного интеллекта изменения своей жизни к лучшему. Ключевую роль в такой позиции играют активные государственные программы по внедрению ИИ и успешная популяризация новых технологий среди населения. В группе экономических лидеров этот показатель значительно ниже – менее 50%. Так, в Великобритании

и Германии он составляет 45%, в Канаде – 44%, в США – 41%, а во Франции – 39%. Здесь, где уровень оптимизма ниже, ожидания граждан от ИИ носят более прагматичный и осторожный характер. Это связано с опасениями по поводу возможного сокращения рабочих мест и конфиденциальности персональных данных.

На вопрос, какие сферы социально-экономической жизни могут быть улучшены посредством применения искусственного интеллекта, ответы 19 504 респондентов в возрасте от 16 до 74 лет из 28 государств распределились следующим образом: образование – 35%; безопасность – 33%; занятость – 32%; приобретение товаров и услуг – 31%; транспорт – 30% [1].

Влияние ИИ на экономику проявляется в повышении производительности труда, трансформации структуры занятости, стимулировании инновационных процессов. Однако точные масштабы этих преобразований и их воздействие на различные отрасли будут зависеть от скорости внедрения технологий и объема необходимых инвестиций. По мнению экспертов, в ближайшие 10 лет ИИ способен генерировать доходы, сравнимые с целыми отраслями, и обеспечить прирост производства, сопоставимый с эпохами электрификации и цифровой революции [2].

Расчеты, проведенные аналитической компанией Accenture для оценки экономического потенциала искусственного интеллекта, показывают, что страны, являющиеся объектом анализа, в состоянии увеличить ежегодные темпы экономического роста практически вдвое (рис. 1). Однако для этого потребуются целенаправленная государственная политика, инвестиции в образование и развитие цифровой инфраструктуры,

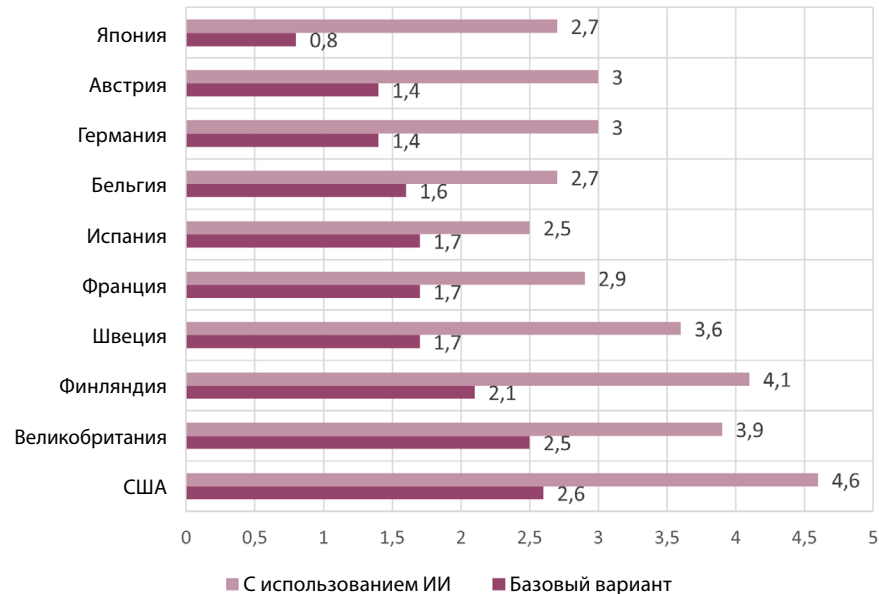


Рис. 1. Влияние ИИ на рост ВВП (%)

Составлено автором на основе данных компании Accenture

а также эффективное сотрудничество между бизнесом, наукой и властью.

Исследования экспертов McKinsey говорят о том, что широкое освоение искусственного интеллекта позволит мировой экономике к 2030 г. добавить примерно 13 трлн долл. стоимости. Это означает, что среднегодовой рост ВВП сможет увеличиваться на 1,2%. На скорость и масштаб этих изменений будут влиять несколько важных факторов: темпы автоматизации рабочих мест, уровень инноваций и их практическое внедрение, а также общая структура экономики и состояние рынка труда [3].

Благодаря ИИ глубокие трансформации переживает обрабаты-

вающая промышленность. Прогнозируется экспоненциальный рост внедрения ИИ в производственные процессы, поскольку машинное обучение, компьютерное зрение, робототехника, аналитика данных позволяют оптимизировать и автоматизировать операции, повысить производительность труда и общую эффективность бизнес-процессов, улучшить качество выпускаемой продукции. Открываются новые возможности в предиктивном обслуживании технологического оборудования.

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что объем мирового рынка искусственного интеллекта для обрабатывающей промышленности

Год	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Млрд долл.	4,1	5,9	8,6	12,4	17,8	25,7	37,1	53,4

Таблица 1. Динамика рынка ИИ для обрабатывающей промышленности, включающего программное обеспечение, а также соответствующее оборудование и услуги

Составлено автором на основе данных Precedence Research

в 2024 г. оценивался в 5,9 млрд долл. и, согласно прогнозам, достигнет отметки в 53,4 млрд долл. в 2030 г. Ожидается, что совокупный среднегодовой темп роста составит 44,3% в период с 2023 по 2030 г. Ключевыми игроками рынка являются всемирно известные корпорации Mitsubishi Electric, Oracle, Intel, Siemens, IBM, Robert Bosch.

Упомянутый рост достигается главным образом за счет строительства «умных» заводов, где на основе ИИ создаются полностью автоматизированные технологические линии, где роботы и системы машинного обучения контролируют каждый этап производства продукта, а также внедрения систем автоматизации на базе искусственного интеллекта. Эти инновации находят применение в таких ключевых отраслях, как автомобильная, электронная, фармацевтическая и пищевая промышленность.

К важным направлениям применения ИИ в индустрии, помимо уже упомянутых, относятся: контроль качества производимой продукции, разработка и проектирование новых продуктов, оптимизация процессов закупок сырья и комплектующих, а также совершенствование про-

цедур обработки заказов и логистики поставок.

Характерная особенность современного развития обрабатывающей отрасли – широкое использование в технологических линиях промышленных роботов с искусственным интеллектом. Данный тип оборудования применяется для автоматизации механосборочных работ, сварки изделий, контроля качества продукции, логистических маршрутов.

В условиях растущих затрат на рабочую силу и повышенных требований к безопасности и охране труда инвестиции в интеллектуальное оборудование чрезвычайно необходимы для поддержания должного уровня конкурентоспособности производства.

Исследования указывают на то, что к 2030 г. объем мирового рынка промышленных роботов с ИИ вырастет более чем втрое относительно уровня 2024 г. (рис. 2). Ключевыми драйверами данного тренда являются разработка алгоритмов, позволяющих роботам самообучаться, адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать более сложные решения; растущий спрос на персонализированное производство и гибкие производственные линии; сниже-

ние стоимости аппаратного обеспечения, делающее промышленных роботов, оснащенных ИИ, более доступными для интеграции в технологические процессы на предприятиях разных типов.

Согласно данным международной компании-разработчика программного обеспечения Rootstock, в 2024 г. внедрение искусственного интеллекта в производственной сфере продемонстрировало впечатляющий результат. Доля субъектов хозяйствования, активно использующих ИИ, достигла 77%, увеличившись на 7 процентных пунктов по сравнению с предыдущим годом. Наиболее востребованными направлениями применения ИИ стали: выпуск товаров (31%), управление запасами (28%), обслуживание клиентов (28%) и обучение персонала (25%). Представленные сведения подчеркивают исключительную роль искусственного интеллекта в оптимизации технологических процессов, а также указывают на важность развития человеческого капитала.

Подавляющее большинство руководителей предприятий (83%) уверены в позитивном влиянии ИИ на промышленное производство. Более того, 93% респондентов

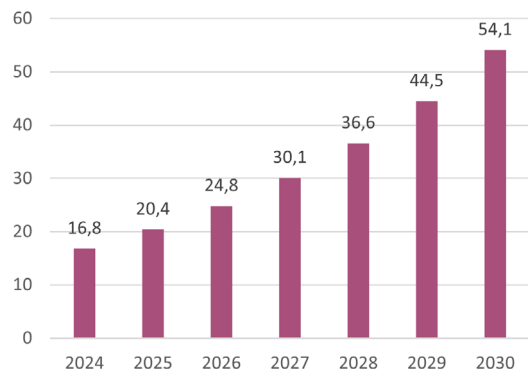


Рис. 2. Динамика рынка промышленных роботов с ИИ (млрд долл.)

Составлено автором на основе данных Cervicorn Consulting

Выполняемая работа	Потраченное время (часы)	Экономия времени (часы)
Перевод текста на другой язык	3,1	6,8
Составление документов	3,7	6,2
Анализ текста	3,7	6,2
Составление электронных писем	3,7	6,2
Предварительный анализ данных	3,9	6,0
Генерация идей	4,0	5,9

Таблица 2. Экономия времени при выполнении офисной работы с использованием ИИ

Составлено автором на основе данных компании Workera

считают искусственный интеллект неотъемлемым фактором для обеспечения роста и стимулирования инноваций [4].

Многочисленные исследования подтверждают позитивное воздействие ИИ на фундаментальный индикатор экономического развития, каким является производительность труда. В то же время следует отметить, что степень влияния искусственного интеллекта на этот показатель варьируется в зависимости от сферы деловой активности. Его ежегодный рост на 1,5% в ближайшее десятилетие прогнозируют эксперты Организации экономического сотрудничества и развития. Ключевым драйвером этой тенденции станет увеличение эффективности при выполнении когнитивных задач, на которые приходится 60% трудозатрат. Ожидается, что в данном сегменте деятельности производительность повысится на внушительные 30% [5]. Такая же картина ожидается и в офисной работе. Участники опроса, проведенного экспертами международной консалтинговой компании Workera, утверждают, что функциональные обязанности, на выполнение которых традиционными способами требовалось почти 10 часов, теперь осуществляются на 5–6 часов быстрее (табл. 2).

Любопытным результатом упомянутого исследования можно назвать то, что 31% сотрудников, ежедневно использующих ИИ, заявляли, что чувствуют себя на рабочем месте более счастливыми, 32% видели себя более вовлеченными в деятельность, 26% заметили улучшение баланса между работой и личной жизнью [6].

Дискуссия о влиянии искусственного интеллекта на рынок труда характеризуется расхо-

ждением мнений среди ведущих мировых экспертов. Анализ научных публикаций и отчетов позволяет выявить как оптимистичные, так и пессимистичные прогнозы по данной проблеме. Сторонники негативного сценария акцентируют внимание на наличии потенциального эффекта сокращения количества рабочих мест, а позитивно настроенные аналитики утверждают, что такой риск ограничен, поскольку понадобится пул новых специалистов, востребованных технологической революцией, который компенсирует возможные сокращения, обеспечивая общий рост занятости.

Объективная реальность такова, что в последние годы в отдельных экономически развитых странах наблюдается дефицит рабочей силы. Эта проблема особенно остро ощущается в Чехии, Германии, Японии, Нидерландах, Норвегии, Сингапуре и США, где количество вакансий превышает число безработных. В ответ на такую ситуацию власти Германии приняли закон, направленный на привлечение высококвалифицированных специалистов из-за границы, а в США ведутся работы по созданию федеральной комиссии, которая займется

изучением проблемы и поиском путей ее решения. [7].

По прогнозам экспертов ВЭФ, использование ИИ может привести к ликвидации 85 млн рабочих мест в ближайшее десятилетие и появлению 97 млн новых. Данный факт указывает на то, что в ближайшие годы навыки, необходимые среднестатистическому специалисту, существенно изменятся.

Чтобы успешно приспособиться к грядущим трансформациям, ведущие компании мира активно внедряют искусственный интеллект системно. Исследование Института бизнес-ценности IBM показывает, что организации, которые фокусируются на интеграции ИИ в операционные процессы, а не только на развитии отдельных навыков, опережают конкурентов на 44% по ключевым показателям, включая удержание сотрудников и рост доходов. В результате руководители все чаще пересматривают стратегии подбора и адаптации персонала, стремясь подготовить кадры, способные эффективно взаимодействовать с ИИ [8].

В последние годы наблюдается значительный рост спроса на специалистов в области искусственного интеллекта. Согласно



Рис. 3. Воздействие ИИ на сектора экономики

Составлено автором на основе данных публикации «Trading with intelligence»

докладу «Artificial Intelligence Index Report 2025», в 2024 г. наиболее высокие темпы зафиксированы в Индии (33,4%), Бразилии (30,8%), Саудовской Аравии (28,7%), Словении (28,2%), Румынии (27,3%).

На рис. 3 показаны секторы экономики, в которых искусственный интеллект ощутимо влияет на производственные процессы. Установлено, что это коррелирует с индексом автоматизации, превышающим 50%. К таким секторам относятся финансы и страхование, управление предприятиями и компаниями, а также профессиональные и научные услуги. В отраслях с индексом автоматизации менее 10%, таких как горнодобывающая промышленность, гостиничный бизнес и услуги питания, а также сельское хозяйство, наблюдается минимальное воздействие ИИ (8%, 7% и 4% соответственно).

В рамках анализа влияния искусственного интеллекта на экономику и рынок труда в качестве важного индикатора выступает коэффициент проникновения навыков ИИ. Он характеризует как степень распространения соответствующих компетенций в различных профессиональных группах, так и интенсивность их интеграции в рабочие процессы в разных секторах экономики. Согласно результатам исследований, в период с 2015 по 2024 г. максимальные значения этого показателя были зафиксированы в Соединенных Штатах Америки (2,63) и Индии (2,51). Последующие позиции занимают Великобритания (1,40), Германия (1,32), Бразилия (1,31) и Канада (1,30) [9].

По показателю использования ИИ предприятиями и организациями Северная Америка сохраняет позиции глобального лидера (рис. 4). Тем не менее Боль-

Регион, страна	2013	2024
Европа	764	16774
Китай	717	8025
США	4212	94223
Мир	6014	130255

Таблица 3. Частные инвестиции в искусственный интеллект (млн долл.)

Составлено автором на основе данных Quid via AI Index Report

шой Китай (Китай, Гонконг, Тайвань, Макао) демонстрирует один из самых значительных темпов роста этого показателя (увеличение на 27 процентных пункта по сравнению с прошлым годом). Европа занимает третье место с 23 процентными пунктами.

