

8 ОТ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ
ДО ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ
ТЕРАПИИ

31 УСЛУГИ ДЛЯ БИЗНЕСА
В ЭКОНОМИКЕ
ИННОВАЦИЙ

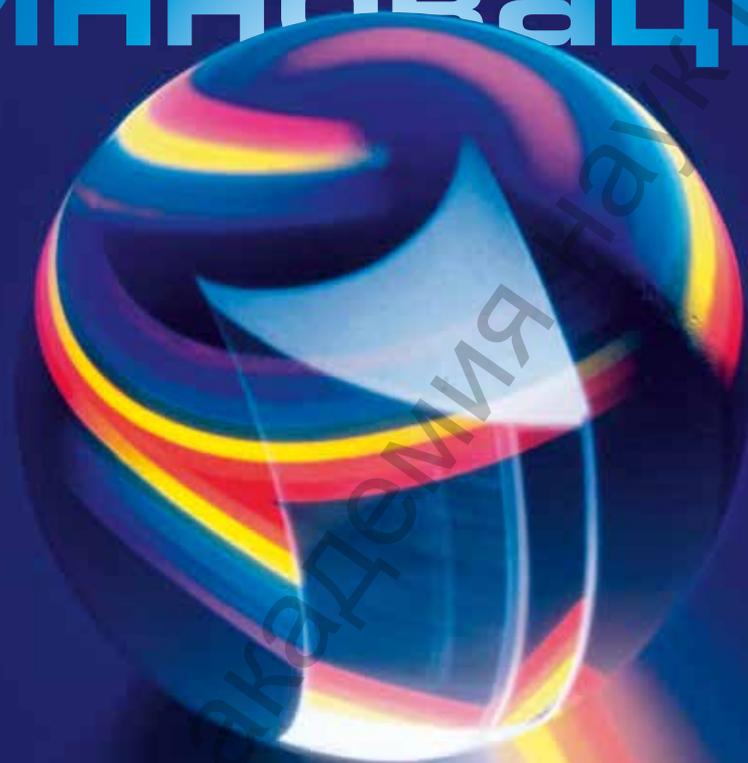
44 ПРОГНОЗНЫЕ
МОДЕЛИ
РАЗВИТИЯ РЫНКА

53 50 ЛЕТ
В НОГУ
СО ВРЕМЕНЕМ

№10
Октябрь 2015

научно-практический журнал

Наука и инновации



ФОТОНИКА
И СВЕТОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ISSN 1818-9857



9 771818 985001



КОНГРЕСС ФИЗИКОВ БЕЛАРУСИ

28-30 ОКТЯБРЯ 2015 г.
г. МИНСК

ТЕМАТИКА КОНГРЕССА

Физика XXI века: свет и световые технологии в науке и жизни общества

- Физика фундаментальных взаимодействий
- Лазерная физика и фотоника
- Физика наноструктур, твердого тела и полупроводников
- Физика плазмы
- Биофизика
- Физика и информатика
- Методы неевклидовой геометрии в физике и математике

**Роль физики в жизни общества
и проблемы подготовки кадров по физике.
Проблемы преподавания физики**

Национальная академия наук Беларуси
Министерство образования Республики Беларусь
Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси
Белорусский государственный университет
ОО «Белорусское физическое общество»
Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований



Приурочен к Международному году света



В ПРОГРАММЕ КОНГРЕССА:

- устные и стендовые доклады
- XIV Международная конференция по квантовой оптике и квантовой информации (ICQOQI'2015)
- конференция «Методы неевклидовой геометрии в физике и математике»

ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ
<http://master.basnet.by/congress2015>

УНП 100217336

Информационный партнер





Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации 388 от 18.05.2009 г.

Учредитель:
Национальная академия наук Беларуси

Издатель:
РУП «Издательский дом «Белорусская наука»

Главный редактор:
Жанна Владимировна Комарова

Редакционный совет:

В.Г. Гусаков – председатель совета	Н.П. Крутько
П.А. Витязь – зам. председателя	В.А. Кульчицкий
С.В. Абламейко	М.И. Михадюк
И.Д. Волотовский	М.В. Мясникович
С.В. Гапоненко	Д.Л. Пиневич
А.Е. Дайнеко	О.О. Руммо
В.Н. Дашков	Г.Б. Свидерский
М.А. Журавков	Н.С. Сердюченко
О.А. Ивашкевич	Б.М. Хрусталева
Э.И. Коломиец	И.П. Шейко
Ж.В. Комарова	В.Н. Шимов
	А.Г. Шумилин

Ведущие рубрик:
Свет и световые технологии... Владимир Лебедев
Инновации и инвестиции... Денис Мороз
Синергия знаний... Ирина Емельянович
В мире науки... Алесь Касьян

Дизайн и верстка: Алексей Петров
на обложке: коллаж Алексея Петрова

Отдел маркетинга и рекламы:
Елена Верниковская

Адрес редакции:
220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 284-14-46
e-mail: nii2003@mail.ru,
http://innosfera.by

Подписные индексы:
007532 (ведомственная)
00753 (индивидуальная).
Формат 60x84 1/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37.
Тираж 600 экз. Цена договорная.
Подписано в печать 12.10.2015.
Отпечатано в ОАО «ТРАНСТЭКС»
г. Минск, ул. Чапаева, 5.
294-53-32; 294-54-39; 294-68-51.
Лиц. 02330/36 от 23.01.2014.
Свид. о гос. рег. ИИРПИ №2/37 от 29.01.2014.
Заказ №764

© «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.

№10(152)_2015

Свет и световые технологии

- Сергей Гапоненко
4 Свет, фотоника и жизнь
- Ирина Емельянович
8 От генерации излучения до фотодинамической терапии
- Елена Науменко
12 Совместными усилиями
- Юрий Трофимов, Игорь Каледа, Амангельды Таукенов, Сергей Лишик
13 Эволюция светодиодных ламп прямой замены



- Михаил Коржик
18 Явление сцинтилляций и его роль в развитии современной экспериментальной физики

- Максим Богданович, Геннадий Рябцев
22 Экономичнее, компактнее, мощнее

- Виталий Плавский
24 Свет для решения актуальных задач медицины

Инновации и инвестиции

- Научная публикация
Елена Преснякова
27 Новые подходы к государственному финансированию инвестиционных проектов

Анализ

- Юлия Якубук
31 Услуги для бизнеса в экономике инноваций

Зарубежный опыт

- Сергей Тишков
34 Управление инновационными процессами в Республике Карелия

Наши лауреаты

- Полина Мартынчик
38 Халькогениды для микроэлектроники

Синергия знаний

Актуальное интервью

- Ирина Емельянович
40 Интеграция – путь к успеху

Методики

- Николай Кочетов
44 Построение прогнозных моделей развития рынка

Научная публикация

- Дмитрий Марьясис
49 Система коммерциализации технологий Израиля

В мире науки

Открытые двери

- Ирина Емельянович
53 В ногу со временем

Экология

- Виктор Сатишур
62 Органоминеральные удобрения на основе отходов биогазовых установок

Научные публикации

Биосистемы

- Ирина Терешко, Павел Марков, Елена Толстая, Тимур Горчаков, Валерий Терешко, Всеволод Редько
65 Низкотемпературная плазма в биомедицине

Contents

4 Sergey Gaponenko **Light, photonics and life**

The article gives the analysis of the optical technologies development from the ancient times to the present days. In the focus is photonics and nanophotonics, their achievements and opportunities.

8 Irina Emelianovich **From light generation to photodynamic therapy**

Academician Valentin Orlovich, a co-manager of the subprogramme "Photonics, research programme "Development of modern optics and laser physics methods and technologies to be used in industry, medicine, agriculture, ecology, defense", speaks on the intermediate results of the Programme tasks.

12 Elena Naumenko **By common efforts**

To consolidate the relations between science and production, there was formed the Scientific and technological association "Optics and lasers" according to the decision of the National Academy of Sciences of Belarus Presidium. The article gives the results of its work.

13 Yuriy Trofimov, Igor Kaleda, Amangeldy Taukenov, Sergey Lishik **Evolution of the direct replacing LED lamps**

There have been considered the design and technological features and performance characteristics of the up-to-date light sources, the direct replaced LED lamps. A brief analysis is given to the current state of these technologies in the Customs Union countries.

18 Mikhail Korzhik **The scintillation phenomenon and its role in the modern experimental physics development**

The article considers the scintillation phenomenon studied in Belarus, that enabled the Belarusian researchers to develop and launch to production the PbWO₄ scintillator, which became one of the most frequently used devices of this type in the high-energy physics experiments.

22 Maksim Bogdanovich, Gennadiy Ryabtsev **More efficient, more compact, more powerful**

The authors analyze the problems of previous development and further improvement of the solid laser systems. There are given examples of modern solid lasers with diode pumping, developed in the Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, to be used in range finding, laser spectroscopy, environmental monitoring.

24 Vitaliy Plavskiy **The light used to solve the urgent problems in medicine and agriculture**

The article considers the results of the research and innovative developments performed at the Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus during the last years in the field of the laser-optical technologies to solve the urgent problems in medicine and agriculture.

27 Alena Prasniakova **Innovatory approach to financing investment projects from public funds**

The article deals with the form of state participation in investment activities. There are revealed the problematic issues of government support and preferential crediting of investment projects.

31 Yulia Yakubuk **Services for businesses in the innovation economy**

The article considers the business services sector role, the opportunities for the outsourcing services as a potential for optimizing the activities of home enterprises.

34 Sergey Tishkov **Management of innovative processes in the Republic of Karelia**

The article deals with the concept of regional innovation subsystems and provides a methodology for assessing its state. The index of the regional innovative development has been formed.

38 Polina Martynchik **Chalcogenides for microelectronics**

The information is on the practical application and future-oriented works related to the metal-insulator transition, magnetoresistance and thermoelectric effects in chalcogenide compounds of manganese and solid solutions made on their basis.

40 Irina Emelianovich **Integration as a way to success**

It is the interview with a foreign member of the National Academy of Sciences of Belarus academician Aleksandr Aseev about the opportunities of further Russian and Belarusian scientific collaboration.

44 Mikalai Kochatau **Creation of the predictive models of market development**

Demand forecasting is one of the problems of the product manufacturing process. The article gives the technique of the innovative product predictive model building based on the probability theory, respective methods and an example of practical calculation.

49 Dmitry Maryasis **The Israeli technology commercialization system**

Technology commercialization system is a basic component of every innovations based economy. Israel has created one of the most efficient tech transfer system in the world. And now this country is considered to be among world scale high tech leaders.

53 Irina Emelianovich **Keeping abreast of the times**

This is a series of materials on the research results of the Institute of Genetics and Cytology, National Academy of Sciences of Belarus, on the occasion of the 50th anniversary of the institution.

62 Victor Satishur **Organomineral fertilizers made of biogas installations waste**

There is shown a possibility of use of biogas installations waste as raw resource for organomineral fertilizers production.

65 Irina Tereshko, Pavel Markov, Elena Tolstaya, Timur Gorchakov, Valeriy Tereshko, Vsevolod Redko **Non-thermal plasma in biomedicine**

The article considers the impact of glow discharge plasma (GDP) on biological objects. There was investigated in vitro the mice leukocytes response in the medium with the processed by the GDP water to the functional activity of immunocompetent cells (ICCs) and so their interactions with the molecules-regulators, i.e. pectins were modulated.

Гомельский технопарк вводит в строй второй пусковой комплекс

Официальная церемония открытия состоялась 7 октября. Запуском нового комплекса завершено создание инфраструктуры технопарка, финансирование которого осуществлялось за счет средств инновационного фонда Гомельского облисполкома и республиканского бюджета. Общая площадь помещений, которые будут использоваться для становления и развития инновационной деятельности, составляет сейчас около 4,3 тыс. кв. м, в том числе полезная – 2, 4 тыс. кв. м. Резидентами технопарка могут быть как действующие предприятия, занимающиеся созданием и распространением нововведений, так и ученые, инженеры, изобретатели, студенты, которые только начинают свое дело. По состоянию на 1 октября 2015 г. статус резидента присвоен 25 субъектам хозяйствования, в число которых входят как организации, так и индивидуальные предприниматели с общим количеством работников 217 человек. При этом около половины данных структур работает в сфере информационно-коммуникационных технологий.

В номере 9 (сентябрь 2015 г.) допущена неточность: на стр. 62 вместо имени и фамилии Цеслин Бустурин следует читать Целестин Бурстин.

Свет, фотоника и жизнь

Мир состоит из вещей и полей. Вещи (от атома до яблока) можно взвесить, потрогать. Стоимость пересылки рассчитает почтальон пропорционально весу и расстоянию. Поля проявляют себя через взаимодействия вещей и в то же время существуют независимо от них, распространяясь на огромные расстояния. Излучение, испущенное далекой звездой, достигнет наших глаз через тысячи лет, даже если звезда за это время исчезнет с небосклона. Свет, его свойства, рождение и взаимодействие с веществом являются предметом оптики как раздела физики.



Сергей Гапоненко,
заведующий
лабораторией
нанооптики
Института физики
им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси,
академик

Свет – это электромагнитные волны, занимающие весьма узкую нишу в их общем спектре, простирающемся от радио- до рентгеновских волн и гамма-излучения. Лишь ничтожно малая часть этого спектра используется человеком для зрительного восприятия. Полоса частот видимого излучения покрывает менее одной октавы, то есть их самые высокие и самые низкие значения отличаются менее чем в два раза. Для сравнения укажем, что слышимые нами звуковые частоты занимают 10 октав и самая высокая слышимая частота в 1 тыс. раз выше самой низкой. Возможно, это свойство наших органов чувств связано

с тем, что мы производим звуки, но не генерируем свет. Поэтому широкий диапазон звуковых частот нам необходим для передачи тонких оттенков наших эмоций друг другу. Мы говорим, поем и играем на музыкальных инструментах, создавая потоки акустических волн, однако мы не светимся и не посылаем друг другу световые сигналы, а лишь пассивно воспринимаем излучение, порожденное солнцем и другими источниками, которое рассеивается на окружающих нас предметах, делая их видимыми для наших глаз. При этом свет – главный носитель информации для человека. Благодаря зрению мы получаем основную часть сведений об окружающем мире.

Высокие технологии рождаются высокой наукой. Современные ноу-хау возникают на стыке нескольких направлений и обобщают достижения глобального научного сообщества. Оптические технологии зародились тысячи лет назад. Сначала люди начали делать первые зеркала, затем появились линзы, в XIII в. – очки, далее в XVI–XVII вв. – зрительные трубы, телескопы, бинокли и микроскопы. Естественно, что эти приборы выполняли функцию пассивного «усиления» нашего зрения. В XIX в. изобретено первое оптическое устройство записи информации – фотоаппарат.

В XX в. произошло слияние оптики с электроникой. Оно началось с создания детекторов – фотоэлектронных умножителей и фоторезисторов. Важным этапом стало создание электролюминесцентных источников света (1927 г.). Затем в 1960 г. возникли лазеры – квантовые генераторы электромагнитного излучения, основанные на синтезе оптических свойств сильновозбужденных материалов (оптика) и положительной обратной связи (радиофизика). Генератор света – лазер – поро-

дил новое направление науки и технологий – квантовую электронику. Все лазеры, кроме химических, в конечном счете получают энергию «от розетки», то есть являются электронно-оптическими устройствами.

Развитие электроники привело к революции в средствах связи и обработки информации. Появились радиосвязь и электронные вычислительные машины – компьютеры. Синтез оптики и электроники в последние десятилетия многократно усилил коммуникационные возможности электронных устройств. Среди многочисленных примеров количественного и качественного совершенствования средств связи и обработки данных в результате синтеза электроники и оптики можно назвать изобретение кино и телевидения, создание плоских телевизоров и дисплеев, Интернет и телефонию через оптические кабели, «тач-скрины» – интерактивные контактные панели-экраны в компьютерах и телефонах, цифровые фото- и видеокамеры, аудио- и видеозаписи на оптических дисках. Наконец, концепция операционной системы Windows, превратившей ЭВМ из технического аппарата в интерактивное персональное устройство хранения данных и общения, – это тоже синтез оптических и электронных технологий. Таким образом, применение достижений электроники к оптическим приборам позволило человечеству выйти за границы эволюционно обусловленного пассивного оптического «видения» и перейти к активному использованию оптического канала наших органов чувств для общения человека с человеком и человека с машиной. Слияние оптики с электроникой обеспечило общение машин между собой (роботы и Интернет вещей).

Как символ перехода от простейших зрительных приборов к сложным и разнообразным применениям оптико-электронных устройств возникла фотоника. Это раздел науки на стыке многих направлений и объединение в единую систему разнообразных технологий, в основе которых лежат исследование, преобразование, получение, применение оптического излучения, примерно от ближнего инфракрасного (5–10 мкм) до ближнего ультрафиолетового (0,2–0,3 мкм) диапазонов, включая и видимую область спектра с длиной волны 0,4–0,7 мкм.

Фотоника присутствует в нашей жизни не только тогда, когда мы включаем лампочку или телевизор. Передача информации по оптоволокну в телефонной связи и сети Интернет, запись, хранение и чтение данных с помощью оптических дисков, обработка деталей на производстве (резка, плавление, упрочнение), создание новых материалов с помощью фотостимулированных процессов (например, в случае стоматологических фотопломб или 3D-принтеров на основе фотополимеризации) – примеры фотоники в нашей жизни.

Эту область в последние 10–20 лет не обошло стороной движение вперед нанотехнологий. Синергетическое совместное развитие и «перекрестное оплодотворение» химии, молекулярной физики, физики твердого тела, оптики, электроники привело к формированию нанофотоники – области науки и техники, где оптика и электроника взаимодействуют на масштабе от 1–10 (длина волны электрона в полупроводнике) до 100–200 (длина волны света в полупроводнике) нанометров. Управление электронными волнами (квантовая механика), а также световыми волнами (волновая оптика), взаимодействие света и вещества в нанометровом масштабе (кван-

товая электродинамика) создают научную базу нанофотоники, а тонкая химия (атомно-молекулярная инженерия), физика твердого тела и молекулярная физика формируют ее материальную основу. Электроника помогает от простейших (в смысле первичных, элементарных, но вовсе не простых!) актов поглощения и испускания света пе-

рейти к сенсорам, светодиодам, солнечным элементам и лазерам на наноструктурах. Вызовом для глобального научного сообщества был и остается фотосинтез – сложное преобразование световой энергии в молекулярную, позволяющее растениям и некоторым бактериям синтезировать органические вещества из углекислого газа и воды.

Нанофотоника – это физика и техника электронных и световых волн, пространственно ограниченных в наноструктурах. Вспомним, что физика и техника пространственно ограниченных упругих волн – это музыкальная акустика. Музыкальные инструменты – это генераторы, резонаторы, волноводы и фильтры звуковых

Фотоника присутствует в нашей жизни не только тогда, когда мы включаем лампочку или телевизор. Передача информации по оптоволокну в телефонной связи и сети Интернет, запись, хранение и чтение данных с помощью оптических дисков, обработка деталей на производстве, зубная фотопломба и 3D-принтер – примеры фотоники в нашей жизни. От свечи до светодиода и лазера, от зрительной трубы до систем оптической связи, от простейших линз до DVD-проигрывателей, от первых фотоаппаратов до будущих квантовых компьютеров – так фотоника, объединив оптику, лазерные технологии и электронику, позволила перейти от пассивного восприятия мира с помощью света к активному применению света для общения человека с человеком, человека с вещами (машинами) и вещей (машин) между собой.



волн (длина волны – от нескольких сантиметров у флейты пикколо до нескольких метров у органичных труб). Нанопотоника в своей сущности – это резонаторы и фильтры для электронных волн (длина порядка 1–10 нм), а также генераторы, фильтры, волноводы и резонаторы электромагнитных волн (длина примерно 100–300 нм). В этом разделе фотоники новые устройства во многом используют принципы акустики, но в пространственном масштабе нанометрового диапазона и с добавлением квантовых явлений, не имеющих аналогов в мире звуков. Во многом конструирование современных компонентов в нанопотонике сходно с конструированием музыкальных инструментов. Ключевыми понятиями являются слова «резонанс», «волны», «колебания», «волноводы». Эти лирико-романтические пассажи – не плод творческого воображения автора данных строк, а прямое следствие удивительной внутренней гармонии природы: стационарные состояния звуковых колебаний, световых волн и электронов описываются одним и тем же по форме математическим выражением, которое в акустике и оптике называют уравнением Гельмгольца, а в квантовой физике – уравнением Шредингера. Музыка пространственно ограниченных электронных и оптических колебаний – вот квинтэссенция нанопотоники. Сегодня оптические наноинженеры конструируют квантовые ямы – «ящички» сложной формы для электронов – почти так же тщательно, как старинные мастера оттачивали оптимальную форму гитары или скрипки.

Нанопотоника уже принесла и продолжает приносить реальную пользу на практике. Много лет работают в конкретных устройствах лазеры

на квантоворазмерных структурах, а полупроводниковые светодиоды с использованием квантовых ям (Нобелевская премия по физике 2014 г.) в ближайшие 10–15 лет приведут к глобальному переходу от ламп накаливания и газоразрядных люминесцентных ламп к полностью твердотельному освещению. Светодиодные лампы белого свечения уже доступны на полках наших магазинов. Сверхтонкая фокусировка излучения с помощью наноструктур в оптических устройствах записи-хранения данных обещает повышение плотности записи информации. В современной нанопотонике молекулярная физика и химия все активнее конкурируют с физикой твердого тела и традиционными «кристалльными» технологиями, в которых создание оптоэлектронных компонентов начинается с роста больших высококачественных кристаллов. В последние 10 лет все громче заявляет о себе альтернативный подход, при котором вместо массивных кристаллов используются коллоидные наноструктуры. На наших глазах рождается коллоидная оптоэлектроника – новая технологическая платформа, позволяющая производить устройства (лазеры, светодиоды, фоточувствительные матрицы и солнечные элементы) без применения сложных и дорогих процессов роста крупных кристаллов, нанолитографии и вакуумного осаждения.

Конструирование свойств материалов на масштабе выше атомного (0,1 нм), но ниже оптического (100 нм) привело к появлению новых материалов, оптические свойства которых не имеют аналогов в природе. Например, все природные вещества либо сильно отражают свет (в частности, металлы), либо частично поглощают и отра-

жают (полупроводники), либо не поглощают его (диэлектрики). Новые синтетические материалы могут в одном направлении вести себя как металлы, а в других – как диэлектрики.

В истории фотоники от древнего мира до новейших нанотехнологий удивительным остается то, что глубинные вопросы о первичных событиях рождения света атомами и превращения энергии излучения в энергию атомов, которые осуществляются в результате обмена фотонами между веществом и излучением, до сих пор являются предметом исследований и дискуссий. Очевидное-невероятное: в то время как фотоника дарит миру один за другим новые приборы и устройства, сам фотон – квант света, воспринимаемый как частица (или скорее, минимальная «порция») света, как физическая сущность остается во многом загадочным объектом. Альберт Эйнштейн, получивший Нобелевскую премию за теорию фотоэффекта, положившую в 1905 г. начало представлениям о том, что свет поглощается порциями – квантами, в 1954 г. писал: «Все эти 50 лет постоянных раздумий не приблизили меня к ответу на вопрос «Что такое световые кванты?». Сегодня каждый Том, Дик и Харри думают, что знают ответ, однако они ошибаются». Уже в современный период, в 1995 г. нобелевский лауреат в области квантовой электродинамики Виллис Лэмб сказал: «Излучение не состоит из частиц». Квантовая оптика – раздел фотоники, анализирующий тончайшие нюансы взаимоотношений вещей и полей в оптике, а ее развитие может принести миру новое великое изобретение – квантовые компьютеры. Но это уже совсем другая история. ■

От генерации излучения до фотодинамической терапии

Современными оптическими и оптоэлектронными технологиями обладают не более двух десятков стран. К их числу относится и Беларусь. В нашей республике фотоника рассматривается как одно из приоритетных направлений научно-технической деятельности, и для ее научного обеспечения в 2011 г. принята Госпрограмма научных исследований «Развитие методов и технологий современной оптики и лазерной физики для использования в промышленности, медицине, сельском хозяйстве, охране окружающей среды, обороне», реализация которой заканчивается в нынешнем году. Один из научных руководителей подпрограммы «Фотоника» академик Валентин ОРЛОВИЧ делится с читателями нашего журнала информацией о том, какие результаты достигнуты за время выполнения ее заданий.



– Валентин Антонович, известно, что оптические методы все более широко задействуются во многих областях. Изучению каких из них уделено внимание в формате реализации ГПНИ?

– Фотоника – это не только новейшая наука и технологии, но и большой сегмент мировой экономики. По прогнозам, в течение ближайших десяти лет рынок фотоники должен догнать рынок микроэлектроники. В рамках упомянутой программы уделяется должное внимание

разработке оптических, лазерно-оптических оптоэлектронных методов и технологий для широкого круга применений. Коротко остановлюсь на некоторых примерах. В Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси совместно с БНТУ разработан комплекс физико-технических методов, устройств и приборов терагерцовой спектроскопии и многопараметрического анализа спектроскопических данных для бесконтактной идентификации, диагностики свойств материалов и биологических объектов в электронной, химической, пищевой отраслях промышленности и медицине. В частности создан экспериментальный комплекс «Тераспектрометр», продемонстрированы возможности его использования для изучения характеристик слоистых структур графена, включая исследования на одном атомарном слое, а также кремния.

Современные применения оптики, например, для астрофизических изысканий, требуют изготовления крупногабаритных оптических изделий сложной формы с поверхностями, обработанными с точностью до нескольких атомарных слоев. В Институте тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси близится к завершению разработка технологии и экспериментального оборудования для магнитореологического по-

лирования оптических деталей из ситалла и карбида кремния. Уникальность этого способа состоит не только в получении недостижимого другими методами качества поверхностей, но и в возможности создания полностью автоматизированных систем их обработки. На практике часто требуется бесконтактный неразрушающий и оперативный контроль формы и качества изделий машиностроения и микроэлектроники, чему наилучшим образом соответствуют оптические методы. В этой связи хотелось бы отметить цикл исследований амплитудно-фазового преобразования световых пучков в средах со сложной анизотропией. Показано, что полученные результаты, включая разработанные методы и аппаратные средства, могут быть использованы для определения размерных характеристик, в том числе дефектов, объемных структур и тонких пленок с разрешением менее 10^{-9} м при производстве наноструктур и контроле качества объектов микро- и оптоэлектроники, микросистемной техники. В этом же проекте обнаружен и изучен новый тип световых пучков – динамические пучки Эйри, параметры которых можно перестраивать во времени в процессе акустооптической дифракции на стоячих ультразвуковых волнах. Пучки перспективны для управления движением микрочастиц, генерации криволинейных плазменных каналов, нелинейного преобразования частот, субволновой микроскопии.

В рамках проекта, выполняемого совместно учеными Института физики и БГУ, разработан мобильный лазерный спектрометр, созданы экспрессные методы элементного анализа, инфракрасной спектроскопии и люминесцентного зондирования. Этот спектрометр уже частично используется

для исследований содержания жизненно важных микроэлементов в биологических жидкостях, включая кровь, что важно для медицинской диагностики, измерения содержания калия и других элементов образцов, добываемых на ОАО «Беларуськалий», для установления подлинности объектов живописи, анализа строительных материалов на наличие вредных и токсичных веществ, проверки питьевой воды на жесткость и наличие тяжелых металлов.

– Какие тенденции развития нынешней лазерной техники вы могли бы отметить и насколько работа в формате программы соответствовала основным мировым трендам?

– Современная лазерная техника развивается по нескольким ярко выраженным направлениям: создание источников сверхсильных оптических полей, новые оптические, нелинейно-оптические и лазерные материалы, компактные и энергоэффективные лазеры, в особенности твердотельные. В той или иной степени с учетом масштаба нашей страны все эти направления представлены в нашей программе.

В Институте физики им. Б.И. Степанова разработан и реализован новый подход к созданию фемтосекундных лазеров, сочетающих в себе простоту конструкции, отсутствие жестких требований к условиям эксплуатации, высокую стабильность выходных параметров, приемлемые для многих применений значения выходной энергии и импульсной мощности. В БНТУ продемонстрированы возможности создания лазера на основе кристалла калий-гадолиниевого вольфрамата с иттербием, генерирующего импульсы с длительностями ~250 фс. Экспериментально продемонстрирован режим

пассивной синхронизации мод в лазере на кристалле Yb:YAlO_3 . Достигнута средняя мощность выходного излучения в 25 Вт при длительности импульсов 350 фс, показана возможность упрочения импульсов до 100 фс. Эти пионерные результаты сформировали научную основу для разработки новых компактных лазерных систем, генерирующих фемтосекундные импульсы с высокой выходной мощностью.