Представленные цифры говорят о стремительном расширении ИИ-сектора и обострении конкурентной борьбы за его освоение в глобальном масштабе. О растущем интересе бизнеса к искусственному интеллекту красноречиво свидетельствуют объемы инвестиций, направляемых на его развитие (табл. 3).

Согласно данным табл. 3, за 11 лет частные инвестиции в ИИ увеличились почти в 22 раза –

с 6 млрд долл. в 2013 г. до 130 млрд в 2024 г. Так, к примеру, в 2024 г. в Соединенных Штатах Америки их объем превысил 94 млрд долл., что почти в 12 раз больше, чем в Китае; в ЕС – в 5,5 раза меньше, чем в США, но больше, чем в КНР.

Тенденция к росту инвестиций, скорее всего, сохранится, поскольку компании продолжают искать пути как для повышения эффективности ИИ, так и создания с его помощью новых, востребованных рынком товаров и услуг.

Кроме США и Китая в топ-5 стран по частным инвестициям в ИИ входят Швеция – 3,75 млрд долл., Канада – 2,5 млрд долл. и Франция – 2,3 млрд долл. (рис. 5). Эти цифры не только говорят о доминирующей роли США в мировой гонке за технологическое превосходство, но и свидетельствуют о растущем интересе к данной области других развитых экономик, которые, несмотря на отставание, активно наращивают свои инвестиционные портфели.

Искусственный интеллект становится катализатором трансформации международной торговли, предлагая колоссальные возможности для сокращения издержек, улучшения

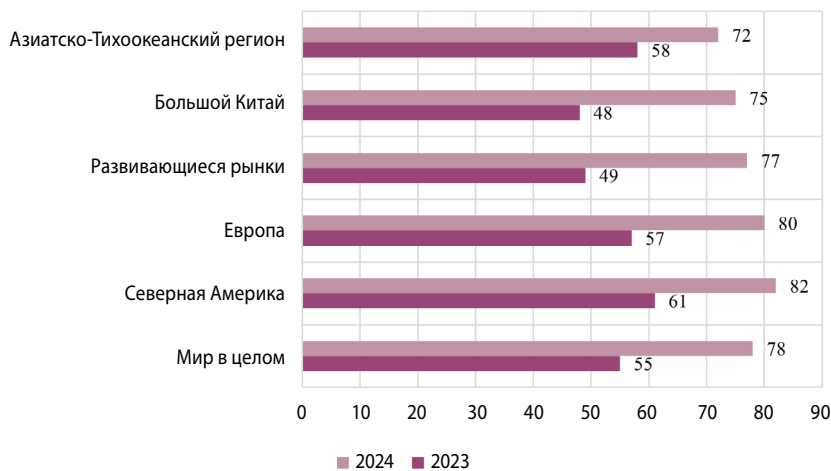


Рис. 4. Использование ИИ на предприятиях и в учреждениях, %

Составлено на основе данных компании McKinsey

логистики и достижения нового уровня операционной эффективности. Используя потенциал анализа больших массивов данных и глубокого понимания рыночных трендов, ИИ с высокой точностью предсказывает спрос, что открывает путь к качественно новому стилю управления запасами, исключая как избыточное накопление, так и критический дефицит.

Как отмечается в Докладе о мировой торговле за 2025 г., при условии устранения существующих торговых барьеров имеется реальная возможность к 2040 г. при содействии ИИ увеличить объемы трансграничных потоков товаров и услуг почти на 40%. Однако, как подчеркивается в документе, для того чтобы выгоды от ИИ распределялись масштабно и способствовали устойчивому росту всех стран, необходимо на многостороннем уровне решить ряд важных задач. Эксперты Секретариата ВТО выделяют три главных направления взаимодействия:

- *преодоление цифрового неравенства, что подразумевает обеспечение равного доступа к технологиям ИИ для всех государств;*
- *увеличение инвестиций в развитие профессиональных навыков, то есть в подготовку специалистов до уровня, отвечающего вызовам цифровой экономики;*
- *создание благоприятных условий для международной торговли [10].*

Формирующиеся новые тенденции в торговле открывают экономикам доступ к критически важным товарам, созданным с помощью ИИ. К ним относятся некоторые виды сырья, отдельные поколения полупроводников, высокотехнологичные комплек-

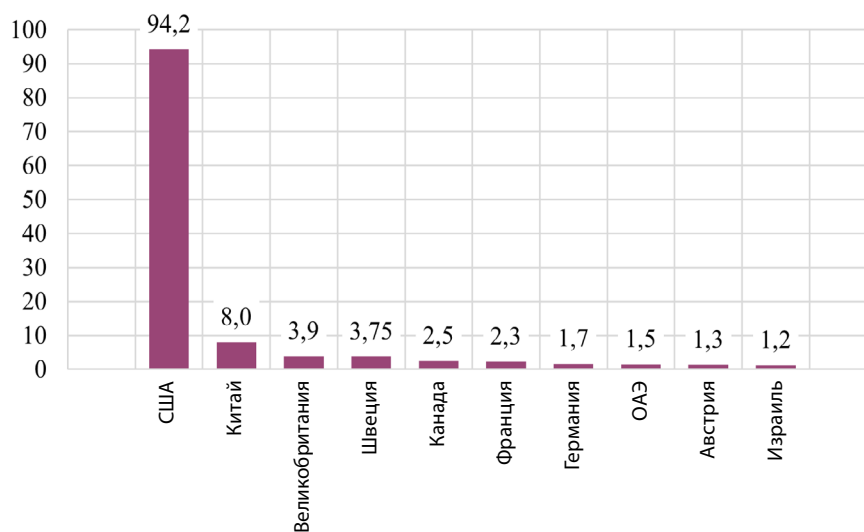


Рис. 5. Частные инвестиции в ИИ в 2024 г. по странам, млрд долл.

Составлено автором на основе данных AI Index Report 2025

	Рост экспорта (%)	Снижение торговых издержек (%)
<b>Сектор производства</b>		
Автомобилестроение	17	23
Химия и нефтехимия	15	22
Фармацевтика	11	25
Металлургия	12	24
Транспортное оборудование	10	25
Электронное оборудование	13	20
Компьютерная продукция	15	15
Сельское хозяйство	17	28
Продукты питания	14	52
<b>Сектор услуг</b>		
Образование и здравоохранение	20	41
Страхование	26	34
Финансовые услуги	22	32
Услуги связи	19	34
Деловые услуги	18	28
Транспортные услуги	15	33
Услуги гостиниц и ресторанов	19	16

Таблица 4. Прогноз влияния ИИ на развитие секторального экспорта в период с 2023 по 2040 г.

Составлено автором на основе данных Секретариата ВТО

тующие. В 2023 г. объем мировой торговли этими товарами составил внушительные 2,3 трлн долл.

Генеральный директор Всемирной торговой организации Н. Оконджо-Ивеала подчеркивает, что при правильном сочетании торговли, инвестиций и мер политики искусственный интеллект в состоянии создать новые возможности для всех экономик [11].

Его ожидаемое влияние на рост реальной торговли варьируется в зависимости от отрасли. В рамках оптимистичного сценария глобальной синергии прогнозируется, что сектор услуг, таких как образование и здравоохранение, страхование и финансовые услуги, а также обрабатывающая промышленность, включая производство продуктов питания, будут демонстрировать значительные успехи. Это обусловлено в первую очередь снижением торговых издержек (табл. 4).

В то же время секторы, связанные с добычей природных ресурсов, таких как нефть и уголь, а также некоторые сегменты обрабатывающей отрасли, например текстильное производство, столкнутся с ограниченным ростом.

Важно отметить, что ИИ может способствовать не только снижению издержек, но и улучшению качества услуг, созданию новых бизнес-моделей. Например, сегодня в здравоохранении алгоритмы ИИ – это не только эффективный инструмент сокращения расходов на медицину, но и обработка данных, высокотехнологичные исследования, помощь врачам [12].

Следует учитывать, что развитие искусственного интеллекта приводит к изменению глобальных цепочек поставок. Секторы, которые смогут интегрировать новые технологии в свои производственные процессы, получат

конкурентные преимущества на международных рынках.

ИИ переосмысливает логистику, просчитывая оптимальные маршруты на основе комплексного анализа погодных условий, состояния дорожной сети и динамики трафика. Результат – ускоренная и предсказуемая доставка товаров. Обработка гигантских массивов торговой статистики позволяет ИИ быстро классифицировать продукцию, выявлять аномалии в документации, ускорять таможенные процедуры и выводить скорость поставок на новый уровень. С помощью алгоритмов ИИ осуществляется глубокий анализ торгового законодательства разных стран, на основе которого формируются стратегии, ориентированные на будущее, для обеспечения надежности поставок и эффективного управления рисками.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что сегодня искусственный интеллект формирует новые экономические модели и служит мощным инструментом для повышения операционной результативности.

На макроуровне ИИ способствует увеличению производи-

тельности, оказывает видимое воздействие на рынок труда, иницирует структурные преобразования в отраслях и генерирует новые драйверы экономического роста. На микроуровне он оптимизирует процессы принятия решений и управления предприятиями, генерируя дополнительную ценность и совершенствуя внутренние процессы.

Искусственный интеллект не только трансформирует экономические отношения, но и оказывает глубокое влияние на методологию и теоретические основы экономики, расширяет возможности для проведения экономических экспериментов, позволяя увидеть, как проявляют себя сложные модели, и верифицировать теории в условиях, приближенных к реальным.

Для успешной интеграции ИИ в экономическую систему требуются целенаправленные усилия, включающие инвестирование в образовательные программы и переподготовку кадров, создание благоприятной инновационной среды, развитие инфраструктуры, разработку этических и правовых норм, а также активное международное сотрудничество. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Emerging Economies more optimistic about Artificial Intelligence // <https://www.weforum.org/press/2022/01/emerging-economies-more-optimistic-about-artificial-intelligence-survey-finds/>.
2. Artificial Intelligence and economic and financial Policymaking // [https://www.dt.mef.gov.it/export/sites/sitodt/modules/documenti\\_it/HLPE-Report-on-AI.pdf](https://www.dt.mef.gov.it/export/sites/sitodt/modules/documenti_it/HLPE-Report-on-AI.pdf).
3. Modeling the Impact of AI on the World Economy // <https://www.mckinsey.com>.
4. AI Adoption Rate by Industry // <https://gptzero.me/news/ai-adoption-by-industry/>.
5. Using AI in the Workplace // <https://www.oecd.org/en/publications/using-ai-in-the-workplace>.
6. How generative AI is Impacting the Workplace // <https://workera.ai/blog/leaders-guide-genai-skills>.
7. Charting the challenge of tight labour markets in advanced economies // <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/help-wanted-charting-the-challenge-of-tight-labor-markets-in-advanced-economies>.
8. AI and the Future of Work // <https://www.ibm.com/think/insights/ai-and-the-future-of-work>.
9. The 2025 AI Index Report. Режим доступа: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
10. World Trade Report 2025 // [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/wtr25\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr25_e.pdf).
11. Trading with Intelligence // [https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/trading\\_with\\_intelligence\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/trading_with_intelligence_e.htm)
12. Михневич С., Михневич Э. Искусственный интеллект в экосистеме цифрового здравоохранения // Наука и инновации. 2025. №7 С. 15–20.

**Аннотация.** Представлено описание методологических подходов, которые легли в основу стандартов по составлению национальных счетов в сфере цифровизации. Изучены вопросы разработки и внедрения специальных инструментов для оценки и анализа воздействия процессов цифровой трансформации на национальную экономику. Основное внимание уделяется созданию механизмов учета, позволяющих детально анализировать участие в ней цифровых продуктов и услуг, обеспечивая тем самым необходимую глубину исследования и информированность органов власти и бизнеса. Обращается внимание на отсутствие адекватных подходов к оценке цифровой экономики, поскольку стандартные методы статистики, применяемые в Республике Беларусь и других странах, не способны учесть многообразие изменений, вызванных цифровизацией. Предлагается концепция цифрового учета, включающая меры по мониторингу цифровых преобразований и формированию стратегических направлений развития.

**Ключевые слова:** система национальных счетов, цифровизация, таблицы цифровых ресурсов, мониторинг цифровых преобразований, стратегическое планирование.

**Для цитирования:**

Турко В. Учет цифровой трансформации в рамках принятия международных стандартов СНС-2025 // Наука и инновации. 2026. №4. С. 60–65. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-60-65>

# Учет цифровой трансформации

## В рамках принятия международных стандартов СНС-2025

УДК 378.14



**Владимир Турко,**  
руководитель сектора НИОКР  
Белорусского государственного  
концерна по нефти и химии;  
[turko@belneftekhim.by](mailto:turko@belneftekhim.by)

Требования современной эпохи обусловлены активным проникновением во все сферы деятельности цифровых технологий, требующих изменения и способа учета цифровизации в развитии экономики, для чего необходимо разработать собственные рекомендации по исчислению цифровой трансформации. Стратегия поддержки точек роста даже высокотехнологичных производств может оказаться менее эффективной, чем оптимизация распределения инвестиционных ресурсов между всеми отраслями экономики. Поэтому политика формирования отраслей-лидеров должна быть подчинена системной модернизации индустриального базиса и выступать элементом цифровых переустройств. Использование новых редакций в системе национальных счетов, предпочтение международных норм и стандартов вызывают опасения в части цифровой трансформации государства. Ответом на данные «интервенции» должна выступить цифровая платформа экономического развития с построенной в ее рамках технологической автаркией в кросс-отраслевых взаимодействиях.

### Учет показателей экономической деятельности в рамках международных стандартов

Проблема международных статистических стандартов, на каком бы уровне она ни рассматривалась (мировом или национальном), в сущности, не имеет окончательного решения. Она требует постоянного изучения, обсуждения и согласования с учетом меняющихся реалий самой жизни. Переход от централизованно планируемой к рыночной экономике обусловил «необходимость» перестройки статистического учета, инструментом которого стала система национальных счетов (СНС). СНС – согласованный на глобальном уровне стандартный набор рекомендаций по исчислению показателей экономической деятельности в соответствии с четкими правилами ведения счетов и учета на макроуровне, основанными на принципах экономической теории. Наиболее важной задачей для сохранения суверенитета должна стать разработка собственных механизмов учета в рамках международных стандартов – Системы национальных счетов (СНС-2025) [1]. Ее внедрение не замыкается в самой себе, а является связующим звеном таких стандартов и классификаторов, как Руководство по

платежному балансу и международной инвестиционной позиции, Руководство по статистике государственных финансов, Руководство по валютной и финансовой статистике, Система эколого-экономического учета, Международная стандартная отраслевая классификация всех видов экономической деятельности, Классификация основных продуктов и других руководств по экономической статистике.

Наши геополитические «партнеры» порой сами раскрывают карты и действуют в открытую. Так, вышедшая недавно книга Р. Минка «Официальная статистика – игрушка политики?» [2] объясняет взаимодействие между политикой, официальной статистикой и этикой и поднимает вопрос об их взаимосвязи. Поэтому необходимо делать выводы и предпринимать действия для построения экономической автаркии.

### Описание рекомендаций по исчислению показателей экономической деятельности

В системе взаимосвязанных показателей и классификаций определяющую роль отводят расчету цифровизации в системе национальных счетов, которая включает следующие разделы:

рамки вспомогательного счета для цифровой экономики; роль данных и граница активов СНС; бесплатные цифровые продукты; измерение цен и объема товаров и услуг, затронутых цифровизацией; криптоактивы; облачные технологии; искусственный интеллект и цифровые платформы и посредники.

ОЭСР выпустила «Руководство по измерению с помощью инструментария перехода к цифровизации» (Going Digital Toolkit Measurement Note), в котором содержится информация, касающаяся составления и использования таблиц цифровых ресурсов (ТЦРИ). Концепция включает отрасли и продукты, не перечисленные в настоящее время в международных стандартах, она остается в рамках границ сферы производства и активов СНС. На самом деле, как объясняется в документе, здесь расширены и введены новые продукты и выделены цифровые составляющие в продуктах, входящих в состав традиционных ТЦРИ. Таким образом, цифровые таблицы похожи на существующие спутниковые счета, уже составленные статистическими управлениями (табл. 1, 2).

В 2019 г. был реализован проект ОЭСР «Переход на цифровые технологии». В нем содержится 9 действий, которые в случае

Продукты	Отрасли				Прочие отрасли	Выпуск в основных ценах	Импорт	Торгово-транспортные налоги	Налоги минус субсидии на продукты	Итого ресурсов в ценах покупателей
	I	II	III	IV						
Товары и услуги ИКТ										
Услуги цифрового посредничества и облачные компьютерные услуги										
Нецифровые продукты										
Цифровые продукты (вне границ сферы производства СНС)										
Все прочие продукты										
Выпуск – всего										

Таблица 1. Схема таблицы ресурсов ТЦРИ

Продукты	Отрасли				Прочие отрасли	Промежуточный спрос – всего	Конечное использование (по направлениям)		Итого использовано ресурсов
	I	II	III	IV			Государство	Частные домохозяйства	
Товары и услуги ИКТ									
Услуги цифрового посредничества и облачные компьютерные услуги									
Нецифровые продукты									
Цифровые продукты (вне границ сферы производства СНС)									
Все прочие продукты									
Промежуточное потребление – всего									
Валовая добавленная стоимость									
Выпуск – всего									

Таблица 2. Схема таблицы использования ТЦРИ

определения приоритетов и реализации существенно укрепили бы потенциал стран по мониторингу цифровой трансформации и ее последствий. Для этого необходимо предпринять следующие действия:

- *сделать цифровую экономику видимой в экономической статистике;*
- *оценить экономические последствия цифровизации;*
- *поощрять измерение воздействия дигитализации на социальные цели и благосостояние людей;*
- *разработать новые междисциплинарные подходы к сбору данных;*
- *отслеживать технологии, лежащие в основе цифровой трансформации (особенно Интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн);*
- *улучшить оценку данных и информационных потоков;*
- *определять и измерять потребности в навыках для цифровой трансформации;*
- *измерять доверие в онлайн-среде;*
- *создавать систему оценки воздействия для цифрового правительства.*

Члены ОЭСР продолжают работать со странами и партнерскими организациями для реализации амбициозной программы «Переход на цифровые технологии». Так, на данный момент ведется статистика по следующим тематикам, затрагивающим многие аспекты экономики и общества.

**«Рост и благополучие»** включает показатели: вклад секторов с интенсивным применением цифровых технологий, направленных на рост добавленной стоимости; производительность труда в информационных отраслях

по сравнению с другими видами деятельности, не относящимися к сельскому хозяйству; доля лиц, работающих удаленно из дома раз в неделю или чаще на цифровом оборудовании; сотрудники, испытывающие стресс на работе, связанный с частым использованием компьютера; доля лиц в домохозяйствах с низкими доходами, которые пользуются Интернетом; учащиеся в возрасте 15–16 лет, которые чувствуют себя плохо из-за отсутствия подключения к Интернету; число пользователей Интернета, столкнувшихся со злоупотреблением личной информацией или нарушениями конфиденциальности; углеродный след в секторах с интенсивным использованием цифровых технологий (кг на 1 млн долл. добавленной стоимости); количество электронных отходов, образующихся на душу населения.

**«Продуктивность»:** количество предприятий со скоростью широкополосного доступа 30 Мбит/с и более; инвестиции в ИКТ как доля в ВВП; расходы предприятий на НИОКР в информационных отраслях в процентах к ВВП; доля начинающих фирм (возрастом до 2 лет) в цифровой сфере от общего числа компаний; доля патентов в области ИКТ-технологий в общем количестве семейств патентов IP5; производительность труда в ИТ относительно других видов деятельности, не связанных с сельским хозяйством.

**«Цифровое правительство»:** индекс цифрового правительства ОЭСР; доля лиц, использующих Интернет для взаимодействия с государственными органами.

**«Гендерные аспекты»:** доля лиц в возрасте 55–74 лет, пользующихся Интернетом; неравенство в использовании Интернета

мужчинами и женщинами; доля женского населения среди всех 16–24-летних, которые могут программировать; самые успевающие учащиеся 15–16 лет в области естественных наук, математики и чтения; учащиеся в возрасте 15–16 лет, которые плохо себя чувствуют при отсутствии подключения к Интернету; доля рабочих мест, требующих больших затрат на ИКТ; доля интернет-пользователей, сделавших покупки онлайн; доля интернет-пользователей, не совершающих таких операций из-за проблем с безопасностью платежей; доля пользователей Интернета, столкнувшихся со злоупотреблением личной информацией или нарушениями конфиденциальности.

**«Цифровые технологии»:** количество подписок на фиксированную широкополосную связь на 100 жителей; SIM-карты M2M (от машины к машине) на 100 жителей; количество подписок на мобильную широкополосную связь на 100 жителей; среднеемесячное использование мобильных данных на одну подписку мобильной широкополосной связи; доля населения, охваченного по крайней мере мобильной сетью 4G; количество предприятий с контрактной скоростью широкополосного доступа 30 Мбит/с и более; инвестиции в ИКТ как доля в ВВП; доля патентов в области ИКТ-технологий в общем количестве семейств патентов IP5.

**«Навыки»:** доля взрослых, умеющих решать проблемы в высокотехнологичной среде; доля рабочих мест, требующих больших затрат на ИКТ; работники, проходящие профессиональное обучение, как доля от общей занятости; число новых выпускников высших учебных заведений в области науки, тех-

нологии, инженерии и математики среди всех новых выпускников; доля женского населения среди всех 16–24-летних, которые могут программировать; успевающие учащиеся 15–16 лет в области естественных наук, математики и чтения.

**«Малые и средние предприятия»:** доля предприятий, имеющих скорость широкополосного доступа 30 Мбит/с и более; доля малых предприятий, осуществляющих продажи в электронной коммерции; венчурные инвестиции в сектор ИКТ в доле ВВП; доля начинающих фирм (возрастом до 2 лет) в информационных отраслях от общего числа предприятий; доля предприятий, на которых свои сотрудники осуществляют деятельность, связанную с безопасностью ИКТ; доля компаний, осуществляющих трансграничные продажи в электронной коммерции.

**«Разработка»:** количество подписок на фиксированную широкополосную связь на 100 жителей; доля населения, охваченного по крайней мере мобильной сетью 4G; доля пользователей Интернета в общем объеме физических лиц; успевающие учащиеся 15–16 лет в области естественных наук, математики и чтения; доля женского населения среди всех 16–24-летних, которые могут программировать; количество электронных отходов на душу населения; углеродный след в секторах с интенсивным использованием цифровых технологий (кг на 1 млн долл. добавленной стоимости).

**«Данные и информационные потоки»:** SIM-карты M2M (от машины к машине) на 100 жителей; среднемесячное использование мобильных данных на одну подписку мобильной широкополосной связи; доля услуг, предо-

ставляемых в цифровом виде, в торговле коммерческими услугами; индекс ограничений торговли цифровыми услугами ОЭСР; интенсивность обмена медицинскими данными.

**«Информационные отрасли»:** доля информационных отраслей в общей занятости; доля рабочих мест в информационных отраслях, которые поддерживаются за счет конечного иностранного спроса; производительность труда в информационных отраслях относительно других видов деятельности, не связанных с сельским хозяйством; доля промежуточного потребления продукции информационной индустрии в общем объеме промежуточного потребления; конечный спрос на продукцию информационной индустрии как доля от общего конечного спроса; влияние расширенных информационных отраслей на внутреннюю добавленную стоимость как доля внутренней добавленной стоимости страны.

Целевая группа ОЭСР по цифровизации добилась значительного прогресса в работе над методическими указаниями по всем вопросам [3]. В 2020 г. ею была подготовлена дорожная карта по разработке рамочной основы для измерения цифровой экономики, в состав которой включается «...вся экономическая деятельность, осуществляемая посредством или при значительном участии цифровых технологий, цифровой инфраструктуры, цифровых услуг и данных. Она охватывает всех производителей и потребителей, включая правительство, которые используют эти цифровые ресурсы в своей экономической деятельности» [4].

В соответствии с этим определением цифровая экономика подразделяется на 3 уровня:

**1-й – цифровой,** охватывающий только сектор ИКТ, включает производство компьютерующих, программное обеспечение и IT-консалтинг, информационные услуги, телекоммуникации;  
**2-й – цифровая экономика** – содержит весь первый уровень, а также распространяется на цифровые услуги и платформенную экономику;  
**3-й – цифровизованная экономика** – включает сетевой бизнес, электронную торговлю, Индустрию 4.0, прецизионную агротехнику, алгоритмическую экономику; в качестве пограничных со 2-м уровнем рассматриваются экономика совместного потребления (Sharing economy) и экономика свободного заработка (Gig economy).

Стандартные подходы к учету белорусской экономики, основанные на национальных счетах, не способны полноценно отражать масштаб изменений, вызванных цифровой трансформацией. Это обусловлено рядом особенностей:

- **многомерностью явления.** Цифровизация охватывает широкий спектр секторов экономики и связана с множеством переменных факторов, что затрудняет выделение конкретных индикаторов и тенденций;
- **отсутствием специализированной отчетности.** Большинство статистических инструментов нацелены на обобщенные показатели, игнорируя особенности цифровой экономики;
- **невозможностью детального учета.** Многие цифровые продукты и услуги интегрируются в традиционные агрегированные данные,

*теряя свою индивидуальность и уникальность.*

Таким образом, возникает потребность в создании специализированных методик и инструментов, способных выявить и систематизировать процессы цифровой трансформации, тем самым повышая качество анализа и принятия решений.

СНС-2025 позволит внедрить 3 инструмента, с помощью которых можно всесторонне оценить воздействие цифровизации:

- **тематический отчет о цифровой экономике** – документ, предназначенный для передачи подробной информации о важнейших аспектах цифровой трансформации и ее последствиях для экономики, способный значительно расширить наши знания о происходящих изменениях, предлагая дополнительную статистику и аналитику по ключевым показателям, связанным с цифровыми продуктами и услугами;
- **таблицы цифрового предложения и использования** – специальная форма, дополненная новыми категориями и показателями, направленными на оценку участия информационных товаров в производственных цепочках и секторах экономики. Такие таблицы обеспечивают точное определение и распределение цифровых потоков и показывают степень вовлеченности цифровых компонентов в общую экономическую активность;
- **расширенный отчет о бесплатных услугах цифровых платформ**, в котором особое внимание уделяется бесплатным онлайн-сервисам, оказывающим значительное влияние на повседнев-

*ную жизнь населения и формирующим новый сегмент рынка услуг, требующих особого подхода к учету и изучению их ценности, особенно принимая во внимание их безвозмездное предоставление.*

Эти инструменты работают совместно, дополняя друг друга и создавая целостную картину влияния цифровизации на экономику. Однако, используя данные методики, трудно объяснить такой «нонсенс», когда рыночная капитализация ПАО «Газпром» на май 2024 г. составляет 40,24 млрд долл., а текущая рыночная капитализация за тот же период компании Twitter – 41,3 млрд. Иронично выглядят события лета 2025 г., когда производитель кукол Labubu обогнал по капитализации газового гиганта [5].

Нам постоянно подсовывают «дохлых кошек», аргументируя это рыночными преобразованиями. Как же объяснить тот факт, что западные страны вовсю используют плановые инструментари для моделирования своих бизнес-процессов? Так, стратегия поддержки точек роста даже высокотехнологичных производств может оказаться менее эффективной, чем оптимизация распределения инвестиционных ресурсов между всеми сферами деятельности. Поэтому политика формирования отраслей-лидеров должна быть подчинена задачам системной модернизации индустриального базиса и выступать элементом цифровой трансформации. Также в противовес проекту Бостонской консалтинговой группы «Цифровая экономика» [6] целесообразно исследовать полувековой проект советского экономиста В.М. Глушкова «ОГАС» [7].

Необходимо разработать единый механизм сбалансиро-

ванного развития всех отраслей экономики, который должен стать основой для цифровой трансформации. Построение полноценного сателлитного счета цифровой экономики потребует решения ряда задач методологического характера, а также, возможно, пересмотра структуры единиц бизнес-регистра и соответствующей корректировки статистического наблюдения. В числе актуальных методологических проблем можно назвать оценку:

- *объема производства и использования бесплатных цифровых услуг;*
- *доли цифровых услуг, предоставляемых домашними хозяйствами (включая создание и предоставление информации);*
- *стоимости и роли данных в экономике;*
- *вклада цифровизации в производство;*
- *выгоды, получаемой потребителями (институциональными единицами) от использования цифровых продуктов, и др.*

В основе Закона от 12.07.2023 г. №279-3 «Об изменении Закона Республики Беларусь «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь» заложены механизмы мониторинга различных отраслей экономики. Однако действенных инструментариев для реализации данных задач до сих пор не предложено (применяются таблицы «Затраты-Выпуск» для планирования народнохозяйственного комплекса). При прочих равных модель имеет существенный недостаток, который усугубляется при прогнозировании (планировании) динамически развивающейся экономики, и демонстрирует формулу эконо-

мического роста на базе уже сложившихся технологических коэффициентов. При экстенсивном подъеме этот вариант возможен, но в условиях интенсификации производства технологические коэффициенты становятся подвижными, поэтому делать прогнозы на основе старых пропорций не вполне обоснованно.