Среди достижений НПЦ НАН Беларуси по материаловедению – лабораторные технологии выращивания крупногабаритных кристаллов александрита и магниевой шпинели, активированной кобальтом. Полученные кристаллы уже используются отечественной оптической промышленностью. В Институте химии новых материалов создана технология изготовления изотропных и анизотропных фазовых пленок для оптического отображения информации. В Институте физики им. Б.И. Степанова при участии ученых БНТУ и СО РАН впервые получена генерация на 702 нм в кристалле калий-гадолиниевого вольфрамата, активированного ионами европия. В БНТУ и Институте физики при диодной накачке получена мощная – до 1 Вт – генерация в микрочип-лазере на кристалле Tm:KYW и до 10 Вт – на кристаллах Nd:KGW . Эти результаты позволяют создавать промышленные образцы компактных полностью твердотельных лазерных систем для ближнего инфракрасного и видимого диапазонов спектра.

В Институте физики выполнены исследования и на их основе сделаны экспериментальные образцы лазеров на эрбиевом стекле с поперечной диодной накачкой, генерирующие безопасное для глаз излучение с длиной волны 1,54 мкм и энергией импульсов 2 и 8 мДж. С использованием нелинейно-оптического

преобразования излучения Nd:YAG лазеров созданы более мощные лазерные системы для генерации импульсов до 70 мДж и с высокой частотой их следования. Такие лазеры и системы перспективны для дальнометрии, лидарной техники, медицины.

– В последнее время наблюдается интенсивное применение лазерных технологий в медицине. Затронули ли задания программы эту сферу исследований?

– Лазеры уже давно нашли свое место в дерматологии, онкологии, хирургии, офтальмологии как для лечения, так и для диагностики заболеваний. Их внедрение в практику дает большой социально-экономический эффект. Ученые Института физики НАН Беларуси были одними из первых, кто применил лазер для терапевтических целей. Созданными ими установками оснащены практически все медицинские учреждения республики. В рамках подпрограммы «Фотоника» получен ряд приоритетных научных результатов в области взаимодействия излучения с живыми тканями и организмами. Впервые зарегистрирована фосфоресценция билирубина и измерены ее характеристики. Эти результаты имеют принципиальное значение для понимания механизмов фотолиза билирубина при проведении фототерапии желтухи новорожденных. Разработаны методы неинвазивного определения концентрации эндо- и экзогенных хромофоров ткани, включая фотосенсибилизаторы, и эффективности поглощения ими света в слоях ткани с различной глубиной залегания, что позволяет учесть индивидуальные особенности ткани пациента и выбирать оптимальные для него технологии фотодинамической терапии рака.

Впервые на живых организмах установлен синергизм в биологическом действии постоянного магнитного поля и лазерного излучения, обнаружено влияние магнитного поля на глубину проникновения последнего в ткань. Эти научные данные использованы при разработке магнитотерапии широкого круга заболеваний различного генеза, а также активации характеристик спермы рыб и стимуляции развития эмбрионов и молодых ценных пород рыб. Следует отметить большие перспективы применения лазеров в сельском хозяйстве при лечении заболеваний животных, активации семенного материала и т.д. Пока в нашей стране такие исследования представлены недостаточно широко.

– Известный конек наших физиков – оптические методы диагностики атмосферы, в частности лидарное зондирование. Сказано ли в этом направлении новое слово?

– По этой тематике в рамках подпрограммы «Фотоника» активно работают ученые Института физики, Белгосуниверситета и НИИ прикладных физических проблем. Предложен и успешно реализуется новый подход к дистанционному зондированию атмосферы и подстилающей поверхности, включающий наземные и космические средства наблюдения. Создаются устройства с управляемыми оптическими характеристиками для их применения при мониторинге окружающей среды в регионах экологического риска и в исследованиях полярных областей, разрабатываются программы и методики обеспечения повышения точности калибровок оптических приборов и видеоспектральных данных. В качестве примера укажу, что один из созданных в Институте физики лидаров уже работал

в Антарктиде, второй недавно поставлен по контракту в Китай. Получены первые практические результаты в применении нового подхода к исследованиям аэрозоля для станций европейской сети EARLINET и сети CIS-LiNet в странах СНГ. Программный пакет, реализующий этот подход, в настоящее время применяется в Минске, Томске и на десяти станциях EARLINET.

– Какие еще достижения исполнителей программы можно отметить?

– В БГУ впервые реализовано динамическое управление поляризацией сингулярных световых пучков на основе схем поляризационной голографической записи. Созданы электрически управляемые жидкокристаллические элементы, преобразующие линейно поляризованное излучение в радиальное или азимутальное. Разработанные методы объединяют возможности поляризационной голографии и сингулярной оптики, позволяя создать системы управления микрочастицами, а также ввести дополнительные степени свободы – поляризационную структуру излучения и топологический заряд светового пучка – для кодирования и обработки информации.

Также в БГУ совместно с учеными НИИ ПФП БГУ проведено исследование структуры и спектроскопических свойств трикарбоцианиновых красителей. При увеличении их концентрации в малополярных растворителях обнаружен рост образования синглетного кислорода. Показано, что он находится преимущественно в форме свободных ионов. На основе этих изысканий разрабатывается фотосенсибилизатор, который был представлен на конкурс инновационных проектов в Санкт-Петербурге и получил диплом первой степени в номи-

нации «Лучший инновационный проект в области наносистем, наноустройств, наноматериалов, нанотехнологий».

В Институте физики НАН Беларуси развит алгоритм расчета радиационных характеристик сложной системы «атмосфера – тающий лед» для полярных регионов. На основании спутниковых спектральных данных высокого пространственного разрешения проведены численные расчеты альбедо морского льда и доли поверхности льда, покрытой талой водой. Внесен существенный вклад в создание методов и средств метрологического обеспечения лазерной и оптоэлектронной техники. Разработаны гибридные наноматериалы на основе фотохромных и полимерных наноконструкций. В кристаллах фторида лития обнаружены ранее неизвестные типы собственных радиационных дефектов и на этой основе предложены новые материалы для использования в дозиметрии и в экспериментах на ускорителях.

– В основном вы прошлись по разработкам, имеющим явно прикладной характер и уже нашедшим себе применение. Есть ли достижения в области фундаментальной науки?

– На самом деле большинство упомянутых результатов базируется на новых идеях и, соответственно, на очень серьезных теоретических и экспериментальных исследованиях. Причем во многих случаях впереди идет теория, которая затем либо подтверждается, либо опровергается специально поставленными экспериментами. Ведь научные гипотезы становятся истиной только после практической верификации. К примеру, в Институте физики создана полуклассическая теория внутрирезонаторного нестационарного вынужденного комбинационного рассеяния с преобразованием фундамен-

тальной волны в стоксовы и антистоксовы волны нескольких порядков. Показано, что известные в настоящее время полуклассические и феноменологические модели являются частными случаями созданной теории. Эти результаты были использованы для анализа динамики экспериментально исследованного ВКР микрочип-лазера, в котором генерируются мощные импульсы первой стоксовой, первой антистоксовой и второй стоксовой компонент. Получено хорошее соответствие с результатами экспериментальных исследований. Установлены физические механизмы, приводящие к генерации указанных импульсов. После такой экспериментальной проверки стало ясно, что созданная теория может быть применена и для описания других внутрирезонаторных нелинейно-оптических процессов.

В Институте физики НАН Беларуси установлено, что формирование в пленках системы $\text{GeO}_2\text{-Eu}_2\text{O}_3\text{-Au}$ наночастиц золота ведет к многократному увеличению интенсивности люминесценции ионов Eu^{3+} при возбуждении излучением 100–250 нм. Обнаруженный эффект объясняется совокупным действием двух факторов: радикальным увеличением концентрации дырочных центров нестехиометрического кислорода и блокировкой пассивации этих центров атомами водорода, образующимися в результате фотолитического разложения связанных с матрицей ОН-групп. Результаты могут использоваться для создания эффективных детекторов (визуализаторов) космических излучений, стратосферных электрических явлений, коронарных разрядов и пламени ракетных двигателей.

Открытие динамических пучков Эйри, о которых я уже упоминал, предшествовали весьма сложные расчеты, за которыми последовали оригинальные

экспериментальные исследования, в которых применялись и лазерное излучение, и акустические волны. Хочу также отметить, что в нашей стране началось развитие новое направление – создание и изучение так называемых метаматериалов, то есть материалов с отрицательным коэффициентом преломления. В рамках подпрограммы «Фотоника» уже получены первые и весьма успешные результаты.

– Эффективность выполнения программы принято подтверждать статистическими данными о полученных достижениях. Назовите основные из них.

– В прошлом году по подпрограмме «Фотоника» было опубликовано 719 научных работ. Результаты исследований легли в основу 1 докторской, 12 кандидатских и 7 магистерских диссертаций. Исполнителями получено 34 охранных документа на объекты промышленной собственности, из которых 13 патентов Российской Федерации и 1 – Германии. Установлены 42 новые закономерности, 56 новых зависимостей, создано 57 новых методов и методик, 31 экспериментальный образец, 11 лабораторных технологий. Выполнялось 114 договоров на разработку научно-технической продукции, суммарный объем по которым составил 3 129,2 млн руб. Не менее впечатляющи итоги и за 1-е полугодие нынешнего года. За этот период появилось 29 новых методов и методик, реализуется 176 договоров на сумму около 11 млрд руб. О значимости и востребованности результатов ГПНИ «Электроника и фотоника» свидетельствует тот факт, что они используются при выполнении 58 заданий государственных научно-технических программ и других работ. ■

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

Фото автора

Совместными усилиями

Беларусь входит в число 20 стран, в которых наиболее активно проводятся исследования по разработке лазерной, оптической, оптико-электронной техники, занимает второе место в мире по средней цитируемости статей в этом направлении, входит в десятку ведущих государств по количеству выданных патентов по лазерной тематике. Непрерывно растет объем произведенной у нас лазерно-оптической продукции. Соответствующие работы выполняются в Национальной академии наук Беларуси, БГУ, БНТУ, на ряде предприятий республики.

Для укрепления связи науки с производством по решению Президиума НАН Беларуси в 2003 г. была создана Научно-техническая ассоциация «Оптика и лазеры» (НТА «Оптика и лазеры»). В настоящее время ее членами стали 20 организаций, в том числе 2 академических института, 3 учебных и научно-исследовательских учреждения, промышленные предприятия (ОАО «Пеленг», ОАО «КБТЭМ-ОМО», ЗАО «Солар ЛС», ООО «Изовак», СП «Лотис», ООО «Эссент Оптикс» и др.). Данная структура объединила усилия заинтересованных сторон в области проектирования и производства лазерно-оптической техники. Деятельность НТА «Оптика и лазеры» направлена на создание благоприятных условий для развития данной отрасли в нашей стране, на объединение и координацию научной, научно-технической, производственной и инновационной составляющих по разработке новых оптических материалов, лазеров и продукции на их основе.



Елена Науменко,
исполнительный директор НТА «Оптика и лазеры»

Большое внимание уделяется обеспечению своих членов информационными материалами по современным исследованиям и применениям лазеров и оптических приборов в народном хозяйстве. Была организована работа научно-технического семинара «Новые лазерно-оптические технологии и приборы», тематика которого формировалась так, что в первой части мероприятия обсуждались научные основы и разработки, а во второй – вопросы их возможной практической реализации. Медицинское направление вызвало такой большой интерес, что семинар перерос в республиканскую научно-практическую конференцию «Лазерные технологии в медицине». В ее работе приняли участие свыше 200 специалистов: ученые-физики, разработчики технологий и аппаратуры, более 100 практических врачей, а также 20 представителей от 11 предприятий, выпускающих в Беларуси лазерную технику для медицины. Конференцию сопровождала выставка новейших лазерных приборов и устройств, применяемых в онкологии, офтальмо-

логии, кардиологии, неврологии, стоматологии. Большой интерес вызвали многофункциональные хирургические аппараты, разработанные белорусскими фирмами «Солар ЛС», «ЛЭМТ» и др.

Научно-техническая ассоциация «Оптика и лазеры» принимает активное участие в подготовке документов, регламентирующих льготные условия для деятельности предприятий лазерно-оптической отрасли. В 2006 г. был подписан Указ Президента Республики Беларусь №418. С тех пор членам ассоциации предоставлялись преференции на основании заключений экспертного совета ГКНТ, возглавляемого Председателем НТА академиком С.В. Гапоненко.

Специалистами НТА регулярно проводится комплексный анализ ситуации в отрасли. Такие данные необходимы для обоснования прогноза ее развития. Составлен каталог, включающий контактные данные, сведения о направлениях деятельности предприятий и основных видах выпускаемой ими продукции.

НТА «Оптика и лазеры» является Региональным центром Международной лазерной ассоциации (ЛАС) и строит свою работу в тесном взаимодействии с этой организацией. По согласованию с ЛАС мы направляем статьи для публикации в периодическом издании «Лазер Информ». Регулярно обновляем данные для включения в каталог «Кто есть кто» в ЛАС. С целью укрепления международных связей и повышения статуса белорусской

науки готовим рекомендации и представления для включения специалистов нашей страны в состав Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям.

В связи с вступлением в силу Договора о создании Единого таможенного пространства была начата работа по подготовке единого технического регламента на безопасность лазерной техники. Принятие данного документа создаст благоприятные условия для продвижения объектов лазерно-оптической техники на новые рынки сбыта и будет способствовать поступлению валюты в страну.

В рамках международного сотрудничества НТА принимает активное участие в подготовке и проведении выставок «Фотоника» в Москве, в зарубежных конференциях по лазерной тематике. В 2011 г. в Минске состоялась Белорусско-российская инновационная конференция, на которой обсуждались вопросы мобилизации и консолидации интеллектуальных, технологических и инвестиционных ресурсов на ключевых направлениях развития. На мероприятии был представлен совместный от Лазерной ассоциации и НТА доклад на тему «Лазерно-оптическая отрасль в России и Беларуси: от науки к производству через инновации». С целью координации совместных работ в рамках российской Технологической платформы «Инновационные лазерно-оптические и оптоэлектронные технологии – «Фотоника» по инициативе НТА в состав рабочих групп были включены 11 специалистов нашей страны.