Российская Федерация сделала ряд шагов в направлении использования таблиц «Затраты-Выпуск». Распоряжением Правительства от 22.10.2021 г. №2998-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления» приоритетным проектом было определено создание единой автоматизированной системы сбора, обработки и анализа данных отраслей экономики и социальной сферы на основе динамической оптимизационной модели межотраслевого (межсекторного) баланса. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 16.03.2024 г. №637-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления» до 2030 г. в рамках автоматизированной информационной системы «Управление» планируется создать единое централизованное решение по организации мониторинга различных отраслей экономики для создания системы межотраслевых производственных связей.

Необходимо форсировать данные процессы и формировать свою повестку в составлении национальных счетов, в особенности цифрового счета. Ответом на западные информационные интервенции должна выступить

■ **Summary.** The article provides a description of the methodological foundations that formed the basis for the development of national accounts standards in the field of digitalization. The article examines the development and implementation of special tools for assessing and analyzing the impact of digitalization processes on the national economy. The main focus is on creating accounting mechanisms that allow for a detailed analysis of the participation of digital products and services in the economy, thereby ensuring the necessary depth of research and providing information to government agencies and businesses. The author draws attention to the lack of adequate approaches to assessing the digital economy, as the standard statistical methods used in the Republic of Belarus and other countries are unable to account for the diverse changes caused by digitalization. The author proposes the development of a digital accounting concept that includes measures for monitoring digital transformations and shaping strategic development directions.

■ **Keywords:** National Accounts System, digitalization, digital resource tables, monitoring of digital transformations, strategic planning.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-60-65>

экономическая цифровая платформа Союзного государства, где важной особенностью интеграционного элемента должно послужить исключение посредничества в кросс-отраслевых взаимодействиях. Целесообразность такого выбора обоснована гармонизацией законодательной базы кооперационных связей в рамках СНС-2025 (построение таблиц «Затраты-Выпуск») с учетом наших интересов. Механизм финтех-перераспределения ресурсов в межотраслевой блоке позволит осуществлять сбалансированность спроса на продукцию с объемами ее производства и установить оптимальный объем инвестиций, необходимых для конкретных сегментов многоотраслевого комплекса при

различных сценариях. Благодаря развитию суверенных «цифровых» валют проводить платежи можно будет в режиме реального времени онлайн. Прототип такой системы представляет собой метод взаимодействия между центральными банками Союзного государства, позволяющий получать оперативную информацию о платежах и сверять актуальность данных о клиенте. К этому подталкивает и тот факт, что методики, разработанные для отдельных стран в определенный период времени, шаблонно переносятся на иные государства, находящиеся в совершенно других условиях. ■

Статья поступила в редакцию  
08.12.2025 г.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Турко В., Аржаев Ф. Системная модернизация индустриального базиса Союзного государства // Наука и инновации. 2022. №7. С. 52–58.
2. Mink R. Official statistics – a plaything of politics / R. Mink. – Switzerland, 2023.
3. Целевая группа по цифровизации // <https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/snaupdate/dztt.asp>.
4. A Roadmap Toward a Common Framework for Measuring the Digital Economy: Report for the G20 Digital Economy Task Force. – OECD, 2020.
5. Производитель кукол Labubu обогнал по капитализации «Газпром» и НОВАТЭК // <https://www.rbc.ru/quote/news/article/687f940f9a79472e135b2168>.
6. Charting Opportunities in the Digital Economy Growth // <https://www.bcg.com/publications/2022/charting-opportunities-in-the-digital-economy-growth>.
7. Что такое OFAC? // [http://www.pseudology.org/science/Glushkov\\_OGAS.pdf](http://www.pseudology.org/science/Glushkov_OGAS.pdf).

# Гармония точных наук



**Екатерина Жарникова,**  
ученый секретарь Института физики  
им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,  
кандидат физико-математических наук

С самого раннего возраста я проявляла любопытство ко всему живому и задавалась вопросом о том, как устроен окружающий мир. Мои знания формировались на страницах книг по физике и химии, которых в нашем доме было много. Особенно меня волновал вопрос о внутренней сути живых существ – я собирала жуков, бабочек, пауков и внимательно изучала их строение, стараясь понять, как их создала природа. А больше всего меня увлекала тайна человеческого тела. Именно поэтому до шестого класса я мечтала стать врачом, посвятить свою жизнь медицине.

Однако судьба распорядилась иначе. У нас появился новый учитель математики – человек и педагог с большой буквы. Он сумел зажечь в нас интерес к цифрам, увлечь и вдохновить. И в тот момент я сама решила, что хочу стать математиком. На мой взгляд, это произошло неслучайно, ведь между математикой и медициной можно провести некоторую параллель. Обе науки – строгие и точные, требуют

логичной последовательности действий и стройного подхода к решению любой задачи.

В них есть своя строгость, гармония и красота, и именно эта гармония завораживает меня по сей день.

Когда пришло время определяться с будущей профессией, мой выбор остановился на трех факультетах Белорусского государственного университета: механико-математическом, физическом и прикладной математике. Однако сразу стало понятно, что сухие формулы и расчеты не могут взять верх над пытливым умом и «очумелыми ручками». Именно поэтому я приняла решение поступать на физический факультет БГУ. В те годы мне казалось, да и сейчас кажется, что именно физика открывает уникальную возможность познавать множество природных явлений и проникать в тайны устройства мира глубже, чем любая другая дисциплина.

Для меня это был шанс не просто теоретически изучать окружающую реальность, но и зани-

маться конкретными экспериментами, поскольку меня всегда тянуло к ним. С детства у меня была страсть к практике – не только исследовать, но и, по возможности, своей работой приносить пользу, улучшая жизнь людей.

При выборе кафедры для дальнейшего обучения я остановилась на лазерной физике и спектроскопии. Однако, несмотря на это, мой неподдельный интерес вызвала биофизика. Со временем он стал настолько сильным, что привел меня к первой курсовой работе, выполненной в НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, посвященной изучению фотофизических свойств протопорфиринов в различных средах.

Этот опыт стал важной вехой на моем пути, открыв передо мной горизонты изучения взаимосвязи физики и биологии.

Следующие этапы – курсовую, дипломную и диссертационную работы – я выполняла уже в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси под руководством доктора физико-математических наук, профессора Бориса Михайловича Джагарова – выдающегося ученого и специалиста в области спектроскопии, люминесценции и фотохимии сложных органических и биологических молекул, биофизики и фотодинамической терапии. Мои исследования были посвящены процессам, происходящим в организме человека во время сеансов фотодинамической терапии – метода лечения предопухолевых состояний и злокачественных опухолей, основанного на введении в организм специального лекарственного средства, фотосенсибилизатора, и последующем воздействии на патологические ткани лазерным излучением. Тогда наконец я осознала, что смогла объединить все свои увлечения, сформировавшиеся с детства: физику, биологию и медицину.

Однако я не ограничилась исключительно научными исследованиями. Мне не хотелось упускать шанс попробовать себя в другом направлении, расширить горизонты и реализовать свои способности не только в научном, но и в образовательном процессе. В течение 5 лет я параллельно преподавала в БНТУ, вела общие курсы по физике. Этот опыт стал для меня ценным источником роста: я научилась уверенно выступать перед аудиторией, развила навык четкого планирования времени и организации работы.

Впервые на должность исполняющего обязанности ученого секретаря я попала, можно сказать, прямо с занятий в БНТУ. По телефону мне сообщили, что на следующее утро запланирована встреча с директором Института физики. В тот момент

мне даже трудно было представить, о чем именно пойдет речь.

Волнение не обошло стороной – ведь, как выяснилось позже, предстояло сделать важный шаг в своей карьере.

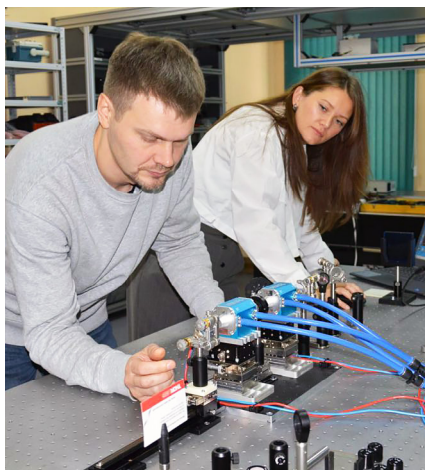
Разумеется, преподавание пришлось приостановить, поскольку новая для меня административная работа требовала сосредоточенности и времени.

## Настоящие ценности выше предрассудков

В жизни мы часто сталкиваемся со стереотипами и предвзятостью, и они касаются не только пола. Даже сегодня распространено мнение, что молодой специалист или женщина-ученый менее компетентны и должны прилагать гораздо больше усилий, чтобы доказать свою состоятельность. Однако с годами я убедилась, что настоящие ценности – настойчивость, трудолюбие, профессионализм и искреннее уважение к окружающим – выше любых ярлыков и предрассудков.



Фото Дарьи Шимчик



Наука – это мир, в котором идеи, открытия и инновации рождаются благодаря усилиям многих талантливых людей. Среди них – женщины. Исторически их в науке было меньше, чем мужчин, однако их достижения, вклад в развитие знаний и технологий оказались не менее значимы. Современные женщины-ученые продолжают разрушать стереотипы и добиваются успехов во всех областях – от биологии и медицины до астрофизики и информационных технологий. Их труд и настойчивость вдохновляют представительниц нового поколения на то, чтобы выбирать делом своей жизни именно науку, в которой они не только выступают профессионалами, ищущими ответы на важные вопросы, но и являются символом стойкости, смелости и страсти к знаниям. Их достижения помогают миру становиться лучше и показывают: нет никаких границ для тех, кто мечтает и идет вперед.

Я, к примеру, получила повторное предложение вернуться на должность ученого секретаря Института физики, находясь в декретном отпуске. За эту возможность я искренне благодарна академику Николаю Станиславовичу Казаку, в то время занимавшему пост директора института. Его поддержка стала важным этапом моего профессионального пути. Николай Станиславович всегда давал шанс молодым и инициативным научным сотрудникам проявить себя.

## Ради общей цели

На первый взгляд работа ученого секретаря может показаться весьма обыденной и рутинной. Однако, как мы шутим между собой, ученый секретарь – это своего рода начальник штаба, человек, обладающий полной картиной всех направлений

деятельности организации. Это тот, кто активно взаимодействует с молодежью, участвует в общественной и спортивной жизни коллектива. Наиболее яркий пример такого взаимодействия – организованная Институтом физики площадка на ежегодном Фестивале науки. Помню, мы начинали с небольшого шатра в четыре квадратных метра. Но уже тогда у нас появилась амбициозная цель – на следующий год занять самую большую крытую площадку, чтобы привлечь широкое внимание к нашим разработкам и в целом рассказать о том, чем занимаются белорусские физики. Наша команда проводила лекции, мастер-классы для взрослых и детей. На мой взгляд, такие мероприятия помогают не только популяризировать науку, но и укрепляют дух единства среди молодежи внутри самой академии. Именно ради этого единства и общей цели не жаль вложенных усилий.

Со временем приходит глубокое осознание того, что все мы – часть одной большой команды, а командная работа – это ключ к достижению успеха. Команда – это не только коллектив научного центра, лаборатории, но и дирекция и все сотрудники организации в целом. В нашем институте ценится вклад каждого, этому учат с первого дня. Конечно, полностью избавиться от стереотипов, особенно касающихся женщин в руководстве и в такой сложной области, как физика, – задача не из легких. Но я могу уверенно сказать, что все неудачи делают вас на шаг ближе к цели. Людей, готовых протянуть руку помощи или поддержать словом и делом, гораздо больше, чем кажется на первый взгляд. И именно это ощущение взаимного уважения и доверия делает тебя сильнее и вдохновляет на новые достижения.

Что касается моего научного пути, то после возвращения в институт из декретного отпуска мне

пришлось пересмотреть вектор дальнейших исследований. Это было нелегкое время, в какой-то мере похожее на кризис, зачастую наступающий после завершения крупного этапа работы или защиты диссертации. Ты оказываешься в неизвестности, в которой приходится принимать поворотные решения. Мудрые и опытные коллеги нередко говорят, что область научной деятельности должна меняться примерно каждые десять лет. И в моем случае этот совет оправдался и стал реальностью.

Решение пришло естественным путем: меня пригласили стать частью нового центра, специализирующегося на разработке и создании мощных лазерных источников излучения, а также на исследованиях в области различных технологических процессов воздействия лазерного луча на материалы. Таким образом, моя работа, ранее посвященная исследованию влияния лазерного излучения на организм, сместилась в другую сторону. По меркам Института физики, наш центр совсем молодой – ему всего пять лет. Однако уже сейчас в нем трудятся талантливые молодые специалисты, а студенты ведущих вузов страны выполняют у нас курсовые и дипломные работы.

## Источник силы

Хотя увлеченность научной и организационной деятельностью занимает большое место в моей жизни, я никогда не забывала о ценности семьи, которая служит для меня источником гармонии и силы. Именно она помогает мне сохранять баланс, вдохновение для новых свершений.

Вместе с мужем мы воспитываем дочь-школьницу. Самая сложная, но одновременно и самая простая задача – понять и принять, что одновременно успешно охватить все просто невозможно. Поэтому важно четко разделять личное время и рабочие моменты и в каждом из них отдавать себя полностью. Главный секрет, независимо от того, идет речь о семье, работе или хобби, – это максимально вовлекаться в то, чем вы занимаетесь, и стараться делать это честно перед самим собой, вкладывая всю душу и силы. Так вы сможете избежать сожалений о том, что, погруженные в одно дело, уделяете недостаточно энергии и энтузиазма другому.

Конечно, в каждой работе бывают напряженные периоды, когда приходится уделять ей больше времени, но именно поддержка и понимание семьи становятся опорой, помогающей крепко стоять на ногах. Без этого женщине нелегко реализовать себя как ученому, руководителю или наставнику.

При этом важно находить время для себя – это позволяет отдохнуть и наполниться новыми эмоциями. У меня нет какого-то определенного хобби в узком смысле этого слова, но есть множество увлечений, которые приносят мне удовольствие: путешествия, чтение книг, рисование, творчество – даже изготовление поделок для детского сада и школы приносит мне радость. Если я что-то начала, то не останавливаюсь, пока не доведу дело до конца. В этом в полной мере проявляется мое стремление быстрее увидеть результат своей работы. Я считаю, что это очень характерное качество для человека, занимающегося наукой. Ты тщательно планируешь эксперимент, изучаешь литературу, проводишь подготовительные работы – и все ради того, чтобы увидеть тот самый ожидаемый результат. Это постоянное ожидание и вера в свой замысел – неотъемлемая часть научного поиска. ■

Правила, которыми я стараюсь неукоснительно руководствоваться, можно сформулировать так:

- старайся все планировать и всегда имей план «Б»;
- если можешь – делай сразу;
- переключайся между разными сферами жизни.

Женщинам, стремящимся в науку, могу дать такие советы.

- Образование, вдохновение, поддержка и пример для подражания – вот что важно. Именно это помогает увеличивать количество женщин-ученых и создавать более разнообразное научное сообщество.
- Не бойтесь ставить амбициозные цели, не позволяйте стереотипам и чужому мнению затмить ваше желание двигаться вперед. Учитесь, развивайтесь и ищите поддержку среди единомышленников и наставников. Ваша страсть, упорство и вера в свои силы – ваши лучшие союзники.
- Помните: «успех – не окончателен, провал – не фатален, имеет значение лишь смелость продолжить путь». Неудачи – это всего лишь ступеньки на пути к большим достижениям. Главное – не остановиться и продолжить идти к своей цели, ведь именно так рождаются настоящие открытия.

**26 АПРЕЛЯ 1986 г.** ПРОИЗОШЛА  
КРУПНЕЙШАЯ ТЕХНОГЕННАЯ КАТАСТРОФА –  
АВАРИЯ С РАСПЛАВЛЕНИЕМ АКТИВНОЙ ЗОНЫ  
НА ЧЕТВЕРТОМ БЛОКЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

# Чернобыльская АВАРИЯ

## *Причины и последствия*

Спустя 40 лет после аварии на Чернобыльской АЭС история великой трагедии постепенно трансформируется в историю человеческого преодоления, а память служит главным гарантом безопасности. В нашей рубрике «Чернобыль: 40 лет осмысления» мы попытаемся рассмотреть все грани одной из крупнейших техногенных катастроф в истории человечества, чтобы осознать, какой путь пройден, заново проследить его – от первопричин, заложенных в эпоху технологического оптимизма, до долгосрочных последствий, которые изменили экологию, медицину и само отношение к ядерной энергетике во всем мире.



**Алексей Лукашевич,**  
заместитель генерального директора  
по научной работе Объединенного  
института энергетических и ядерных  
исследований – «Сосны» НАН Беларуси,  
кандидат технических наук

На электростанции работали реакторные установки РБМК электрической мощностью 1000 МВт. Пуск первого блока был осуществлен 26 сентября 1977 г., второго – 17 ноября 1978 г., третьего и четвертого – в декабре 1981 г. и декабре 1983 г. ЧАЭС была третьей станцией с реакторами такого типа после Ленинградской и Курской АЭС, запущенных в 1973 и 1976 гг. соответственно.

В водоохлаждаемых РБМК вода доходит до кипения, как в реакторах BWR (англ. boiling water reactor), однако в качестве замедлителя нейтронов используется графит. Активная зона высотой 7 м и диаметром 11,8 м набрана из 1888 графитовых колонн. В центральных полостях каждой из них установлены каналы: 1661 – технологические с тепловыделяющими кассетами (две последовательно соединенные тепловыделяющие сборки (ТВС) длиной по 3,5 м, содержащие 18 тепловыделяющих элементов (ТВЭлов) из двуоксида урана в оболочке из циркониевого сплава); остальные – каналы СУЗ (с 211 поглощающими нейтроны стержнями и 16 датчиками контроля), равномерно распределенные по активной зоне в радиальном и азимутальном направлениях [1].

Графитовая кладка размещена в бетонной шахте площадью 21×21 м и глубиной 25 м. Она окружена цилиндрическим кожухом и плитами верхней и нижней металлоконструкций, образующими реакторное пространство. Реактор имеет биологическую защиту, которая снижает интенсивность излучения при работе на всех уровнях мощности до значений, соответствующих санитарным нормам.

Каналы соединены снизу несколькими коллекторами с водозабором, а в верхней части – с множеством труб, по которым пар (двухфазная смесь) поступает в барабаны-сепараторы, откуда при температуре 284 °С возвращается в турбину, в то время как вода возвращается в подводящие трубопроводы в нижней части каналов. В барабаны-сепараторы подается свежая питательная вода. Схема реактора РБМК показана на *рис. 1*.

Такая схема, типичная для ядерных установок с кипящим теплоносителем, называется одноконтурной. Подвод воды и отвод пароводяной смеси осуществляется в них отдельно для каждого канала, которые в РБМК-1000 сгруппированы в два независимых друг от друга контура, каждый из которых охватывает его половину.

Существенный момент: принципиальной особенностью канальной конструкции было отсутствие специального прочного корпуса, свойственного реакторам типа ВВЭР.

Серийное изготовление уникальных высокопрочных корпусов больших размеров сдерживалось в те годы отсутствием необходимых производственных мощностей. В этих условиях строительство канальных реакторов позволяло обеспечить быстрое развитие атомной энергетики, поскольку для их сооружения не требовались реакторные корпуса. Кроме того, такие энергоустановки давали возможность достижения большой единичной мощности одного блока – 1000, а затем и 1500 МВт. Последнее обстоятельство важно, так как максимальная мощность реакторов типа ВВЭР определялась в первую очередь именно размерами корпуса, способного выдерживать большие давления и в то же время допускавшего его перевозку по железной дороге. Подготовленные к реализации в тот период проекты реакторов ВВЭР были ограничены мощностями энергоблоков 440 МВт (эл.), и только к 1980 г. эта величина была доведена до 1000 МВт (эл.).

В отличие от корпусных реакторов активная зона канального представляет собой набор идентичных элементов (каналов), увеличением количества которых может быть достигнута практически любая необходимая мощность. Такой принцип конструкции перспективен со многих точек зрения. Он обеспечивает возможность получения весьма значительных единичных мощностей и повышения параметров теплоносителя (а значит – КПД), большую маневренность в эксплуатации и, что очень важно, гибкий топливный цикл. Технологический канал – один из основных узлов, определяющих экономичность и надежность эксплуатации. Для уменьшения паразитного поглощения нейтронов в активной зоне средняя часть канала, размещаемая в графитовой кладке, изготовлена из сплава циркония.

Кроме того, на РБМК можно применять режим непрерывной поканальной перегрузки ядерного топлива на работающем реакторе, что позволяет достигать большей глубины выгорания топлива при низком его обогащении. Это происходит потому, что данный режим дает возможность

уменьшить непроизводительный захват нейтронов в органах регулирования, избежав значительных изменений реактивности в процессе работы атомной установки. Достоинством канальных реакторов является также доступность их выпуска на общемашиностроительных заводах.

## Предпосылки аварии

Проект 4-го блока ЧАЭС с РУ РБМК-1000 имел существенные отступления от норм и правил по безопасности в атомной энергетике, действовавших на момент согласования и утверждения технического проекта второй очереди станции [2]. Указанные недочеты его разработчиками не были обоснованы и согласованы в установленном порядке. Соответственно, не были предусмотрены организационные и технические мероприятия, компенсирующие эти недостатки. Проект не был приведен в соответствие с Общими положениями обеспечения безопасности АЭС (ОПБ-82), которые вступили в силу в 1982 г., то есть за два года до начала работы энергоустановки.

Однако эти проектные недоработки дали о себе знать задолго до аварии в Чернобыле – уже после пуска 1-го блока Ленинградской АЭС в декабре 1973 г., впоследствии явившись коренными причинами ряда аварий на атомных электростанциях.

**30 ноября 1975 г. на 1-м блоке Ленинградской АЭС имело место первое серьезное ЧП на РБМК.** При подъеме мощности после полной остановки (20% от номинальной, в условиях «отравленного» реактора) возник большой локальный перекоп этого показателя в активной зоне с разрывом одного технологического канала. В ходе этой аварии впервые проявил себя в действии большой паровой коэффициент реактивности при локальном обезвоживании активной зоны. Возникновению чрезвычайной ситуации способствовали недостатки проекта в части организации контроля мощности установки. Вина за аварию была возложена на персонал; вместе с тем выводы, сделанные расследовавшей ее комиссией, однозначно свидетельствуют о понимании того, что случившееся – следствие принципиальных особенностей конструкции реактора, а не человеческого фактора [3];

**9 сентября 1982 г. произошел серьезный инцидент с выбросом радиоактивности в окружающую среду на 1-м блоке Чернобыльской АЭС.** Первопричина – ошибочное действие оператора, выполнявшего поканальное регулирование расхода запорно-регулирующими клапанами (прикрытие кла-

пана вместо его открытия). Расход теплоносителя в канале снизился, автоматическая аварийная защита не сработала, реактор был остановлен со значительным опозданием, результатом чего стали разрыв технологического канала и разрушение топливной сборки с выбросом продуктов деления в окружающую среду [4]. Коренные причины, однако, крылись в незащищенности реакторной установки от ошибок персонала и недостаточном быстродействии аварийной защиты;

**в марте 1992 г. на 3-м блоке Ленинградской АЭС случилась подобная авария с разрушением технологического канала.** В этом случае причиной стал отказ запорно-регулирующего клапана ТК, обусловленный его конструктивной недоработкой. Указанное происшествие стало причиной массовой замены ЗРК на всех блоках АЭС с реакторами РБМК, в том числе и на энергоблоках Чернобыльской АЭС.

В 1981 и 1983 гг. при физических пусках 3-го и 4-го блоков ЧАЭС и в 1985 г. – 1-го блока Игналинской АЭС с аппаратом РБМК-1500 [3–5] вскрылись следующие недостатки его активных зон: малые запасы до границ устойчивости и кризиса тепло-

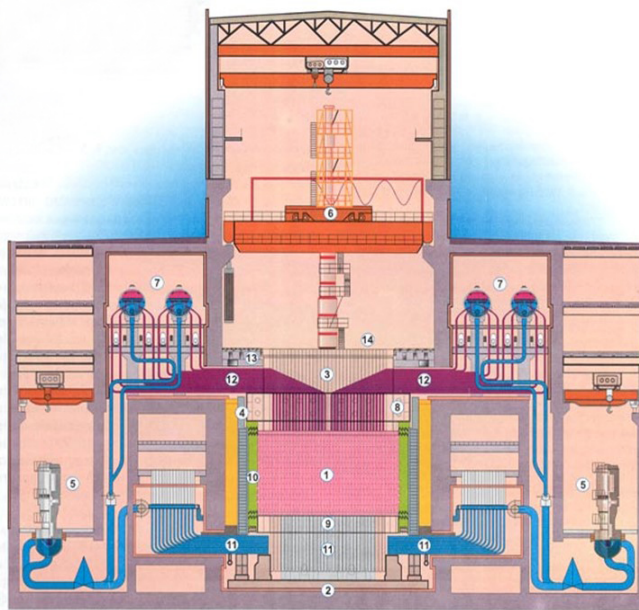


Рис. 1. Устройство РБМК (реактора большой мощности канального): 1 – активная зона реактора; 2 – опорная металлоконструкция; 3 – тракты технологических каналов; 4 – водяная защита; 5 – главный циркуляционный насос; 6 – разгрузочно-загрузочная машина; 7 – барабан-сепаратор; 8 – верхняя биологическая защита; 9 – нижняя биологическая защита; 10 – боковая биологическая защита; 11 – нижние водяные коммуникации; 12 – пароводяные коммуникации; 13 – верхнее перекрытие; 14 – плитный настил

отдачи, недопустимо высокая температура топлива. При выполнении необходимых при физических пусках экспериментов на очень малом уровне мощности при погружении стержней СУЗ в активную зону обнаружилось неадекватное «поведение» реактивности. Так, на 4-м блоке ЧАЭС при таком пуске в ноябре 1983 г. результатом стала положительная реактивность вместо отрицательной в течение 5 с. В процессе функционирования атомных станций с РБМК многократно срабатывали сигналы аварийной защиты по мощности (АЗМ) и по скорости ее нарастания (АЗС). Это не только означает слабую эффективность данной системы, но и указывает на то, что при срабатывании аварийной защиты (АЗ) вводится как отрицательная, так и положительная реактивность (эффект вытеснителей). Комиссиями по физпуску для устранения этих негативных эффектов было намечено принятие определенных мер, но ни одна из них (включая ограничение на извлечение стержней РР до верхних концевиков, доработку последних, совершенствование конструкции стержней СУЗ с исключением нижнего водяного столба или внедрением пленочного охлаждения каналов) так и не была реализована на практике.

## Хронология аварии

Уместно привести выдержку из книги непосредственного участника событий – заместителя главного инженера ЧАЭС Анатолия Степановича Дятлова [6].

«26 апреля 1986 г. в один час двадцать три минуты сорок секунд начальник смены блока №4 ЧАЭС Александр Акимов приказал заглушить реактор по окончании работ, проводимых перед остановом (прекращением работы – прим. ред.) энергоблока на запланированный ремонт. Команда отдана в спокойной рабочей обстановке, система централизованного контроля не фиксирует ни одного аварийного или предупредительного сигнала об отклонении параметров реактора или обслуживающих систем. Оператор реактора Леонид Топтунов снял с кнопки АЗ колпачок, предохраняющий от случайного ошибочного нажатия, и нажал кнопку. По этому сигналу 187 стержней СУЗ реактора начали движение вниз, в активную зону. На мнемотабло загорелись лампочки подсветки, и пришли в движение стрелки указателей положения стержней. Александр Акимов, стоя вполборота к пульту управления реактором, наблюдал это, увидел также, что «зайчики» индикаторов разбаланса АР «метнулись влево» (его выражение), как

это и должно быть, что означало снижение мощности реактора, повернулся к панели безопасности, за которой наблюдал по проводимому эксперименту.