НТА «Оптика и лазеры» принимала активное участие в подготовке и заключении трехстороннего Соглашения об образовании Евразийской технологической платформы «Фотоника» (Беларусь, Россия, Казахстан). Документ подписан в мае этого года. ■

Эволюция светодиодных ламп прямой замены

В последние годы на смену ставшим уже привычными лампам накаливания и компактным люминесцентным пришли новые, более экономичные, экологически безопасные и долговечные светодиодные с аналогичным форм-фактором (рис. 1). Предназначенные для непосредственной замены традиционных источников света, в технической литературе они называются светодиодными лампами прямой замены – СЛПЗ или LED retrofit lamps.

СЛПЗ обеспечивает полную преемственность установочных, электрических и светотехнических характеристик заменяемой лампы, но отличается более высокой световой эффективностью и сроком службы. Преемственность особенно важна, так как под использование старых типов источников света спроектировано и находится в эксплуатации огромное количество светильников, люстр, бра и т.п.

Выделяются два принципиально отличающихся друг от друга вида или поколения СЛПЗ.

СЛПЗ первого поколения

Данные лампы были созданы приблизительно в 2005 г. Сейчас они достаточно широко распространены, объемы их выпуска и реализации составляют миллионы штук в год, а стоимость – от 1 долл. за единицу

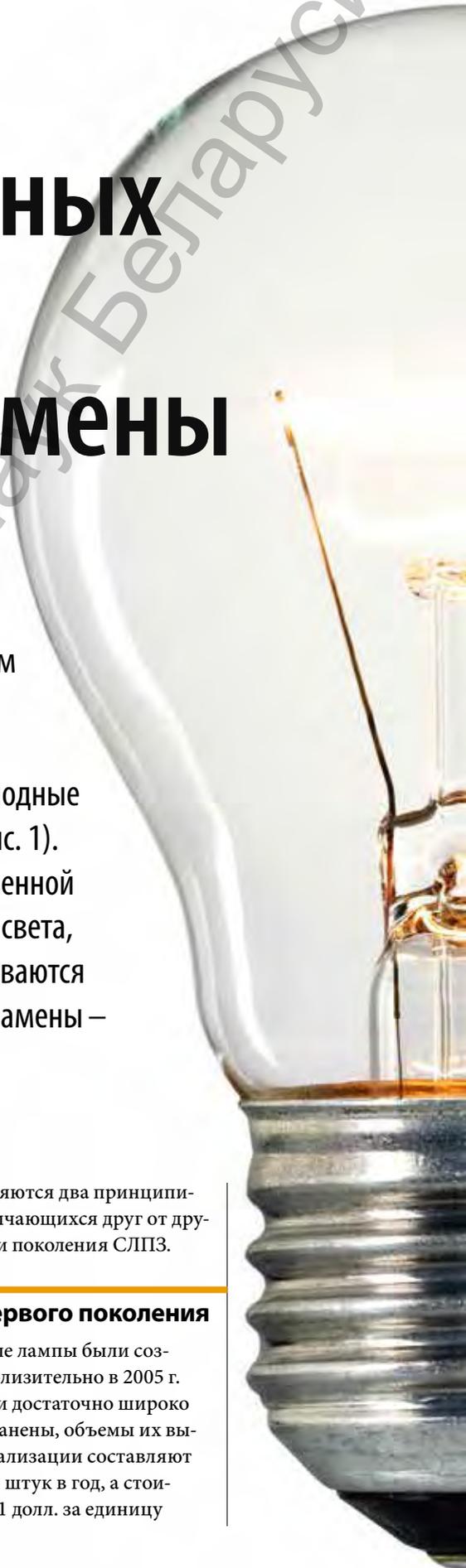


Рис. 1. Источники света бытового назначения



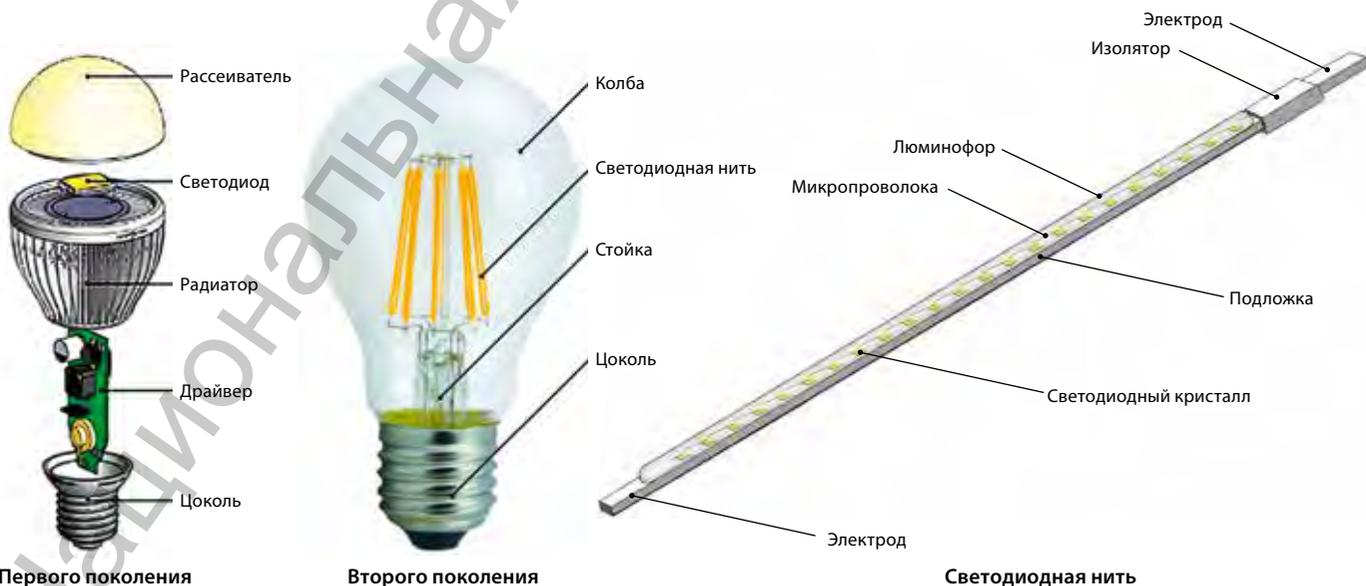
(не самых высоких характеристик производства стран Юго-Восточной Азии). Вместе с тем в их конструкции имеется ряд существенных недостатков, которые в будущем приведут, по-видимому, к отмиранию данной технологии. Рассмотрим вопрос более подробно.

В СЛПЗ первого поколения источником света выступает один или несколько мощных (1–2 Вт) дискретных светодиодов (рис. 2). Их срок службы и надежность существенно зависят от температуры активной области (непосредственного излучателя). Поэтому в СЛПЗ первого поколения для отвода тепла, выделя-

емого мощными светодиодами, используется радиатор. Он изготавливается из таких материалов, как алюминий, теплопроводящие керамики или пластмассы, и располагается обычно между цоколем и плафоном (рассеивателем) лампы. Следует отметить, что для эффективного рассеивания тепла в условиях естественной конвекции радиатор должен иметь достаточно большую поверхность, что приводит к увеличению габаритных размеров и массы СЛПЗ, а также усложняет достижение требуемых светотехнических характеристик. Дело в том, что компактные люминесцентные, а также гра-

диционные лампы накаливания характеризуются практически равномерным и однородным свечением во всех направлениях. Что же касается СЛПЗ первого поколения, то в силу описанных конструктивных особенностей непрозрачный тепловой радиатор блокирует часть светового потока, излучаемого светодиодами. Проблему можно частично решить, расположив источники света на боковых гранях выступающего пьедестала теплового радиатора либо используя специализированные оптические элементы (линзы, рефлекторы, световоды и т.п.). Однако из-за усложнения технологии, а также

Рис. 2. Конструкции СЛПЗ



неизбежных оптических потерь такие лампы характеризуются более высокой стоимостью, небольшим световым потоком и являются менее привлекательными для потребителя.

Следует также отметить, что для электрического питания светодиодов в СЛПЗ первого поколения применяются низковольтные преобразователи с высоким выходным током (драйверы), что негативно сказывается на КПД, надежности и стоимости ламп.

СЛПЗ второго поколения

Прототип СЛПЗ второго поколения был впервые создан японской компанией Ushio Lighting в 2008 г. Однако массовое распространение такие лампы получили начиная с 2012–2013 гг. и с тех пор постепенно вытесняют с рынка не только традиционные, но также и СЛПЗ первого поколения.

В СЛПЗ второго поколения в качестве источников света используется несколько светодиодных нитей. На английском языке они именуется LED filament, поэтому их еще называют лампами-филаментами. В общем случае светодиодная нить (рис. 2) состоит из продолговатой подложки, на поверхности которой установлено множество маломощных синих светодиодных кристаллов, последовательно соединенных друг с другом микропроводкой и покрытых слоем люминофорного материала. Она работает следующим образом: при подаче рабочего напряжения через светодиодные кристаллы начинает протекать электрический ток, под действием которого излучается синий свет. Часть его поглощается люминофором и преобразуется в излучение желто-зеленой области спектра, которое, смешиваясь с оставшейся частью синего излучения, воспринимается как белый свет. В ряде случаев для повышения индекса цветопередачи (CRI)

в цепочку синих светодиодов добавляют полупроводниковые приборы красного свечения.

Падение напряжения на светодиодной нити составляет около 70 В, а рабочий ток всего 10–20 мА. Это наилучший режим эксплуатации светодиодов как с точки зрения увеличения световой эффективности, которая на малых токах выше, так и с позиции уменьшения нагрева светодиодов вследствие снижения выделяемой тепловой энергии и ее равномерного распределения по поверхности подложки. Благодаря этому становится возможным отказаться от использования теплового радиатора. Также немаловажно, что схемотехническая реализация драйвера значительно проще, чем в случае СЛПЗ первого поколения, поэтому он может легко помещаться внутри цоколя лампы.

Важное преимущество СЛПЗ второго поколения – возможность изготовления без существенных изменений конструкции ламп в различных форм-факторах (шар, свеча, декоративные лампы) и с различными цоколями (E27, E14 и т.п.). Законченные изделия также имеют небольшой вес и не утяжеляют светильники и люстры, в которые устанавливаются.

Конечно, несмотря на кажущуюся простоту конструкции, СЛПЗ второго поколения – сложные устройства. В частности, к ноу-хау относятся: технология синтеза и равномерного нанесения люминофорных композиций на подложку при соблюдении высокой адгезии люминофора к подложке, повышение механической прочности и устойчивости светодиодных нитей к вибрациям и одиночным ударам, конструктивно-технологические способы получения 360-градусной диаграммы вывода излучения и снижения так называемых утечек синего света через торцы подложки (в случае использования

прозрачных материалов), методы минимизации перегрева и деградации светодиодных кристаллов и нитей и др.

Например, для уменьшения нагрева полупроводников применяют металлические подложки, а внутренний объем стеклянной колбы лампы заполняют смесью инертных газов и заваривают при помощи газовой горелки. Применение таких газов не случайно. Это позволяет, с одной стороны, снизить химическую деградацию люминофора в светодиодных нитях, а с другой – улучшить условия для интенсификации естественной конвекции внутри колбы за счет малой вязкости инертных газов.

Оптимальным считается такое расположение светодиодных нитей внутри лампы, при котором ни одна их пара не располагается в одной плоскости. В этом случае диаграмма вывода света соответствует лампам накаливания и обеспечивает равномерность освещаемой поверхности (рис. 3).

Сравнение эксплуатационных характеристик

В табл. 1 представлены основные технические характеристики СЛПЗ первого и второго поколений на основе результатов собственных измерений и литературных данных [1] (результаты измерений других СЛПЗ первого поколения были опубликованы ранее нами в [2, 3]). Исследования были выполнены в оснащенной современным оборудованием аккредитованной испытательной лаборатории Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, в которой регулярно проводится мониторинг светотехнической продукции рынка Таможенного союза.

Из приведенных данных следует, что световая эффективность

№	Наименование лампы	Фотография	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая эффективность, лм/Вт	КЦТ, К (CRI)	Срок службы*, тыс. ч.
СЛПЗ первого поколения (по данным [1])							
1	IKEA 60W Rep LED		10	600	60	2632 (87)	25
2	CREE 60W Rep LED		9,5	800	84,2	2669 (80)	25
3	PHILIPS 60W Equi LED		11	830	75,4	2584 (81)	25
4	GE Energy Smart 60W Rep LED		11	800	72,7	2562 (80)	15
СЛПЗ второго поколения (по результатам измерений Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси)							
1	Uniel Sky 7W/E27/3000K		5,3	623	117,5	2679 (81)	30
2	Feron LED 7W/E27/2700K		6,2	600	96,8	2870 (81,8)	30
3	Feron LED 7W/E27/4000K		6,4	675	105,5	4139 (83,3)	30
4	Feron LED 5W/E27/4000K		4,0	383	95,8	3825 (82,2)	30
5	PLED A60 OMNI 8W/E27/2700K		7,6	719	94,6	3051 (78,3)	30
6	LED Filament lamp A60 6W/E27/warm light		6,2	623	100,5	2740 (80,8)	-
7	LED Filament lamp C35 4W/E14/warm light		4,2	358	85,2	2712 (80,6)	-
8	ASD LED-A60 ПР 6Вт/E27/3000K		4,8	444	92,5	3001 (83)	30
9	ASD LED-A60 ПР 8Вт/E27/3000K		6,1	565	92,6	2848 (80,1)	30
10	ASD LED-A60 ПР 10Вт/E27/3000K		7,7	825	107,1	2876 (81,9)	30

Таблица 1. Основные технические характеристики СЛПЗ первого и второго поколений
* по данным производителя

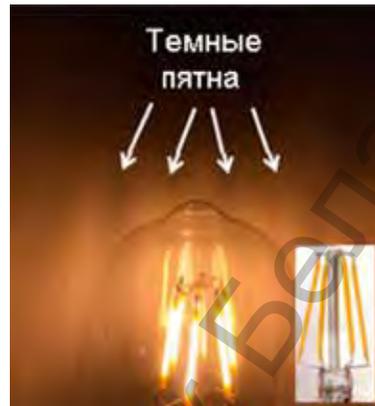
СЛПЗ первого поколения от ведущих производителей составляет от 60 до 85 лм/Вт. С другой стороны, у образцов СЛПЗ второго поколения, выпущенных даже непередовыми предприятиями, этот показатель лежит в диапазоне от 85 до 115 лм/Вт. Таким образом, уже сейчас СЛПЗ второго поколения являются на 30–40% более эффективными в сравнении с предшественниками.