Но дальше произошло то, чего не могла предсказать и самая безудержная фантазия. После небольшого снижения мощность реактора вдруг стала увеличиваться со все возрастающей скоростью, появились аварийные сигналы. Л. Топтунов крикнул об аварийном увеличении мощности. Но сделать что-либо было не в его силах. Все, что он мог, сделал – удерживал кнопку АЗ, стержни СУЗ шли в активную зону. Никаких других средств в его распоряжении нет. Да и у всех других тоже. А. Акимов резко крикнул: «Глуши реактор!». Подскочил к пульту и обесточил электромагнитные муфты приводов стержней СУЗ. Действие верное, но бесполезное. Ведь логика СУЗ, то есть все ее элементы логических схем, сработала правильно, стержни шли в зону. Теперь ясно – после нажатия кнопки АЗ верных действий не было, средств спасения не было. Другая логика отказала!

С коротким промежутком последовало два мощных взрыва. Стержни АЗ прекратили движение, не пройдя и половины пути. Идти им было больше некуда.

В один час двадцать три минуты сорок семь секунд реактор разрушился в результате теплового взрыва, вызванного разгоном мощности на мгновенных нейтронах. Это крах, предельная катастрофа, которая может быть на энергетическом реакторе. Ее не осмысливали, к ней не готовились, никаких технических мероприятий по локализации на блоке и станции не предусмотрено. Нет и организационных мер».

Удивительно, как считанные секунды разделили не только судьбы непосредственных участников, но и историю всего человечества на два отрезка: до и после Чернобыля.

Следует отметить, что авария на ЧАЭС была связана с введением реактивности, а не с деградацией теплоотвода, как это было на американской Три-Майл-Айленд-2.

Таким образом, ночь на 26 апреля 1986 г. стала роковой, оставив после себя многочисленные последствия (рис. 2).

## Эксперимент по повышению безопасности породил катастрофу

Не зря говорится, что благими намерениями вымощена дорога в ад. Ирония заключается в том, что самая страшная ядерная катастрофа в мире началась с эксперимента по повышению безопасности.

Его целью было выяснить, как долго вращающаяся турбина сможет обеспечивать электроэнергией определенные системы. Это может показаться немного странным – остаться без электроэнергии на электростанции, но в случае аварии реактор немедленно останавливается и не может напрямую вырабатывать собственную энергию. Обычно он получает таковую от электросети станции или от других реакторов на той же площадке. Для обеспечения дополнительной защиты принято иметь в виду, что существует вероятность отказа и этих источников. Обычно резервным вариантом является наличие дизельных двигателей на площадке для привода аварийных генераторов; 30 с, за которые они обычно запускаются, достаточно, чтобы поддерживать работу важных систем. В случае с Чернобыльской АЭС, посчитали советские власти, этого промежутка мало: здесь требовалось практически бесперебойное электроснабжение. Даже при остановке реактора вращающаяся турбина настолько тяжела, что ей необходимо некоторое время для замедления, поэтому было решено использовать ее энергию для выработки электричества в течение нескольких секунд до запуска дизельных двигателей. Эксперимент был направлен на то, чтобы выяснить, как долго эта электроэнергия будет питать основные насосы, которые обеспечивают циркуляцию охлаждающей воды.

Подобный опыт уже проводился на энергоблоке №3, и это не оказало существенного негативного воздействия на ядерную энергоустановку. Однако напряжение на электростанции упало слишком быстро, поэтому эксперимент планировалось повторить на энергоблоке №4 с улучшенным электрооборудованием. Идея заключалась в том, чтобы снизить мощность реактора до менее чем половины нормы, чтобы весь пар можно было направить в одну турбину; оставшуюся турбину затем следовало отключить, а ее энергию вращения использовать для работы основных насосов в течение короткого времени. Испытание было запланировано непосредственно перед остановкой реактора для планового технического обслуживания. Если его не удалось бы провести успешно на этот раз, то пришлось бы ждать еще год. Таким образом, персонал был настроен провести эксперимент во что бы то ни стало.

Авария на самом деле началась за 24 часа до известного всем ее апогея, поскольку допущенные тогда ошибки постепенно подготовили почву для сцены, завершившейся взрывом 26 апреля. Прилагаемая *таблица* «Последовательность событий» показывает краткое изложение всех действий опе-

раторов и реакции станции; здесь мы опишем ключевые события.

25 апреля реактор работал на полной мощности, в обычном режиме, пар подавался к обеим турбинам. Было дано разрешение начать ее снижение для проведения испытаний, и это делалось постепенно; реактор достиг 50% мощности 12 часов спустя, в 13:05 дня. На этом этапе для забора пара из установки требовалась только одна из двух турбин, вторая была отключена.

Как правило, после этого испытания продолжаться – следующим шагом было бы дальнейшее уменьшение мощности примерно до 30%. Однако ответственные за распределение электроэнергии в СССР отказались это разрешить, поскольку, по-видимому, была необходимость в энергии; по этой причине реактор оставался на 50% мощности в течение еще 9 часов.

В 23:10 25 апреля сотрудники Чернобыльской АЭС получили разрешение на продолжение снижения мощности. К сожалению, оператор допустил ошибку – забыл перезагрузить контроллер; в результате вместо поддержания на уровне около 30% мощность упала примерно до 1% – реактор был практически остановлен. Для проведения испытаний этого было недостаточно.

Во всех реакторах внезапное падение мощности приводит к быстрому накоплению в урановом топливе ксенона. Это радиоактивный газ, но, что более важно, он впитывает нейтроны, как губка, и способствует ускорению процесса полной остановки реактора. Кроме того, мощность активной зоны была настолько низкой, что вода в трубах высокого давления не кипела, как обычно, а находилась в жидком состоянии – а в нем она обладает таким же поглощающим эффектом, как и ксенон. Чтобы попытаться компенсировать эти два эффекта, оператор вытащил почти все регулирующие стержни и сумел с трудом восстановить мощность примерно до 7% – все еще значительно ниже уровня, на котором должен был проводиться опыт, но максимально возможный благодаря ксенону и воде.

Действительно, очень серьезный недостаток в конструкции этого типа реактора – возможность функционирования после извлечения всех регулирующих стержней. Некоторые из этих стержней используются для аварийной заглушки, и если их все вытащить значительно выше активной зоны, то им потребуется слишком много времени, чтобы в аварийной ситуации попасть в высокопроизводительную часть реактора, то есть остановка работы будет очень медленной.

Тем не менее на момент аварии в активной зоне, вероятно, находилось всего от 6 до 8 стержней. Оператор с трудом достигал 7% мощности к 01:00 26 апреля, нарушая процедуру управления ими. У него были и другие проблемы, связанные с тем, что станция никогда не предназначалась для функционирования на такой низкой мощности. Пришлось взять на себя ручное управление потоком воды, возвращающейся из турбины, поскольку автоматические контроллеры плохо работали в такой ситуации. Это сложная задача для выполнения вручную, и ему так и не удалось добиться правильного потока. Реактор оказался настолько нестабилен, что был близок к остановке аварийными стержнями. Но поскольку это прервало бы испытание, оператор отключил ряд сигналов аварийной остановки.

Примерно через полчаса попыток стабилизировать ядерную установку, к 01:22 ночи, сотрудники станции решили, что им это удалось настолько, насколько это возможно, и решили начать испы-

тание. Но сначала они деактивировали еще один сигнал автоматического отключения, и это предreshило исход событий. Обычно реактор автоматически прекращал работу, если отключалась оставшаяся турбина, как это должно было произойти во время эксперимента, но, поскольку персонал хотел иметь возможность повторить испытание, они деактивировали и эту систему остановки. Оставшийся сигнал срабатывал при аномальных уровнях мощности, но не реагировал немедленно. Специалисты оказались в наихудшей из возможных ситуаций, когда повышение мощности не могло быть вовремя предотвращено аварийными устройствами. И именно это и произошло.

## Начало испытания

В 01:23:04 турбина была отключена, и ее энергия была подана на 4 из 8 основных насосов. По мере замедления работы последних вода в активной зоне, теперь медленнее двигавшаяся над горячим топливом, начала кипеть. Через 20 секунд мощность стала медленно расти, затем быстрее, и в 01:23:40 оператор нажал кнопку, чтобы задвинуть аварийные стержни и остановить реактор. Мы точно не знаем, почему он это сделал – этот человек был одним из первых пострадавших, но, вероятно, он увидел либо начало роста мощности, либо то, что регулирующие стержни начали двигаться слишком медленно, чтобы компенсировать этот скачок. Но было уже слишком поздно. Аварийные стержни находились так далеко от активной зоны, что только для начала остановки реактора потребовалось бы 6 секунд. На самом деле введение графитовой области регулирующих стержней в активную зону первоначально увеличивало реактивность, поскольку вытесняло воду в канале. В течение 4 с мощность рванула вверх – по некоторым оценкам, в 100 раз по сравнению с номинальной, – что спровоцировало повреждение ядерной установки. Степень разрушения всего реактора с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду усугубилась общим недостатком в конструкции: с большим увеличением мощности разрушилась оболочка ТВЭЛов, топливо смешалось с водой с очень быстрым (взрывным) образованием пара, сокрушившего ряд технологических каналов, что, в свою очередь, подняло бетонную крышку, приведя в негодность все остальные. Создаваемого давления и энергии было достаточно, чтобы сбросить бетонное покрытие, превратить в руины



Рис. 2. Эпицентр трагедии. Разрушенный энергоблок Чернобыльской АЭС

энергоблок и образовать облако пара и продуктов деления, которое поднялось на высоту, достаточную для переноса ветром радиоактивных продуктов на большие расстояния. Характер осаднения определялся погодными условиями над соседними странами: большая его часть произошла на территории Украины, Беларуси и России; однако радиоактивные частицы были обнаружены не только во многих соседних европейских странах, но даже в находящихся за десятки тысяч километров от Чернобыля, например в Японии.

Сильное загрязнение почвенного покрова, которое сохраняется до сих пор, произошло на территории Украины и Беларуси.

Авария была завершена путем засыпки активной зоны почти 5 тыс. т песка, глины и борсодержащего материала с помощью вертолетов. Неясно, было ли это оптимальным решением, поскольку графит действовал как теплозащитный экран: внутри он горел не менее 7 дней, в течение которых расплавились все оставшиеся топливные сборки, высвобождая в окружающую среду летучие продукты расщепления; их жидкие остатки распространились по пространству под реактором и стекали в подвал. Вода в бассейне была слита, чтобы предотвратить взрыв пара, ценой жизни двух добровольцев из числа персонала АЭС. На разрушенном реакторе в срочном порядке (в спешке) был построен саркофаг.

В соответствии с первой официальной версией, «первопричиной аварии явилось крайне маловероятное сочетание нарушений порядка и режима эксплуатации, допущенных персоналом энергоблока. Катастрофические размеры авария приобрела в связи с тем, что реактор был приведен персоналом в такое нерегламентное состояние, в котором существенно усилилось влияние положительного эффекта реактивности на рост мощности» [7]. Специалистам станции вменялся в вину ряд «наиболее опасных нарушений», вследствие чего реактор был «приведен в нерегламентное состояние». Вместе с тем в решении Научно-технического Совета Государственного комитета по надзору за безопасным ведением работ в атомной энергетике, промышленности и за ядерной и радиационной безопасностью (ГПАН) СССР от 15.02.1990 г. №8 по рассмотрению причин чернобыльской аварии сделан однозначный вывод о том, что «инкриминированные персоналу нарушения не являлись причиной аварии, не влияли на ход ее развития и масштабы последствий». Сотрудники АЭС действовали в соответствии с эксплуатационной документацией, так или иначе санкционировавшей

Время	Событие	Пояснения
<b>25 апреля</b>		
<b>01:00</b>	Реактор работает на полной мощности. Началось снижение мощности	Как и планировалось
<b>13:05</b>	Мощность реактора 50%. Весь пар переключен на одну турбину	Как и планировалось
<b>14:00</b>	Мощность реактора оставалась на уровне 50% в течение 9 часов из-за неожиданного увеличения спроса на электроэнергию	
<b>26 апреля</b>		
<b>00:28</b>	В процессе дальнейшего снижения мощности оператор допустил ошибку, в результате которой мощность упала до 30 МВт, что едва не привело к остановке реактора	Это привело к заполнению активной зоны водой и накоплению ксенона (поглотителя нейтронов), что сделало невозможным достижение запланированной мощности испытаний
<b>01:00-01:20</b>	Оператору удалось увеличить мощность до 200 МВт. Он попытался управлять реактором вручную, что вызвало колебания потока и температуры	Конструкция РБМК нестабильна при заполнении активной зоны водой – то есть небольшие изменения потока или температуры могут вызывать значительные колебания мощности, а возможности аварийного останова существенно снижаются
<b>01:20</b>	Оператор заблокировал автоматическое отключение реактора сначала при низком уровне воды, а затем при выходе из строя обеих турбин	Он опасался, что остановка реактора сорвет испытание. При необходимости были запланированы повторные испытания, и он хотел, чтобы реактор продолжал работать и для их проведения
<b>01:23</b>	Оператор отключил оставшуюся турбину, чтобы начать испытание	
<b>01:23:40</b>	Мощность начала быстро расти	Снижение потока при падении напряжения вызвало резкое и быстрое увеличение кипения, что привело к быстрому росту мощности. Но было уже поздно. Ущерб был нанесен за следующие 4 с. Для эффективного аварийного отключения потребовалось бы 5 с
<b>01:23:44</b>	Оператор нажал кнопку ручного выключения	Давление в активной зоне реактора сорвало верхнюю защитную оболочку и разрушило все оставшиеся технологические каналы

Таблица. Последовательность событий, связанных с катастрофой на ЧАЭС

эти действия. Отклонения параметров реактора от регламентных значений, которые могли происходить при этом, невозможно было своевременно отслеживать в силу недостатков системы контроля реактора. В распоряжении работников не было ни одного параметра, по значению которого они могли бы сделать вывод о том, что реакторная установка пребывает в нерегламентном состоянии: «И проект, и технологический регламент допускали режимы, подобные тому, который имел место 26 апреля 1986 г. на 4-м блоке Чернобыльской АЭС, и реализоваться они могли без какого-либо вмешательства персонала» [3].

Среди причин аварии также назывались следующие:

- *принципиально неверная конструкция стержней СУЗ;*
- *положительные паровой и быстрый мощностный коэффициенты реактивности;*
- *большой расход теплоносителя при малом расходе питательной воды;*
- *нарушение персоналом регламентного оперативного запаса реактивности, малый уровень мощности;*
- *недостаточность в проекте средств защиты и оперативной информации для персонала;*
- *отсутствие указаний в проекте и технологическом регламенте об опасности нарушения оперативного запаса реактивности [8].*

Чем бы непосредственно ни был вызван неконтролируемый рост мощности и последовавший взрыв 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС, обобщающей причиной представляется выход за пределы безопасной эксплуатации, обусловленный недостатками как проекта, так и технологических регламентов работы.

Это подтверждается мерами, принятыми для недопущения в будущем подобных аварий.

Первый перечень организационных мероприятий, обязательных для выполнения на действующих АЭС с реакторами РБМК [2], включал в себя:

- *запрещение проведения каких-либо экспериментов, отключения аварийных защит реактора, установки каких-либо непроектных органов управления реакторным оборудованием;*
- *строгое выполнение регламентных ограничений по оперативному запасу реактивности, выдерживания соотношения расхода теплоносителя и питательной воды;*

- *установление новых ограничений по времени простоя реактора после его заглушения до нового пуска;*
- *обязательное согласование с разработчиками проекта любых возможных отклонений от регламентных ограничений.*

Также были разработаны меры по повышению безопасности установок РБМК, которые предусматривали работы по следующим направлениям [9]:

- *снижение парового эффекта реактивности;*
- *повышение эффективности исполнительных органов СУЗ;*
- *контроль металла;*
- *наращивание пропускной способности паросбросов;*
- *совершенствование эксплуатационной документации.*

Катастрофа на ЧАЭС стала самым серьезным ударом по атомной энергетике. Доверие общественности к ней, и без того подорванное аварией на Три-Майл-Айленд, существенно упало. Это падение усугубили действия многочисленных так называемых ученых, которые значительно преувеличивали долгосрочные последствия радиации для здоровья и генетики.

События в Чернобыле нанесли огромный экономический, социальный, психологический и политический ущерб Советскому Союзу и атомным державам по всему миру, приведя к прекращению – где на долгие годы, а где и навсегда – работы многих программ в данной отрасли. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доллежал Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор. – М., 1980.
2. Объект «Укрытие». История, состояние и перспективы / В.Н. Герасько, А.А. Ключников, А.А. Корнеев [и др.]. – Киев, 1997.
3. О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. // Доклад ГПАН СССР. – М., 1991.
4. Чернобыльская катастрофа: причины и последствия (экспертное заключение). Часть I. – Минск, 1993.
5. Физический пуск реактора РБМК-1500 первого блока Игналинской АЭС. НИКИЭТ, отчет 12.346. – М., 1987.
6. Дятлов А.С. Чернобыль. Как это было / изд. 2-е, испр. и доп. – М., 2001.
7. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. 1986. Т. 61, вып. 5. С. 301–320.
8. К акту расследования причин аварии на энергоблоке №4 Чернобыльской АЭС, происшедшей 26 апреля 1986 г. Минэнерго СССР / Союзатомэнерго / Инв. №4/611. – М., 1986.
9. Адамов Е.О. Канальное направление реакторостроения: состояние и перспективы // Атомная энергия. 1994. №76, вып. 4. С. 302–310.

# Автоматическая сегментация гемангиомы печени на МРТ с использованием модифицированной архитектуры U-Net

## Александр Кадан,

заведующий кафедрой системного программирования и компьютерной безопасности ГрГУ им. Янки Купалы, кандидат технических наук, доцент;  
[kadan@mf.grsu.by](mailto:kadan@mf.grsu.by)

## Сергей Петров,

доцент кафедры системного программирования и компьютерной безопасности ГрГУ им. Янки Купалы, кандидат медицинских наук, магистр технических наук, доцент;  
[petrov@mf.grsu.by](mailto:petrov@mf.grsu.by)

## Андрей Прокопович,

врач лучевой диагностики кабинета магнитно-резонансной томографии Гродненской университетской клиники, старший преподаватель кафедры лучевой диагностики и терапии Гродненского государственного медицинского университета;  
[andrey.doctor@gmail.com](mailto:andrey.doctor@gmail.com)

## Олег Зеньков,

заместитель главного врача Гродненской университетской клиники по организационно-методической работе

## Артем Стурейко,

инженер электросвязи РУП Белтелеком, Гродненский филиал;  
[sturejko\\_aa\\_21@mf.grsu.by](mailto:sturejko_aa_21@mf.grsu.by)

**Гемангиома печени – самая распространенная доброкачественная опухоль этого органа, встречающаяся, по разным данным, у 5–20% населения. Чаще всего эти образования небольшие, бессимптомные и обнаруживаются случайно при визуализации брюшной полости по другим показаниям. Однако гигантские гемангиомы (более 5 см) несут риск серьезных осложнений, включая болевой синдром, чувство переполнения в животе и жизнеугрожающие состояния: спонтанный разрыв с кровотечением, коагулопатию потребления (синдром Казабаха – Мерритт) или обструкцию желчных путей и крупных сосудов [1].**

**Аннотация.** В работе представлен разработанный авторами метод автоматической сегментации гемангиомы печени на магнитно-резонансных снимках, основанный на модификациях сверточной архитектуры U-Net. Проведено экспериментальное сравнение базовой U-Net, U-Net++ и Attention U-Net. Подтверждено, что модель Attention U-Net с пространственно-канальным механизмом внимания (SCSE) и комбинированной функцией потерь (Dice + Focal Loss) достигает наилучших результатов, демонстрируя средний коэффициент Дайса (DSC) 84,65% на приватном наборе данных. Этот показатель сопоставим с результатами современных аналогов, особенно при работе с данными, характеризующимися значительным дисбалансом классов. Для апробации метода в условиях, приближенных к клиническим, разработан прототип программного обеспечения с графическим интерфейсом и возможностью интеграции в PACS-системы через протокол DICOMweb.

**Ключевые слова:** сегментация медицинских изображений, гемангиома печени, магнитно-резонансная томография, сверточные нейронные сети, глубокое обучение, МРТ, U-Net, Attention U-Net, DICOM, PACS.

**Для цитирования:** Кадан А., Петров С., Прокопович А., Зеньков О., Стурейко А. Автоматическая сегментация гемангиомы печени на МРТ с использованием модифицированной архитектуры U-Net // Наука и инновации. 2026. №4. С. 78–83.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-78-83>

Точная оценка морфологических параметров опухоли – ее размеров, объема, локализации и взаимоотношения с окружающими структурами – критически важный этап диагностики, определяющий оптимальную тактику ведения, которая варьируется от динамического наблюдения до активного вмешательства, такого как трансартериальная химиоэмболизация (ТАХЭ) или хирургическая резекция [1].

Традиционно перечисленные параметры оцениваются врачами лучевой диагностики путем ручной или полуавтоматической сегментации опухоли. Однако у такого подхода есть существенные недостатки. Во-первых, он трудоемок (15–30 мин на исследование), что неприемлемо при большом потоке пациентов. Во-вторых, субъективен в случае ручной сегментации: меж- и внутриэкспертная вариабельность результатов достигает 15%, что снижает воспроизводимость и надежность оценок [2]. Наконец, метод плохо масштабируется, создавая затруднения в радиологическом процессе.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – золотой стандарт диагностики очаговых образований печени. Ее преимущества – высокая контрастность мягких тканей, отсутствие ионизирующего излучения и характерные для гемангиом сигнальные паттерны: выраженная гиперинтенсивность на T2-взвешенных изображениях и специфическая динамика накопления гадолиниевого контраста [3]. Эти особенности делают МРТ идеальной основой для разработки систем автоматизированного анализа.

Развитие глубокого обучения открыло новые возможности для автоматизации анализа медицинских изображений. Сверточ-

ные нейронные сети (например, U-Net) показали высокую эффективность в задачах семантической сегментации. Цель данной работы – разработка и валидация метода автоматической сегментации гемангиом печени на снимках МРТ на базе модифицированной архитектуры U-Net с оценкой его потенциала для интеграции в клиническую практику.

### Архитектура U-Net: теоретические основы и модификации

Это уникальное решение, предложенное Олафом Роннебергером и соавторами в 2015 г., де-факто стало стандартом для многочисленных исследований [4]. Успех архитектуры обусловлен решениями, которые идеально подходят для специфики работы с медицинскими изображениями, где часто имеет место ограниченный набор данных, но требуется высокая точность локализации.

Популярность U-Net в биомедицинской сегментации объясняется синергией ее элементов. В основе лежит симметричная U-образная структура с энкодером (сжимающий путь) и декодером (расширяющий путь). Первый последовательно уменьшает разрешение, извлекая абстрактные контекстные признаки, а второй выполняет обратную задачу, восстанавливая разрешение для построения итоговой карты сегментации.

Ключевое нововведение U-Net – пропускные соединения (skip-connections). Они напрямую связывают слои энкодера и декодера, передавая низкоуровневые признаки высокого разрешения (точные границы, текстуры) в обход глубоких слоев сети. Этот короткий путь предотвращает

потерю деталей и обеспечивает высокую точность локализации, что является фундаментальным требованием для медицинской визуализации.

Наконец, еще два свойства закрепляют практическую ценность U-Net. Ее полносверточная природа делает ее гибкой к размерам входных данных, а небольшое количество параметров, по сравнению с другими классификационными сетями, обеспечивает высокую эффективность при обучении на малых данных. Эта способность избежать переобучения уже на сотнях, а не тысячах изображений, стала ключевым фактором ее успеха в медицинской сфере, где сбор больших размеченных датасетов затруднен.

На основе классической U-Net предложен ряд модификаций для решения ее ограничений и повышения производительности. В контексте сегментации изображений печени и ее поражений наиболее значимы представленные в *табл. 1* [5, 6].

Учитывая характеристики стоящей перед авторами задачи – сегментации на 2D МРТ-снимках с нечеткими границами и значительным влиянием окружающих тканей, для экспериментального сравнения были выбраны следующие архитектуры:

- **базовая U-Net** в качестве эталонной модели для оценки прироста производительности от модификаций;
- **U-Net++**: использует вложенные и плотные skip-connections для улучшения градиентного потока и агрегации признаков на разных масштабах. Такой подход полезен для сегментации гемангиом, размер которых может значительно варьироваться;

- **Attention U-Net (с модулем SCSE):** механизм пространственно-канального внимания (*Spatial and Channel Squeeze and Excitation*) позволяет модели адаптивно взвешивать важность отдельных областей изображения (пространственное внимание) и целых карт признаков (канальное внимание). Ожидается, что это позволяет эффективнее акцентировать внимание на признаках гемангиомы и игнорировать окружающий фон.

## Материалы и методы

Для разработки и валидации моделей сегментации разработана методология, включающая подготовку набора данных, конвейер предобработки и аугментации, определение функций потерь, метрик и параметров экспериментальной среды. Исследование было основано на приватном наборе анонимизированных МРТ-данных брюшной полости 218 пациентов из архива Гродненской университетской клиники: серий аксиальных срезов в различных последовательностях: T1-взвешенные, T2-взвешенные и постконтрастные с динамическим усилением (DCE-MRI).

Эталонные аннотации (ground truth) созданы путем ручной попиксельной сегментации гемангиом. Разметку выполняли два независимых эксперта-рентгенолога с опытом более 5 лет, финальная маска формировалась после согласования спорных случаев. Исходные DICOM-изображения имели разрешение 512×512 пикселей. Для обучения преимущественно использовались T2-взвешенные варианты, так как на них

Модификация	Ключевые особенности	Преимущества для сегментации печени
<b>3D U-Net</b>	Использование 3D-сверток и 3D-пулинга для обработки объемных данных	Позволяет учитывать пространственный контекст между срезами, что улучшает когерентность сегментации и помогает отличать опухоли от сосудов
<b>nnU-Net</b>	Фреймворк для автоматической конфигурации и настройки гиперпараметров U-Net под конкретный датасет	Демонстрирует значительное превосходство над базовыми реализациями (например, DSC 84,7% vs 80,1% у базовой 3D U-Net на задаче сегментации опухолей печени), адаптируясь к особенностям данных
<b>Attention U-Net</b>	Интеграция весовых карт внимания (attention gates) в skip-connections	Модель учится «фокусироваться» на релевантных областях и подавлять признаки из нерелевантного фона, что особенно важно при низком контрасте между опухолью и здоровой паренхимой печени
<b>ResU-Net</b>	Внедрение остаточных блоков (residual blocks) из архитектуры ResNet	Облегчает обучение более глубоких сетей, предотвращая проблему затухания градиента и позволяя извлекать более сложные иерархические признаки

Таблица 1. Сравнение модификаций классической архитектуры U-Net

гемангиомы обладают характерным гиперинтенсивным сигналом, что облегчает их идентификацию. Набор данных отличается выраженным дисбалансом классов: пиксели гемангиом составляют менее 5% на срезах с патологией, а число срезов без нее значительно превышает число с ней. Эта особенность требует специальных подходов при обучении моделей.

Для стабилизации этого процесса и повышения обобщающей способности моделей реализован конвейер предобработки и аугментации данных. Для их унификации и устранения вариативности, связанной с настройками оборудования, все изображения проходили двухэтапную нормализацию. Сначала для устранения влияния экстремальных значений (артефактов или шума) значения интенсивности пикселей отсекались по 1-му и 99-му перцентилем их распределения. Затем проводилась Z-score стандартизация, при которой из каждого значения интенсивности вычиталось среднее и делилось на стандарт-

ное отклонение, рассчитанные по всему объему ткани.

Для расширения обучающей выборки и повышения устойчивости модели к искажениям применялись случайные преобразования в реальном времени. Геометрические аугментации включали повороты ( $\pm 15^\circ$ ), аффинные сдвиги ( $\pm 10\%$ ), масштабирование (0,9–1,1) и горизонтальные отражения; фотометрические – случайную коррекцию яркости и контрастности ( $\pm 20\%$ ). Такой комплексный подход был ключевым для предотвращения переобучения модели на небольшом наборе данных.

Учитывая сильный дисбаланс классов, выбор стандартной функции потерь, такой как перекрестная энтропия, неэффективен. Поэтому в исследовании использовались комбинированные функции, специально разработанные для задач сегментации: сочетание Dice Loss + Focal Loss, включающее преимущества Dice Loss, напрямую оптимизирующей метрику перекрытия, и Focal Loss, придающей боль-

ший вес сложным для классификации пикселям (например, на границах опухоли) и снижающей влияние легко классифицируемого фона, и Dice Loss + Lovasz-Softmax Loss (последняя является суррогатной функцией для прямой оптимизации метрики Jaccard (IoU) и особенно эффективна для сегментации сложных, невыпуклых объектов).