Такие параметры, как коррелированная цветовая температура (КЦТ) и CRI, характеризующие качество и комфорт освещения для СЛПЗ обоих поколений, в целом находятся в приемлемых диапазонах (КЦТ от 2000 К до 4000 К, CRI – не менее 80).

Итоги и перспективы

Очевидно, что в ближайшее время благодаря внедрению инновационных разработок в области светодиодных ламп прямой замены рынок светотехники будет подвержен существенному форматированию и трансформации. При этом предприятия, выпускающие устаревшую продукцию, будут вынуждены уйти с него или значительно уменьшить объемы собственного производства, а на их место придут новые игроки.

Актуальность и перспективность передовой технологии подталкивает многих производителей традиционных источников света, в том числе и на территории Таможенного союза, к разработке и освоению выпуска СЛПЗ второго поколения. Так, завод «Лисма» (г. Саранск) наладил изготовление СЛПЗ мощностью от 4 до 8 Вт со световой эффективностью около 110 лм/Вт [4]. Томский электроламповый завод (ТЭЛЗ) планирует начать в 2015 г. производство СЛПЗ второго поколения при научно-техническом сопровождении Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники [5].



В Республике Казахстан выпуск СЛПЗ второго поколения организуется в ТОО «LED Systems» (г. Астана, Казахстан), которое вместе с Физико-техническим институтом (г. Алматы) и Научно-технологическим центром «Парасат» является лидером в области светодиодных технологий в Казахстане. Следует отметить, что часть технологических операций будет выполняться по аутсорсингу.

В Республике Беларусь в рамках светотехнического кластера на базе Брестского электролампового завода также создается производство светодиодных ламп нового поколения. На опытных

образцах уже достигнута световая эффективность 145 лм/Вт, что существенно больше значений, указанных в табл. 1. Вместе с тем в планах предприятия – лампы с показателем 170 лм/Вт.

Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси активно участвует в работах по СЛПЗ второго поколения в тесном контакте с ОАО «БЭЛЗ» и ТОО «LED Systems». Наша общая задача видится в том, чтобы, используя накопленный опыт, научные знания и имеющиеся разработки, обеспечить в будущем выпуск востребованной рынком новейшей светотехнической продукции. ■

See: http://innosfera.by/2015/10/LED_lamps

Юрий Трофимов,

директор Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, кандидат технических наук

Игорь Каледа,

директор ОАО «Брестский электроламповый завод»

Амангельды Таукенов,

генеральный директор ТОО «LED Systems» (г. Астана, Казахстан)

Сергей Лишик,

ученый секретарь Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, кандидат технических наук

Литература

1. Электронный ресурс: http://www.ledinside.com/knowledge/2015/2/the_next_generation_of_led_filament_bulbs.
2. Лишик С.И., Паутино А.А., Поседейко В.С., Трофимов Ю.В., Цвирко В.И. О светодиодных лампах прямой замены // Светотехника. 2010, № 1. С. 48–54.
3. Лишик С.И., Паутино А.А., Поседейко В.С., Трофимов Ю.В., Цвирко В.И. Конструктивно-технологические решения светодиодных ламп прямой замены // Светотехника. 2010, № 2. С. 7–12.
4. Электронный ресурс: <http://www.lisma-guprm.ru/deyatelnost-predpriyatiya/prochee/filamentnye-lampy>.
5. Электронный ресурс: <http://www.energosoвет.ru/news.php?zag=1426061376>.

Рис. 3. Влияние взаимного расположения светодиодных нитей на неоднородность освещения поверхности [1]

Явление сцинтилляций и его роль в развитии современной экспериментальной физики



Михаил Коржик,
заведующий
лабораторией
физики высоких
энергий
НИИ ядерных
проблем БГУ,
доктор физико-
математических
наук

Выдающуюся роль в развитии современной физики сыграло явление сцинтилляций как способ обнаружения и измерения параметров ионизирующего излучения. Его визуальное наблюдение в ZnS позволило Резерфорду зарегистрировать α -частицы, излучаемые ядрами атомов, что, по существу, стало отправной точкой в экспериментальной ядерной физике. Технический прогресс, в частности появление фотоэлектронных умножителей, позволил выяснить, что сцинтилляции предоставляют уникальную возможность для регистрации отдельных частиц и их параметров [1–3]. В относительно короткий период времени (1947–1951 гг.) было установлено, что сцинтилляции могут возникать в различных органических и неорганических кристаллических [4–7] и полимерных соединениях [14], жидкостях [8–11], газах [12–13]. Также были определены основные классы веществ, перспективных для наблюдения сцинтилляций, и открыт наиболее широко используемый в настоящее время сцинтилляционный кристаллический материал NaI(Tl) [15].

В физической энциклопедии [16] сцинтилляции трактуются как кратковременная световая вспышка, возникающая в сцинтилляторах под действием ионизирующих излучений. Э.Ф. Фюнфер и Т. Нейерт в [17] определили их как явление люминесценции в прозрачных твердых телах, жидкостях или газах, возникающее при прохождении через них ионизирующих излучений. Таким образом, в основе лежат энергетические потери, возникающие при прохождении ионизирующего излучения через вещество. При малых энергиях электроны и γ -кванты теряют ее в среде вследствие фотопоглощения, рассеяния Комптона и эффекта образования электрон-позитронных пар с сечениями взаимодействия, зависящими от их энергии [18, 19].

Нейтральные частицы теряют энергию в результате взаимодействия с ядрами атомов среды, а заряженные имеют как ионизационные, так и радиационные потери. Удельные энергетические потери заряженных частиц и γ -квантов при их прохождении через среду зависят от их начальной энергии и изменяются в широком диапазоне от 10^5 эВ/см. Другое необходимое условие возникновения сцинтилляций – наличие люминесцирующих центров, возбуждаемых тем или иным способом в процессе энерговыделения в среде.

Вместе с тем прохождение частицы через среду для возбуждения сцинтилляций не является необходимым условием. Возбуждение люминесценции в диэлектрической среде заряженными частицами может быть осуществлено при прохождении высокоэнергетической частицы над поверхностью среды. Удельные энергетические потери E_L ультрарелятивистской заряженной частицы с зарядом Ze , пролетающей над поверхностью диэлектрической среды на расстоянии z_0 , выражаются как [20]:

$$E_L = iE_0 \frac{z^2}{\beta^2} \int \tilde{\omega}_1 \left(\frac{1}{\tilde{x}_1 + \tilde{x}_2} - \frac{1}{\tilde{x}_1 + \epsilon_2 \tilde{x}_2} \right) e^{-2\tilde{x}_1 \tilde{z}_0} d\tilde{\omega} dx, \quad (1)$$

где

$$x_1 = \frac{\omega_p}{c} \sqrt{\left(\frac{1}{\beta^2} - 1 \right) \tilde{\omega}^2 + \left(\frac{k_y c}{\omega_p} \right)^2} = \frac{\omega_p}{c} \tilde{x}_1, \quad (1.2)$$

$$x_2 = \frac{\omega_p}{c} \sqrt{\left(\frac{1}{\beta^2} - \epsilon \right) \tilde{\omega}^2 + \left(\frac{k_y c}{\omega_p} \right)^2} = \frac{\omega_p}{c} \tilde{x}_2, \quad (1.3)$$

$k_{x,y}$ есть компоненты импульса,

$$\omega = c k_x, \quad \omega_p = 1 \text{ эВ}, \quad \tilde{\omega} = \omega / \omega_p, \quad E_0 = \frac{c^2 \omega_p^2}{\pi^2} = 117,667 \text{ эВ/см.}$$

Из формул 1.1–1.3 можно подсчитать, что ультрарелятивистская частица с единичным зарядом и прямолинейной траекторией движения на рассто-

янии 1 мкм от поверхности среды теряет 11 эВ/см. Потери удваиваются, если она движется в трубке с радиусом 1 мкм.

Потери энергии частицей при ее движении над поверхностью малы в сравнении с ее потерями при прохождении через среду, однако при движении пучка частиц они достаточны, чтобы образовать избыточную над тепловой заселенность зоны проводимости в приповерхностной части кристалла, обеспечивая тем самым условия для дальнейшего возбуждения люминесцентных центров среды.

Таким образом, возникновение сцинтилляции не требует обязательного прохождения заряженных частиц через среду, важным является наличие взаимодействия, приводящего к потере энергии частицами и γ -квантами в среде. Поэтому сцинтилляции есть люминесценция, индуцируемая ионизирующим излучением в прозрачных диэлектрических средах.

В среде образование ансамбля излучающих центров происходит несколькими способами, перечисленными ниже:

1. $e + h \rightarrow hv$,
 2. $e + h \rightarrow ex \rightarrow hv$,
 3. $e + h + A \rightarrow ex + A \rightarrow A^* \rightarrow A + hv$,
 4. $e + h + A \rightarrow A^{1+} + e \rightarrow A^* \rightarrow A + hv$,
 5. $e + h + A \rightarrow (A^1)^* + h \rightarrow A + hv$,
 6. $A \rightarrow A^* \rightarrow A + hv$.
1. Прежде всего сцинтилляции hv появляются в результате межзонной излучательной рекомбинации термализованных в зоне проводимости электронов e и дырок h , локализованных в валентной зоне, либо существующих непродолжительное время во внутренних оболочках атомов соединения. Если излучательная рекомбинация с участием валентной зоны – явление, наблюдаемое во многих веществах, то в случае более низколежащих зон выход такой люминесценции не равен нулю, если выполняются условия, сформулированные в [21–23]. Они выполняются лишь в немногих широкозонных галоидных кристаллах, только для верхней внутренней оболочки атомов. Соответствующая люминесценция называется кросс-люминесценцией.
 2. Термализованные носители могут также образовывать автолокализованный экситон (ex) малого или большого радиуса, который в большинстве, например, оксидных соединений распадается по излучательному каналу [24]. Люминесценция свободных экситонов в соединениях сложных оксидов не обнаружена и к настоящему времени наблюдалась лишь в ряде простых оксидов [25].
 3. При активации кристаллов примесными центрами и выполнении резонансных условий

[26, 27] люминесценция экситонов эффективно тушится, обуславливая тем самым сенсibilizированную люминесценцию активаторных ионов A . Таким образом, ансамбль возбужденных активаторных центров создается за счет переноса энергии возбуждений среды.

4 и 5. Процессом, конкурирующим с образованием экситонов, является захват свободных термализованных носителей активаторным ионом с последующим образованием его возбужденного состояния A^* , при этом доминирование того или иного захвата обусловлено отношением сечений захвата носителей разного знака. Такое возникновение ансамбля возбужденных активаторных центров происходит за счет переноса заряда возбуждений среды.

6. В дополнение к перечисленным способам следует добавить прямое возбуждение активаторного центра, возникающее при взаимодействии ионизирующего излучения с веществом сцинтиллятора. Такой механизм вносит существенный вклад в образование ансамбля излучающих центров в самоактивированных сцинтилляторах.

В отличие от излучения Вавилова–Черенкова, сцинтилляции в среде появляются в результате цепи процессов, различающихся по времени их протекания. В [28] предложена детальная такая последовательность, учитывающая существование порогов неупругих процессов взаимодействия «горячих» электронов и дырок. В образовании сцинтилляций выделяются четыре основных процесса, которые перечислены в табл. 1.

Первые два из них получили достаточно подробное освещение в литературе. Первичное энерговыделение в среде происходит в широком интервале времен, однако длительность процесса не может быть меньше, чем $2R/c$, где $R \sim 10^{-10}$ м – порядок радиуса атома, c – скорость света. Оно также не превышает времени пробега частицы или γ -кванта в веществе сцинтиллятора и для кристаллических неорганических сцинтилляторов ограничено временем \sim единиц нс. Неупругие процессы рассеяния «горячих» электронов и дырок и их термализация происходят в относительно узком диапазоне времен, что обусловлено плотной упаковкой кристаллических соединений.

Высвечивание сцинтилляций осуществляется в широком диапазоне времен и обусловлено как излучательными характеристиками люминесцентных центров, так и процессами переноса возбуждений в среде.

Помимо сцинтилляций, ионизирующее излучение возбуждает и другие виды люминесценции. При этом время, в течение которого может высвечиваться возбужденная таким образом люминесценция, может быть использовано как характерный параметр для отделения сцинтилляций от других видов люминесценции.

Процесс	Характерное время, с
1. Первичное энерговыделение с образованием «горячих» электронов и дырок	$10^{-18} \div 10^{-9}$
2. Неупругие процессы взаимодействия «горячих» электронов и дырок и их термализация	$10^{-16} \div 10^{-12}$
3. Образование экситонных состояний и ансамбля возбужденных люминесцентных центров	$10^{-12} \div 10^{-8}$
4. Высвечивание сцинтилляций	$> 10^{-10}$

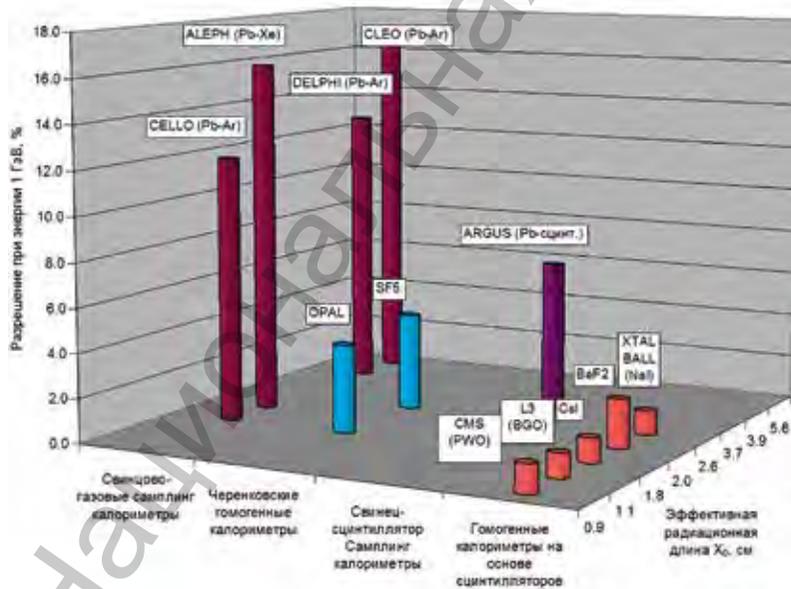
Таблица 1. Основные процессы, приводящие к возникновению сцинтилляций в среде

В обычных и сжиженных газах, жидкостях и их парах со специально введенными молекулами органических красителей либо анионными комплексами редкоземельных элементов время высвечивания люминесценции, вызванной каждой частицей или γ -квантом, определяется излучательным временем жизни τ_u возбужденных состояний люминесцирующих центров. При этом совокупность квантов, высветившихся за относительно короткий период времени, кратный $n \cdot \tau_u$ ($n \geq 10$), близка к их совокупности, высветившейся за время $t \rightarrow \infty$.

В кристаллических соединениях процесс высвечивания люминесценции, возбужденной ионизирующим излучением, является более сложным. В таких средах с несплошным электронным энергетическим спектром, обладающим энергетическим зазором $E_g \gg kT$, отделяющим валентную электронную зону от более высоколежащих незаселенных зон, возникает множественность люминесцирующих центров, чьи излучательные уровни локализуются в запрещенной зоне.

Действительно, в кристаллах центрами, излучающими спонтанную люминесценцию, могут выступать как присущие данной среде люминесцентные центры, так и образовавшиеся в результате взаимодействия с ионизирующим излучением. Данные наведенные центры также могут выступать как сенсibilизаторы/тушители люминесценции либо доноры электронов для излучательных центров среды, обуславливая их вторичное возбуждение.

Рис. 1. Сравнение энергетического разрешения, полученного на электромагнитных калориметрах, построенных за последние 20 лет различными научными коллаборациями на ускорителях заряженных частиц



При этом спектральный состав люминесценции может не меняться. По существу, вторичное возбуждение, которое происходит не только за счет кулоновского взаимодействия, но и за счет термоактивации дефектов либо туннелирования захваченных дефектами носителей, формирует вторичный ансамбль возбужденных люминесцентных центров, который лишь пространственно тождественен ансамблю первично возбужденных центров. Временные эволюции первичного и вторичного ансамблей отличаются, однако их тождественность возникает либо при полном отсутствии дефектов в среде, либо выполнении очевидного условия:

$$1/\omega_{es} \sim \tau_3,$$

где $1/\omega_{es}$ – характерное время взаимодействия люминесцентных центров среды и индуцированного ионизирующим излучением центров; τ_3 – время образования первичного ансамбля возбужденных люминесцентных центров. При этом, если

$$1/\omega_{es} \sim \tau_3 \ll \tau_u,$$

то будут наблюдаться только сцинтилляции, однако при выполнении условий

$$1/\omega_{es} \gg \tau_u \text{ и } 1/\omega_{es} \gg \tau_3,$$

что наиболее часто реализуется в реальных материалах, наряду с сцинтилляциями наблюдается фосфоресценция, то есть совокупность квантов, которая высвечивается в результате распада ансамбля вторично возбужденных частиц. На начальной стадии высвечивания люминесценции преобладают сцинтилляции, а на дальней – фосфоресценция.

Как уже отмечалось, использование сцинтилляций началось одновременно с развитием современной физики. Интенсивное выполнение атомных проектов в послевоенный период стимулировало прогресс техники измерения ионизирующих излучений, в том числе сцинтилляционных счетчиков. В сравнительно короткий период времени были открыты основные классы сцинтилляторов и начато их широкое применение. Доминирующими неорганическими сцинтилляционными материалами стали кристаллы щелочно-галогидных соединений. Исследование неорганических кристаллических веществ получило мощный стимул в связи с поиском и созданием лазерных материалов на основе фторидных и кислородных неорганических соединений в шестидесятих годах прошлого века, когда стали доступными высокотемпературные технологии синтеза монокристаллов, однако разработка сцинтилляционных материалов осталась практически побочной линией при поиске новых лазерных сред.

Вместе с тем к началу 1990-х гг. развитие экспериментальной техники измерения ионизирующих излучений стало сдерживаться из-за отсутствия сцинтилляционных материалов, сочетающих высокие тормозную способность, скорость высвечивания сцинтилляций и их выход, возможность

сохранять детекторные свойства в течение длительного времени при высокой дозовой нагрузке. В физике частиц и высоких энергий предстояло выполнить ряд измерений, определяющих дальнейшее развитие науки о микромире. С этой целью в ЦЕРНе (Швейцария) началась разработка и создание ускорителя – Большого адронного коллайдера LHC со светимостью 10^{34} см⁻²с⁻¹, позволяющего достигать энергии, необходимые для наблюдения предсказанного теоретически бозона Хиггса. В результате моделирования было показано, что наиболее реалистичный способ его обнаружения – измерение продуктов распада $H \rightarrow \gamma\gamma$, требующее проведения долговременных и точных измерений с помощью электромагнитных калориметров в условиях интенсивных радиационных полей. Такие приборы на основе тяжелых сцинтилляционных кристаллов имеют наилучшее энергетическое разрешение для γ -квантов при очень хорошем пространственном разрешении. На рис. 1 приведено сравнение энергетического разрешения данных устройств разных типов, построенных различными коллаборациями за последние 20 лет.

Видно, что гомогенные электромагнитные калориметры на основе неорганических сцинтилляционных материалов обеспечивают энергетическое разрешение в пределах 2% при энергии 1 ГэВ и выше. Более того, при быстром высвечивании сцинтилляций в неорганическом сцинтилляторе возникает уникальная комбинация разрешения и быстродействия, которая и обеспечивает их применение в коллайдерных экспериментах.

Эти неоспоримые преимущества предопределили использование двумя из четырех экспериментов (CMS и ALICE) на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе гомогенных калориметров на основе тяжелых неорганических сцинтилляторов вольфрамата свинца [29].

На рис. 2 приведены зависимости энергетического разрешения электромагнитных калориметров различных экспериментов на ускорителях SLAC (США) и LHC (Швейцария). Видно, что такой прибор эксперимента CMS, построенный на основе кристаллов вольфрамата свинца, обладает лучшим энергетическим разрешением в диапазоне более 100 ГэВ, что предопределяет его высокий потенциал для обнаружения бозона Хиггса по $\gamma\gamma$ -каналу. Это блестяще подтвердилось в ходе открытия бозона Хиггса в 2012 г. в ЦЕРНе [30]. Электромагнитный калориметр на основе кристаллов вольфрамата свинца коллаборации CMS внес основной вклад в открытие бозона по моде $H \rightarrow \gamma\gamma$.

Понимание сути явления сцинтилляций позволило при активном участии белорусских ученых выполнить разработку и довести до массового производства сцинтиллятор вольфрамата свинца (PbWO₄), который стал одним из наиболее массово

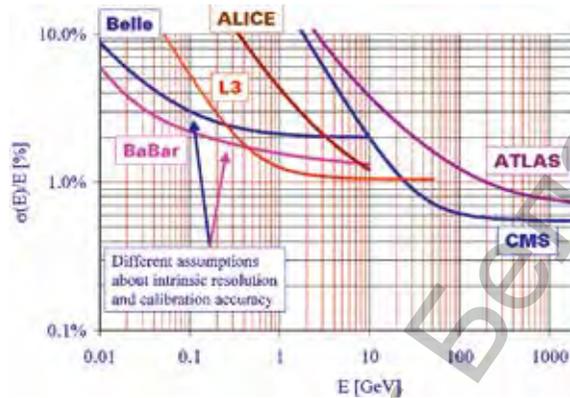


Рис. 2. Энергетическая зависимость разрешения различных электромагнитных калориметров экспериментов на ускорителях в SLAC и LHC

применяемых таких приборов в экспериментах по физике высоких энергий. Требуемые для изысканий в ЦЕРНе 100 тыс. кристаллов были выращены до середины 2008 г. в рамках международной коллаборации на заводах России и Китая. Можно утверждать, что выполненная работа стала одним из наиболее заметных современных вкладов ученых Беларуси и России в международные проекты. ■

See: http://innosfera.by/2015/10/phenomenon_of_scintillation

Литература

1. Broser V.I., Kallmann H. Über die Anregung von Leuchtstoffdurchschnelle Korpuskularteilchen I // Z. Naturforschg. 1947, V. 2a. P. 439–440.
2. Marshall F.H., Coltman J.W. The photo-multiplier radiation detector // Phys. Rev. 1947, V. 72. P. 528.
3. Coltman J.W., Marshall F.H. Some characteristics of the photo-multiplier radiation detector // Phys. Rev. 1947, V. 72. P. 528.
4. Moon R.J. Inorganic crystals for the detection of high energy particles and quanta // Phys. Rev. 1948, V. 73. P. 1210.
5. Kallmann H. Quantitative measurements with scintillation counters // Phys. Rev. 1949, V. 75, №4. P. 623–626.
6. Collins G.B., Hoyt R.C. Detection of beta-rays by scintillations // Phys. Rev. 1948, V. 73. P. 1259–1260.
7. Bell P.R. The use of anthracene as a scintillation counter // Phys. Rev. 1948, V. 73. P. 1405–1406.
8. Kallmann H. Scintillation counting with solutions // Proc. Phys. Soc. (London). Letters to the Editor. 1950. P. 621–622.
9. Kallmann H., Furst M. Fluorescence of solutions bombarded with high energy radiation (energy transport in liquids) // Phys. Rev. 1950, V. 79, №5. P. 857–870.
10. Kallmann H., Furst M. Fluorescence of solutions bombarded with high energy radiation (energy transport in liquids). Part II. // Phys. Rev. 1951, V. 81, №5. P. 853–864.
11. Kallmann H., Furst M. High energy induced fluorescence in organic liquid solutions (energy transport in liquids). Part III. // Phys. Rev. 1951, V. 85, №5. P. 816–825.
12. Reynolds G.T. Scintillation in gases // Nucleonics. 1950, V. 6, №5. P. 488–489.
13. Swank R.K. Scintillation in liquid xenon // Nucleonics. 1954, V. 12, №3. P. 14.
14. Schorr M.G., Torney F.L. Solid non-crystalline scintillation phosphors // Proc. Phys. Soc. (London). Letters to the Editor. 1950. P. 474–475.
15. Hofstadter R. The detection of gamma-rays with thallium-activated sodium iodide crystals // Phys. Rev. 1949, V. 75, №5. P. 796–810.
16. Физическая энциклопедия // Большая российская энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. – М., 1998. Т. 5. С. 41.
17. Нейерт Т., Фюнфер Э.Ф. Счетчики излучений. – М., 1961.
18. Черенков П.А. Видимое свечение чистых жидкостей под действием γ -радиации // Докл. АН СССР. 1934. Т. 2. С. 451.
19. Klienkecht K. // Detektoren für Teilchenstrahlung / B.G. Teubner. – Stuttgart, 1987. P. 320.
20. Khruchinski A., Korzhik M., Lecoq P. The phenomenon of scintillation in solids, Inorganic Scintillators and Their Applications // Inorganic Scintillators and Their Applications / Eds.: E. Auffray, R. Chipaux, P. Lecoq et al. North-Holland, 2002, V. 486. P. 381–384.
21. Ершов Н., Захаров Н.Г., Родный П.А. Спектрально-люминесцентное исследование характеристик собственной люминесценции кристаллов типа флюорита // Оптика и спектроскопия. 1982, Т. 53. С. 89–93.
22. Гудовских В.А., Ершов Н.Н., Красильников С.Б. и др. Свечение синглетных и триплетных экситонов в кристаллах типа флюорита при рентгеновском возбуждении // Оптика и спектроскопия. 1982, Т. 53. С. 910–912.
23. Jansons J.L., Krumiens V., Rachko Z.A. et al. Luminescence due to radiative transitions between valence band and upper core band in ionic crystals (Crossluminescence) // Phys. Stat. Sol. (b). 1987, V. 144. P. 835–844.
24. Murk V., Namozov B., Yaroshevich N. Complex oxides: electron excitation and their relaxation // Radiation measurements. 1995, V. 24. P. 371–374.
25. Lushchik A., Murk M., Lushchik Ch. et al. Luminescence of free and selftrapped excitons in wide-gap oxides // J. Luminescence. 2000, V. 87–89. P. 232–234.
26. Korzhik M., Trower W.P. Origin of scintillation in cerium doped oxide crystals // Appl. Phys. Lett. 1995, Vol. 66. P. 2327–2328.
27. Lushchik A., Savkin F., Tokbergenov I. Electron and hole intraband luminescence in complex metal oxides // J. Luminescence. 2003, V. 102–103. P. 44.
28. Vasiliev A. Relaxation of hot electronic excitations in scintillators: account for scattering, track effects, complicated electronic structure // Inorganic Scintillators and Their Applications. 2000. P. 43–52.
29. Коржик М.В. Кристаллы вольфрамата свинца – основа электромагнитной калориметрии в экспериментах CMS и ALICE на LHC // Вестник БГУ. Серия 1. 2011, №3. С. 57–62.
30. CMS Collaboration, A New Boson with a Mass of 125 GeV Observed with the CMS Experiment at the Large Hadron Collider // Science. 2012, V. 338, №6114. P. 1569–1575.

Экономичнее, компактнее, мощнее

Со времени установления основных положений лазерной физики, науки о принципах работы и способах применения высококогерентных источников излучения, прошли десятилетия. Лазер стал неотъемлемой, а в некоторых случаях и незаменимой частью большого числа современных устройств связи, обработки информации, стандартов частоты, спектрометров, медицинских и технологических комплексов.

Прогресс тем не менее не стоит на месте. К лазерным источникам постоянно предъявляются все более и более жесткие требования. Прежде всего это относится к организации электропитания приборов. Первые образцы твердотельных лазеров возбуждались высоковольтными импульсными лампами с рабочим напряжением от единиц до десятка киловольт, что стало одной из причин, ограничивающих сферу применения лазеров с ламповой накачкой, например, во взрывоопасных условиях. Импульсные лампы излучают в широком спектральном диапазоне (от ультрафиолета до инфракрасной области), в пределах которого полоса поглощения активной среды лазера составляет долю, меньшую 1%. Рабочий ресурс

ламп, как правило, не превышает 10^6 – 10^7 импульсов, что на порядок-два не дотягивает до уровня современных требований. Имеются определенные трудности и с утилизацией импульсных ламп, содержащих элементы, загрязняющие окружающую среду.

Можно с уверенностью утверждать, что революционные изменения в лазерной физике произошли с появлением в середине 90-х гг. прошлого века и быстрым распространением в дальнейшем мощных и надежных систем диодной накачки. Под последней подразумевается организация схемы возбуждения активной среды с помощью лазерных диодов, диодных линеек или диодных матриц [1–4]. Подобная накачка позволила сходу устранить ряд проблем, изначально присущих «лам-

повому подходу». В частности, напряжение питания снизилось до десятков или даже единиц вольт, энергозатраты упали более чем в 10 раз, ресурс работы возрос до 10^8 – 10^9 импульсов. Как результат, в ряде случаев удалось отказаться от водяного охлаждения элементов лазера (данное обстоятельство особенно важно при работе в условиях предельно низких температур, например в Антарктиде, или в режиме полевых испытаний, когда отсутствуют централизованные каналы подачи воды). Габариты и вес лазерного оборудования резко уменьшились.