Для количественного сравнения производительности моделей был задействован набор стандартных метрик, рекомендованных для задач семантической сегментации:

**коэффициент Дайса (DSC):**  
 $DSC = 2 * |X \cap Y| / (|X| + |Y|);$

**индекс Жаккарда (IoU):**  
 $IoU = |X \cap Y| / |X \cup Y|;$

**точность (Precision):**  
 $Precision = TP / (TP + FP);$

**полнота (Recall):**  
 $Recall = TP / (TP + FN),$

где X – предсказанная маска, Y – истинная маска, TP – истинно-положительные, FP – ложноположительные, FN – ложноотрицательные пиксели.

Все эксперименты проводились с применением фреймворка PyTorch. В качестве оптимизатора использовался Adam с начальной скоростью обучения (learning rate) 1e-3 и стандартными пара-

метрами. Обучение моделей производилось на вычислительной станции, оснащенной графическим ускорителем NVIDIA Tesla V100 с 32 Гб видеопамяти. Каждая модель обучалась на протяжении 200 эпох с задействованием механизма ранней остановки (early stopping): процесс прекращался, если значение функции потерь на валидационной выборке не улучшалось в течение 30 последовательных эпох.

### Результаты и обсуждение

В ходе исследования была проведена количественная и качественная оценка трех архитектур: базовой U-Net, U-Net++ и Attention U-Net. Модели обучались и тестировались в идентичных условиях для обеспечения объективности сравнения.

Количественные результаты, усредненные по тестовой выборке, представлены в табл. 2. Они демонстрируют явное преимущество модифицированных архитектур над базовой версией U-Net.

Модель Attention U-Net с модулем SCSE показала наилучшие результаты по всем ключевым метрикам. Она достигла среднего значения DSC, равного 84,65%, что на 3,42 процентных пункта (п.п) выше, чем у базовой U-Net, и на 1,68 п.п. выше, чем у U-Net++. Важно отметить,

что улучшение наблюдается как по метрике Precision (снижение ложноположительных срабатываний), так и по метрике Recall (снижение пропусков опухолей). Это свидетельствует о том, что механизм внимания позволяет модели достичь лучшего баланса и более надежно идентифицировать целевые области.

Качественный анализ результатов сегментации подтверждает выводы, сделанные на основе количественных метрик. На рисунке представлены примеры работы модели Attention U-Net в сравнении с эталонной разметкой на сложных клинических случаях. Она демонстрирует более высокую робастность при работе с гемангиомами, имеющими неоднородную внутреннюю структуру или нечеткие, размытые границы. Благодаря механизму внимания модель научилась лучше отличать ткань опухоли от прилегающих сосудистых структур и паренхимы печени, что привело к снижению числа ложноположительных срабатываний на 18% по сравнению с базовой U-Net. В то же время улучшенная чувствительность позволила ей корректно идентифицировать небольшие участки опухоли, которые пропускались другими моделями.

Для позиционирования полученных результатов в контексте современных достижений было проведено их сравнение с данными из релевантных публикаций (табл. 3).

Полученный нами результат (DSC 84,7%) является высококонкурентоспособным. Он незначительно уступает методу [7] (86,9%), где использовалась более сложная двухэтапная 3D-архитектура, требующая значительно больших вычислительных ресурсов, но существенно превосходит показатель, полученный

Модель	DSC (коэф. Дайса)	IoU (индекс Жаккарда)	Precision (точность)	Recall (полнота)
Базовая U-Net	0,8123	0,6915	0,834	0,782
U-Net++	0,8297	0,7152	0,847	0,801
<b>Attention U-Net (SCSE)</b>	<b>0,8465</b>	<b>0,7338</b>	<b>0,861</b>	<b>0,832</b>

Таблица 2. Сравнительная оценка производительности моделей сегментации на тестовом наборе данных. Лучшие значения выделены жирным шрифтом

Hänsch et al. [9] (74,0%), что демонстрирует эффективность выбранного нами подхода к архитектуре и обучению. Важно подчеркнуть, что высокая производительность была достигнута на данных с выраженным классовым дисбалансом, что делает задачу объективно более сложной и приближенной к реальным условиям.

Все это свидетельствует о высокой эффективности предложенного подхода на основе архитектуры Attention U-Net для автоматической сегментации гемангиом печени, что обусловлено тремя факторами:

- **центральным элементом стал механизм внимания.** Интеграция модуля SCSE реализовала принцип адаптивной фокусировки [5, 6]: модель учится взвешивать значимость признаков, динамически усиливая харак-

терные для гемангиомы и ослабляя фоновые сигналы. Это объясняет значительное снижение ложноположительных срабатываний – главной проблемы базовых архитектур на низкоконтрастных изображениях;

- **стратегией оптимизации.** Выбор функции потерь является решающим для несбалансированных медицинских данных [9]. Примененная гибридная функция *Dice + Focal Loss* решает эту проблему на двух уровнях. *Dice Loss*, как метрика на уровне регионов, борется с дисбалансом, оптимизируя структурное сходство. *Focal Loss* же работает на уровне пикселей, концентрируя внимание модели на сложных примерах – пикселях

на границах опухоли, где неопределенность максимальна;

- **комплексной стратегией аугментации данных.** Обобщающая способность моделей зависит от разнообразия обучающей выборки. Применение широкого спектра геометрических и фотометрических преобразований позволило искусственно его создать. Этот подход, стандартный для медицинской визуализации [10], дал возможность обучить модель, эффективно работающую независимо от клинических вариаций: изменений положения пациента, артефактов и настроек МРТ-сканеров. Именно аугментация обеспечила робастность и генерализацию модели.

Однако у этого метода также есть ограничения, определяющие дальнейшее его применение, и главное из них – использование 2D-архитектуры. Обработывая каждый срез МРТ как независимое изображение, модель не анализирует трехмерный контекст и пространственную связь между срезами, что ведет к потере информации и может вызывать артефакты сегментации, например разрывы маски или неточности на полюсах образования.

Еще одна проблема – в генерализации модели. Обучение на приватном, одноцентровом наборе данных не гарантирует робастности на данных из других клиник с иными протоколами и оборудованием. Для подтверждения клинической применимости необходима валидация модели на внешних, мультицентрических наборах данных.

Вызовом остается и проблема «черного ящика». Разработанная модель, как и большинство сетей глубокого обучения, не объясняет свои решения. Такое отсутствие

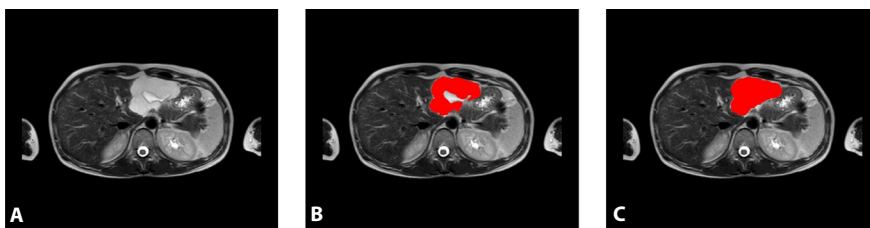


Рисунок. Примеры сегментации гемангиом моделью Attention U-Net. А – исходный T2-взвешенный МРТ-срез; В – эталонная сегментация, выполненная экспертом; С – сегментация, полученная с помощью модели Attention U-Net. Видно высокое совпадение контуров, включая сложные участки с неоднородной текстурой опухоли

Исследование	Метод/архитектура	DSC (%)	Характеристики датасета/задачи
Wu et al. x(x)(2023) [7]	Coarse-to-Fine Fusion (3D U-Net)	86,9	Сегментация малых опухолей, частный датасет
Hänsch et al. (2022) [8]	Анизотропная 3D aU-Net (мультимодель)	74,0	Сегментация опухолей на DCE-MRI, частный датасет
<b>Наше исследование</b>	<b>2D Attention U-Net (SCSE)</b>	<b>84,7</b>	<b>Сегментация гемангиом, частный датасет со значительным дисбалансом</b>

Таблица 3. Сравнение результатов данного исследования с опубликованными данными по сегментации опухолей печени на МРТ

интерпретируемости — серьезный барьер для доверия клиницистов, поскольку не позволяет понять причины ошибок и может скрывать систематические смещения алгоритма.

Для апробации разработанного метода в условиях, максимально приближенных к реальной клинической практике, был создан прототип программного обеспечения, реализующий следующий функционал:

- **графический пользовательский интерфейс (GUI)**, позволяющий врачу-рентгенологу загружать DICOM-серии МРТ-исследований;
  - **автоматическая сегментация**: после выбора исследования модель обрабатывает каждый срез и накладывает полученную маску на исходное изображение для визуального контроля;
  - **экспорт результатов**: пользователь может экспортировать сгенерированные маски в стандартные форматы (например, NIfTI или DICOM SEG) для дальнейшего использования в системах планирования лучевой терапии или для количественного анализа;
  - **интеграция с PACS**: прототип поддерживает базовую интеграцию с PACS-сервером Orthanc через протокол DICOMweb, что позволяет запрашивать и получать исследования напрямую из архива, эмулируя работу в едином медицинском информационном пространстве.
- Разработка данного прототипа – важный шаг, демонстрирующий, что созданный алгоритм представляет собой инструмент с реальным потенциалом для интеграции в радиологические рабочие процессы.

■ **Summary.** This paper presents a method for the automatic segmentation of liver hemangioma in magnetic resonance imaging (MRI) developed by the authors, based on modifications of the U-Net convolutional architecture. An experimental comparison was conducted between the baseline U-Net, U-Net++, and Attention U-Net. It was confirmed that the Attention U-Net model, utilizing a Spatial and Channel Squeeze-and-Excitation (scSE) attention mechanism and a combined loss function (Dice + Focal Loss), achieves the best performance, demonstrating a mean Dice Similarity Coefficient (DSC) of 84.65% on a private dataset. This result is comparable to state-of-the-art benchmarks, particularly when dealing with data characterized by significant class imbalance. To validate the method in conditions approximating clinical practice, a software prototype was developed featuring a graphical user interface and the capability for integration into PACS systems via the DICOMweb protocol.

■ **Keywords:** medical image segmentation, liver hemangioma, magnetic resonance imaging, convolutional neural networks, deep learning, MRI, U-Net, Attention U-Net, DICOM, PACS.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2026-04-78-83>

\*\*\*

Настоящее исследование продемонстрировало высокую эффективность модифицированной Attention U-Net в задаче автоматической сегментации гемангиом печени на T2-МРТ. Сочетание пространственно-канального механизма внимания и комбинированной функции потерь (Dice + Focal Loss) позволило достичь конкурентоспособных результатов (DSC 84,65%), значительно превзойдя базовые U-Net на сложном, несбалансированном наборе данных.

Апробированный прототип ПО подтвердил возможность интеграции метода в клиническую практику для автоматизации количественного анализа и снижения нагрузки на врачей-рентгенологов.

Несмотря на ограничения 2D-подхода, работа закладывает прочную основу для будущих исследований. Перспективы включают переход к 3D-архитектурам для учета объемной информации, внедрение мультимодального анализа для повышения диагностической точности и использование федеративного обучения для создания более робастных и обобщающих моделей. ■

Статья поступила в редакцию  
11.08.2025 г.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kacała A. et al, Evaluation of Predictive Factors for Transarterial Bleomycin–Lipiodol Embolization Success in Treating Giant Hepatic Hemangiomas // *Cancers*. 2025. №17(1). P. 42. <https://doi.org/10.3390/cancers17010042>.
2. A survey on deep learning in medical image analysis / G. Litjens [et al.] // *Medical Image Analysis*. 2017. V. 42. P. 60–88.
3. Albiin N. MRI of Focal Liver Lesions // *Curr Med Imaging Rev*. 2012. May, 8(2). P. 107–116. Doi: 10.2174/157340512800672216. PMID: 23049491; PMCID: PMC3462338.
4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI)*. 2015. P. 234–241.
5. Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas / O. Oktay [et al.] // <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.03999>.
6. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He [et al.] // *CVPR*. 2016. P. 770–778. Doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
7. Coarse-to-Fine Liver Tumor Segmentation using 3D U-Net / H. Wu [et al.] // *Medical Image Analysis*. 2023. V. 85. P. 102734.
8. Multi-modal learning with an anisotropic 3D U-Net for the segmentation of liver tumors in DCE-MRI / A. Hänsch [et al.] // *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2022. V. 95. P. 102015.
9. Improving automatic liver tumor segmentation in late-phase MRI using multi-model training and 3D convolutional neural networks / Hänsch [et al.] // *Scientific Reports*. 2022. V.12. P. 12262. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16388-9>.
10. Explainable and Robust Deep Learning for Liver Segmentation Through U-Net Network / M. C. Brunese // *Diagnostics (Basel)*. 2025. Mar 31. V. 15(7). P. 878. Doi: 10.3390/diagnostics15070878. PMID: 40218228; PMCID: PMC11989174.



УНП 100183302

**РНТИ.ВУ**



**НАНЕСЕНИЕ  
ПОКРЫТИЙ**



**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ  
ОБРАБОТКА**



**ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ  
И ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА**



**ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ  
ДАВЛЕНИЕМ**



**ИОННАЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ  
ОБРАБОТКА**



**ТЕРМИЧЕСКАЯ И ТВЧ-ОБРАБОТКА**



**СОЗДАНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ И КЕРАМИЧЕСКОЙ ОСНОВАХ**



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»



+375 (17) 272 96 28

+375 (17) 373 76 93



MARKET@PHTI.BY



Республика Беларусь,  
220084, г. Минск,  
ул. Академика Купревича, 10



Республиканское инновационное унитарное предприятие  
Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

**ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ. ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ.  
УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕХАНИЗМОВ, УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Плазменная термообработка и наплавка с роботизированным комплексом**

- Толщина **от 500 мкм**
- Твердость **HRC до 60 HRC**
- NiCrSiB, NiCrWC, CoCrSiB, интерметаллиды, оксидная керамика

**Газодинамическое напыление**

- Толщина **от 10 мкм**
- Твердость **HRC до 60 HRC**
- Zn, Al, Zn-Al, Pb, Ni, Ti, Cu

**Вакуумное напыление (PVD, CVD)**

- Толщина **до 5 мкм**
- Твердость **HV 1700**
- TiN, TiAlZr, TiAlN, DLC

**Газотермическое напыление**

- Толщина **от 100 мкм**
- Твердость **HRC 65**
- NiCrSiB, NiCrWC, CoCrSiB, интерметаллиды, оксидная керамика

УНП 100232486



[park.bntu.by](http://park.bntu.by)



[coating.by](http://coating.by)

**Подробная информация  
по тел.:**

**+375 29 15ц4 00 12**

**+375 44 727 70 53**

**+375 29 608 06 18**