Однако диодная накачка поставила перед исследователями и разработчиками оптических приборов и новые, порой трудно разрешимые задачи. Для возбуждения лазерных диодов, линеек и матриц потребовались прецизионные источники питания, возникла необходимость в точном согласовании спектров излучения накачки и спектров поглощения активной среды. С большими трудностями пришлось столкнуться при получении высокой степени однородности генерируемых пучков. В некотором смысле произошло то, что наблюдалось ранее при замене электронных ламп полупроводниковыми транзисторами.

К началу двухтысячных годов ключевые проблемы диодной

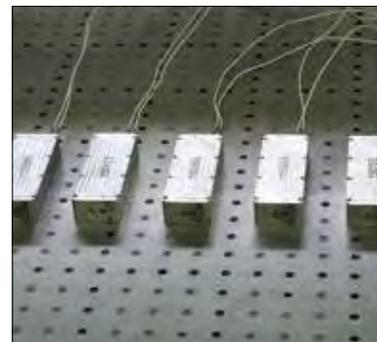


Рис. 1. Портативные лазеры на основе эрбиевого стекла с выходной энергией импульсов излучения 8 мДж

накачки удалось разрешить. На рынке лазерной техники ведущее положение прочно заняли твердотельные лазеры с диодной накачкой (ТЛДН). Прежде всего они практически полностью вытеснили лазерные излучатели с ламповой накачкой из такого быстро прогрессирующего научно-технического направления, как дальнометрия, где портативность, малый вес и низкий уровень энергопотребления имеют порой решающее значение. Наиболее ярко это проявилось и проявляется в настоящее время в сфере авиационной и космической техники [5, 6].

В процессе внедрения ТЛДН стала очевидной еще одна сильная сторона диодной накачки. Мощные полупроводниковые лазерные InGaAs/AlGaAs гетероструктуры, генерирующие в интервале длин волн 940–960 нм [7, 8], оказались едва ли не идеальными источниками излучения для накачки иттербий-эрбиевых лазеров, предназначенных для работы в условно безопасном для органов зрения спектральном диапазоне 1,5–1,6 мкм. Излучение с длиной волны, попадающей в данный диапазон, сильно поглощается в хрусталике глаза человека, поэтому на глазной сетчатке фокусируется световое пятно, ослабленное в несколько тысяч раз. Луч «стандартных» лазерных источников, например лазеров на основе Nd-содер-



Рис. 2. Мобильная лазерная система для двухимпульсного эмиссионного спектрометра

жащих активных сред, с длиной волны 1,06 мкм, проходит глазной хрусталик практически без поглощения и, фокусируясь на сетчатке, может серьезно повредить поверхность последней.

Следует отметить и такое, пока еще отчасти экзотическое направление применения твердотельных лазеров с диодной накачкой, как лазерный термоядерный синтез [8]. В данном случае низкие энергетические затраты на формирование мощного потока излучения являются одним из главных требований к лазерной установке.

В нашей республике исследовательские и конструкторские работы, направленные на создание новых образцов ТЛДН и освоение их в промышленном масштабе, выполняются в достаточно большом числе организаций, например в Институте физики НАН Беларуси, Белгосуниверситете, БНТУ, ОАО «Пеленг», НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО», ЗАО «Солар ЛС», СП «Лотис-ТИИ».

Несмотря на достигнутые отдельные успехи, впереди еще достаточно много нерешенных проблем, связанных с необходимостью повышения надежности изделий, дальнейшего снижения уровня потребляемой энергии, согласования параметров создаваемых излучателей со все новыми и новыми требованиями потребителей.



Рис. 3. Мощный 3-волновый лазер для атмосферного лидарного комплекса

В качестве конкретных примеров современных ТЛДН, разработанных в Институте физики НАН Беларуси для применения в дальнометрии, лазерной спектроскопии и мониторинге окружающей среды, на рис. 1 показаны образцы портативных условно безопасных для органов зрения лазеров на основе эрбиевого стекла, на рис. 2 – образец излучателя для лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии, а на рис. 3 – образец мощного излучателя для полевого атмосферного лидарного комплекса со встроенной системой телескопирования. □

See: <http://innosfera.by/2015/10/compact-powerful>

Максим Богданович,

заместитель заведующего лабораторией лазерной техники и технологий Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук

Геннадий Рябцев,

заведующий лабораторией лазерной техники и технологий Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, доктор физико-математических наук

Литература

1. Адливанкин А.С., Безотосный В.В., Маркова Н.В., Микаелян Г.Т., Попов Ю.М., Порезанов С.Н. Излучательные характеристики двумерных матриц инжекционных лазеров на основе AlGaAs/GaAs на длине волны 0,81 мкм для систем накачки твердотельных активных элементов // Квантовая электроника. 1996. Т. 23, №11. С. 974.
2. Рябцев Г. Мощные диодные лазеры // Наука и инновации. 2003, №7-8. С. 32.
3. Гречин С.Г., Николаев П.П. Квантроны твердотельных лазеров с поперечной полупроводниковой накачкой // Квантовая электроника. 2009. Т. 39, №1. С. 1.
4. Глухих И.В., Димаков С.А., Курунов Р.Ф., Поликарпов С.С., Фролов С.В. Мощные твердотельные лазеры на Nd:YAG с поперечной диодной накачкой и улучшенным качеством излучения // Журнал технической физики. 2011. Т. 81, №8. С. 70.
5. Устенко И.М., Шутов В.И. Пути повышения эффективности авиационной лазерной дальнометрии и целеуказания // Труды ГосНИИАС. Сер. «Информационные технологии в разработках сложных систем». 2011, вып. 1 (18). С. 1–22.
6. Старовойтов Е.И. Бортовые лазерные локационные системы космических аппаратов // ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва, 2015.
7. Поповичев В.В., Давыдова Е.А., Мармалюк А.А., Симарков А.В., Успенский М.Б., Чельный А.А., Богатов А.П., Дракин А.Е., Плисюк С.А., Стратонников А.А. Мощные поперечно-однододовые полупроводниковые лазеры с гребневой конструкцией оптического волновода // Квантовая электроника. 2001. Т. 32, №12. С. 1099–1104.
8. Garrec B.L. Challenges for high power diode-pumped lasers for fusion energy // High Power Laser Science and Engineering. 2014, Vol. 2. P. 1–7.

Свет для решения актуальных задач медицины



Виталий Плавский,

заместитель
директора
по научной
и инновационной
работе
Института физики
им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси,
научный
руководитель
Центра «Лазерно-
оптические
технологии
для медицины
и биологии»,
кандидат физико-
математических наук

Символично, что в Международный год света в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси создано новое структурное подразделение – Центр «Лазерно-оптические технологии для медицины и биологии». Его главные задачи сочетают в себе как решение фундаментальных проблем взаимодействия света с биологическими системами различного уровня организации (молекулы, клетки, живые организмы), так и прикладных вопросов, важных для медицины, сельского хозяйства и биотехнологий.

Следует отметить, что принятие решения об открытии центра основывалось, с одной стороны, на актуальности и важности стоящих задач, а с другой – на имеющемся значительном научно-техническом, кадровом и интеллектуальном потенциале. При этом в существенной мере нынешние успехи и достижения в области биомедицинских исследований связаны с такими именами, как кандидат физико-математических наук В.А. Мостовников, академики А.Н. Рубинов и Г.П. Гуринович, которые стояли у истоков формирования актуальной и ныне тематики.

Несмотря на хорошо всем известные трудности с внедрением результатов научных работ в практику, в сфере использования лазерных технологий в медицине удалось добиться значительных успехов.

Прежде всего отметим, что благодаря тесному сотрудничеству ученых-физиков с ведущими медицинскими специалистами практически все клинические учреждения республики оснащены аппаратурой для низкоинтенсивной лазерной терапии, разработанной в Институте физики. Это позволило полностью отказаться от закупок соответствующих импортных фототерапевтических приборов. Факторами, способствующими росту популярности лазерных технологий среди пациентов и повсеместному распространению лазерной терапии, являются:

- высокая эффективность и широкий спектр показаний к применению метода, включая лечение хронических и дегенеративно-дистрофических заболеваний, когда использование одних только лекарств недостаточно;
- отсутствие побочных эффектов, свойственных многим фармпрепаратам;
- возможность применения в комплексе с медикаментами, а также с другими физиотерапевтическими факторами;
- наличие выраженного анальгезирующего (обезболивающего) действия;
- проведение процедур лазерной терапии (внутреннее или надвечное чрезкожное воздействие на кровь; воздействие на биологически активные точки и зоны и др.) даже при недоступности (из-за наличия повязки или гипса) очага поражения для прямого воздействия лазерным излучением;
- неинвазивность и комфортность большинства лазеротерапевтических процедур.

Достоинство наших разработок – лазерное воздействие по всем методикам, принятым в современной фототерапии: на очаги поражения наружной локализации; на проекции внутренних органов (включая иммунокомпетентные) через кожный покров; на участки поражения внутрисосудистой локализации; на рефлексогенные зоны; надвечное (чрезкожное) воздействие на кровь; внутрисосудистое (внутривенное) освечивание крови с использованием одноразовых стерильных световодных систем; лазерная акупунктура и акупрессура. Причем в нашей аппаратуре реализованы новые подходы, направленные на повышение терапевтической эффективности метода и основанные на комбинированном воздействии лазерного излучения различных длин волн; лазерного излучения с излучением миллиметрового диапазона (КВЧ-терапия); с магнитным полем и др.

Как показала многолетняя клиническая практика, включение лазерного излучения в арсенал средств современной медицины выгодно не только с социальной точки зрения, но и экономически, так как сокращает сроки лечения и временной нетрудоспособности, не вызывает побочных эффектов, позволяет сократить или отказаться от применения ряда дорогостоящих лекарственных препаратов. Так, например, Белорусским государственным экономическим университетом был проведен независимый экономический расчет на основании двухлетней выборки больничных листов травматологических отделений Минска. Он показал, что если при оперативном лечении пациентов с закрытыми переломами костей голени сроки временной нетрудоспособности в контрольной группе (где лазерное излучение не использовалось) составляли 173 ± 5 дней, а в группе, где в комплексное лечение

включалось воздействие только гелий-неоновым лазером, – 156 ± 3 дня, то при комбинированном (последовательном) применении лазерного излучения синей и красной областей спектра, осуществляемом с помощью разработанной нами аппаратуры, нетрудоспособность не превышает 141 ± 4 дня. При этом экономический эффект от использования аппаратов на базе гелий-неонового лазера для лечения больных данной категории составил 266 долл., а от комбинированной лазерной терапии – 413 долл.

По данным специалистов-гинекологов, при медикаментозном лечении фоновых и предраковых заболеваний шейки матки процент полностью излечиваемых пациенток составляет 14% от пролеченного контингента, а при комбинированном воздействии лазерным излучением синей и красной областей спектра – до 67%.

Предмет нашей особой гордости – фототерапевтический аппарат «Малыш» (рис. 1) для лечения желтухи (гипербилирубинемии) новорожденных детей (медицинский соисполнитель – РНПЦ «Мать и дитя»). Можно смело сказать, что это один из наиболее ярких примеров эффективного использования оптических технологий в медицине. Как известно, синдром желтухи наблюдается у ~ 50 –60% доношенных и у $\sim 80\%$ преждевременно родившихся младенцев, а наиболее выражен к 3–4-му дню их жизни. Указанное неинфекционное заболевание обусловлено избыточным накоплением в крови, а также в подкожно-жировой клетчатке желчного пигмента (продукта обмена гемоглобина) – билирубина, придающего коже характерный золотисто-желтый цвет. Для большинства новорожденных, у которых проявлялись признаки гипербилирубинемии, по мере улучшения работы системы выделения билирубина и нормализации биохимических систем организма желтуха исчезает через 1–2 недели, не причиняя никакого вреда ребенку. Однако примерно у 10% из них заболевание протекает в тяжелой форме и требует интенсивной терапии. В случае неприятия экстренных мер наличие высокой концентрации токсичного пигмента в организме младенца может сказаться на его физическом и нервно-психическом развитии, а также быть непосредственной причиной смерти. Основным и наиболее распространенным методом лечения желтухи новорожденных является фототерапия, заключающаяся в тотальном воздействии на поверхность тела светом, спектральный состав которого соответствует длинноволновой полосе поглощения билирубина.

Аппарат «Малыш» создан на базе новых источников света – сверхярких светодиодов сине-зеленой области спектра и не имеет аналогов по эффективности лечения. Он примерно в 3 раза сокращает продолжительность фототерапии, полностью

исключает побочные неблагоприятные эффекты, присущие традиционно используемым ламповым источникам света. Применение этого прибора для лечения тяжелых форм гемолитической желтухи позволяет в подавляющем большинстве случаев отказаться от заменного переливания крови новорожденному – процедуры, приводящей в некоторых случаях к летальному исходу.

Как и при создании других фототерапевтических устройств, в аппарате «Малыш» воплощены результаты многолетних исследований закономерностей фотоизомеризации билирубина при воздействии света различного спектрального состава, изучения причин побочных эффектов на организм и путей их минимизации.

В медучреждения поставлено более 1 тыс. аппаратов, из них 400 – в Россию. «Малыш» награжден золотой медалью Петербургской технической ярмарки.

Тот факт, что свет является не только мощным фототерапевтическим средством, но также может использоваться для неинвазивной диагностики различных заболеваний и мониторинга биологически важных соединений в крови человека, блестяще реализован в приборе «АНКУБ-Спектр». Указанный аппарат обеспечивает контроль уровня билирубина в крови детей без забора крови. Это особенно важно при развитии гемолитической желтухи, когда в критических ситуациях необходимо контролировать почасовой прирост билирубина. С помощью АНКУБ-Спектра повышается эффективность фототерапии желтухи у новорожденных, в том числе на этапе принятия решения о продолжительности фототерапевтической процедуры и времени начала следующего сеанса лечения. В медицинские учреждения поставлено более 250 таких аппаратов.

Другая область использования света связана с разработкой инновационного метода и аппаратуры для экспрессной лазерно-оптической диагностики опухолевых тканей. Совместно с РНПЦ неврологии и нейрохирургии Минздрава Республики Беларусь предложена технология оптической идентификации аденомы гипофиза, позволяющая установить локализацию опухоли во время проведения операции на головном мозге. Обнаружено, что в спектральном диапазоне 380–600 нм наблюдается значительное отличие средней длительности аутофлуоресценции (то есть флуоресценции тканей без их окрашивания экзогенным препаратом) опухолевых и здоровых тканей. При этом интенсивность диффузно отраженного света у последних значительно ниже, чем у об-

Рис. 1. Фототерапевтический аппарат «Малыш»



разцов аденомы гипофиза в диапазоне длин волн 650–1000 нм. Чувствительность и специфичность идентификации тканей гипофиза после обработки данных с помощью дискриминантного анализа составили около 100%. Проведенные исследования показывают, что путем измерения кинетики аутофлуоресценции и интенсивности диффузно рассеянного света в различных спектральных областях можно проводить экспрессную и высокочувствительную идентификацию аденом гипофиза с вероятностью, близкой к 100%. Можно ожидать, что при использовании подобной комбинированной диагностики удастся идентифицировать тип новообразования гипофиза, в том числе осуществлять диагностику микроаденом.

Для внедрения данного принципиально нового метода экспресс-диагностики в клиническую практику необходимо сформировать базу данных для различных типов опухолей головного мозга, разработать программное обеспечение и сертифицировать лазерную аппаратуру, обеспечивающую реализацию этой технологии.

В последние 2–3 года нами активно ведутся исследования, направленные на создание методов антибактериальной (антимикробной) фотодинамической терапии (АФДТ), и выпуск соответствующих приборов. Актуальность данной тематики вызвана в первую очередь развитием устойчивости (резистентности) возбудителей различных заболеваний к лечебным препаратам (прежде всего антибиотикам и антисептикам). Серьезность этой проблемы в полной мере осознана международным медицинским сообществом и Всемирной организацией здравоохранения, которой в 2001 г. была принята Глобальная стратегия по сдерживанию антимикробной резистентности. Для широко-

практического внедрения методов АФДТ необходимы доступные, разрешенные к использованию сенсibilizаторы, спектральный диапазон поглощения которых соответствует спектру излучения сертифицированных фототерапевтических аппаратов на основе лазерных и светодиодных источников. При этом разработка технологии получения новых фотосенсибилизаторов и их сертификация – весьма длительная, затратная и сложная процедура. В этой связи нами предложено использовать для антимикробной фотодинамической терапии лекарственных препараты, разрешенные к применению в качестве антисептиков и антибиотиков (фурацилин, фурасол, настойка эвкалипта, галенофиллипт, настойка зверобоя,

диагиперон, амфотерицин В и др.). Выполненные исследования показали многократное усиление бактерицидного действия указанных веществ за счет фотодинамического эффекта. Оказалось, что ряд лекарств, традиционно применяемых в качестве антимикробных, при воздействии излучения в полосу их поглощения способны генерировать синглетный кислород и инактивировать патогенную микрофлору. Достоинство антимикробной фотодинамической терапии (в отличие от обычного медикаментозного лечения) – отсутствие резистентности у патогенной микрофлоры к действию активных форм кислорода, генерируемых фотосенсибилизатором. Для практической реализации метода создан лазерный аппарат «Лотос» (рис. 2). В медицинские учреждения республики поставлено более 150 таких устройств. Высокая эффективность предложенной фототерапии с использованием противомикробных препаратов продемонстрирована при лечении широкого круга заболеваний: эрозивно-язвенных поражений двенадцатиперстной кишки, ассоциированных с *Helicobacter pylori*; нейроцистикокцидоза; осложненных форм цервикальной эктопии и метаплазии; заболеваний периодонта; гнойных воспалений ЛОР-органов, мягких тканей; трофических язв венозного генеза; в дерматологической практике и т.п.

Не остались без внимания и инновационные исследования и разработки в области использования лазерного излучения для лечения онкологических заболеваний. Уже значительное время под руководством профессора Б.М. Джагарова проводятся изыскания в области фотодинамической терапии опухолей. При этом следует отметить, что основой фотосенсибилизатора «Фотолон», широко применяемого сегодня для лечения опухолей различной локализации, является пигмент хлорин е₆, предложенный для указанных целей лабораторией, входящей ныне в состав Центра «Лазерно-оптические технологии для медицины и биологии». С целью практической реализации метода фотодинамической терапии опухолей в Институте физики создан и сертифицирован ФДТ-лазер, с помощью которого пролечены сотни пациентов. Работы в этом направлении продолжают в тесном сотрудничестве с РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова.

Не вызывает сомнения тот факт, что имеющийся научный и кадровый потенциал, сосредоточенный в Центре «Лазерно-оптические технологии для медицины и биологии», способен и дальше осуществлять фундаментальные исследования закономерностей взаимодействия света с биологическими системами и реализовывать полученные знания в новых инновационных образцах лазерной техники для решения актуальных задач медицины. ■

Рис. 2.
Лазерный аппарат
«Лотос»



Новые подходы к государственному финансированию инвестиционных проектов

УДК 330.322.14

Резюме. В статье рассмотрены формы участия государства в инвестиционной деятельности. Выявлены проблемные вопросы и представлены нововведения в системе бюджетной поддержки и льготного кредитования проектов. Рекомендован новый механизм модернизации отечественных производств на основе проектного финансирования.

Ключевые слова: инвестиционный проект, бюджетное финансирование, кредитование, государственная программа.

Роль государства в инвестиционной сфере определяется задачами социально-экономического развития. В качестве последних выступают активизация инвестиционных процессов на основе повышения эффективности реализованных проектов, а также создание благоприятных условий для осуществления отечественных и иностранных капиталовложений.

Выделяют прямую и косвенную формы участия государства в инвестиционной деятельности. Первая реализуется путем:

- принятия государственных программ и их финансирования за счет бюджетных средств;
- предоставления финансовых ресурсов на инвестиционные цели на основе платности, срочности и возвратности;
- выдачи гарантий Правительства по кредитам, привлекаемым для реализации проектов, и проведения комплексной экспертизы их бизнес-планов.

В рамках прямого участия государство выступает в качестве инвестора и направляет средства на реализацию значимых задач в различных сферах экономики.

Косвенным образом оно создает благоприятные условия для осуществления деятельности по капиталовложениям на основе:

- оказания инвесторам поддержки, защиты их интересов;
- предоставления кредитных ресурсов на льготных условиях;
- проведения эффективной бюджетно-финансовой, налоговой, денежно-кредитной и валютной политики.

Для Беларуси характерен высокий уровень участия государства в инвестиционной деятельности. Так, в 2005–2011 гг. наблюдался существенный рост вложений в основной капитал (в 2005 г. – 120% в сопоставимых ценах по отношению к 2004 г., в 2011 г. – 117,9%), обусловленный значительными бюджетными средствами, направляемыми на реализацию программ, масштабной государственной поддержкой инвестиционных проектов и высокими объемами кредитования экономики (рис. 1).

Вместе с тем в 2012–2014 гг. прослеживается тенденция к снижению инвестиционной активности отечественных организаций. В частности, в прошлом



Елена Преснякова,
заведующая сектором
инвестиционной
политики
Института экономики
НАН Беларуси,
кандидат
экономических наук,
доцент

году темпы вложения денежных средств в основной капитал составили 90,9% в сопоставимых ценах к уровню 2013 г. На это замедление оказали влияние сокращение объемов бюджетного финансирования, повышение цен в инвестиционной сфере, рост стоимости заемных ресурсов.

В значительной мере на инвестиционную активность воздействуют объемы господдержки и банковского кредитования экономики, в том числе льготного (рис. 2).

В 2014 г. за счет средств консолидированного бюджета профинансировано 15,8% инвестиций в основной капитал, льготных кредитов банков – 7,3% (рис. 2). В существующих условиях возникает необходимость повышения контроля за эффективностью использования государственных

Рис. 1. Темпы роста инвестиций в основной капитал, ВВП, производительности труда по ВВП в Беларуси в сопоставимых ценах, %

Источник: составлено автором на основании [1]



средств и льготных кредитов, направляемых на реализацию инвестиционных проектов.

выданным банками. В 2014 г. его объем составил 3619,1 млрд руб. Компенсация осуществляется в соответствии с рядом нормативно-правовых актов, в том числе в рамках проводимой государственной политики по модернизации производств, в соответствии с которой основной объем бюджетного финансирования был предоставлен компаниям концерна «Беллесбумпром» – 1139,8 млрд руб. На втором месте – организации, подведомственные Министерству строительства и архитектуры (20,3%), на третьем – структуры, подчиненные местным органам власти (18,2%).

Государственная поддержка инвестиционной деятельности организаций

Господдержка отраслей национальной экономики Беларуси в 2014 г. составила около 4512 млрд руб. (3,4% от расходов республиканского бюджета) (табл. 1).

Наиболее распространенным инструментом выступает возмещение процентов по кредитам,

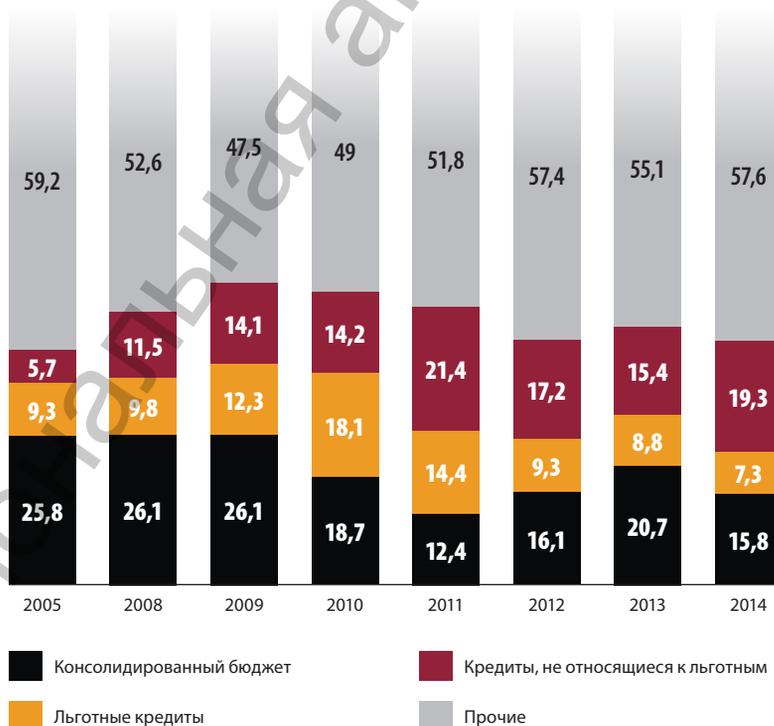
Проекты модернизации отечественных предприятий порой оборачиваются неэффективным расходом денег. Анализ показывает, что бюджетные средства в некоторых случаях направлены на недостаточно подготовленные производства. Доступность практически бесплатных кредитных ресурсов для государственных предприятий обуславливает предпосылки к появлению некачественных бизнес-планов, не учитывающих все риски, связанные с финансированием. Таким образом, выделяемые правительством на модернизацию экономики ресурсы не в полной мере выполняют функцию инструмента, позволяющего отечественным компаниям выйти на качественно новый технологический уровень.

Проблемные вопросы финансирования инвестиционных проектов, включенных в госпрограммы

Характерной особенностью финансирования инвестиционной деятельности в Беларуси является льготное кредитование проектов, включенных в государственные программы. В последнее время в связи с накопленными дисбалансами в экономической сфере правительством проводилась последовательная политика по сокращению объемов государственной поддержки и повышению контроля над их использованием. Советом Министров Республики Беларусь утверждались планы финансирования государственных программ и мероприятий на 2014 и 2015 гг., в которых указывались предельные объемы кредитования. Предоставление ссуд новым инвестиционным проектам с поддержкой государства осуществлялось только через ОАО «Банк развития Республики Беларусь» на конкурсной основе [3, 4].

Рис. 2. Удельный вес средств консолидированного бюджета, кредитов банков, в том числе льготных, в структуре источников финансирования инвестиций в основной капитал, %

Источник: составлено автором на основании [1]



Проблемным вопросом остается формирование процентных ставок по выданным займам на реализацию госпрограмм, что обусловлено необходимостью компенсации банкам потерь из бюджета. Также возникают значительные диспропорции между условиями по льготным кредитам и кредитам, предоставленным на общих основаниях. Согласно нормативным документам, принятым в 2014 г., по отдельным инвестиционным проектам, реализуемым в рамках госпрограмм, возмещаются проценты по кредитам в размере 50% или 100% ставки рефинансирования. Правительству целесообразно определить единые критерии установления процентных ставок, а также размеров возмещения процентов по льготным ссудам, учитывающие социально-экономическую значимость проектов, вид экономической деятельности организации, объем привлекаемых заемных ресурсов.

Нововведения в системе финансирования инвестиционных проектов

В Беларуси формируется новая модель бюджетной поддержки инвестиционных проектов. В частности, подготовлен проект Указа Президента Республики Беларусь «Об отдельных вопросах программ развития и повышении эффективности использования государственных средств». Государственные программы будут направлены на реализацию одного из следующих приоритетов социально-экономического развития:

- улучшение человеческого потенциала;
- создание новых рабочих мест и повышение производительности существующих, перемещение и перераспределение трудовых, материальных и финансовых ресурсов в но-

Наименование государственного органа	Всего	в том числе			
		отсрочка (рассрочка) уплаты налогов, пени	возмещение части процентов за пользование кредитами	финансовая помощь	бюджетные ссуды и займы
Общий итог, млрд руб.	4 511,8	51,2	3 619,1	134,7	706,7
Концерн «Беллесбумпром»	1 379,4	-	1 139,8	-	239,6
Концерн «Белгоспищепром»	121,5	-	121,5	-	-
Местные органы власти	659,5	-	659,5	-	-
Министерство сельского хозяйства и продовольствия	195	-	100,3	-	94,8
Министерство строительства и архитектуры	839,2	-	736,2	-	103
Министерство энергетики	106,7	-	106,7	-	-
Министерство промышленности	451,2	21,3	211,1	-	218,8
Министерство здравоохранения	119,7	-	45,9	73,8	-
Прочие	639,5	29,9	498,1	30,9	50,6
Структура, %	100	1,1	80,2	3	15,7

- вые и перспективные сектора экономики;
- сбалансированное региональное развитие на основе конкурентных преимуществ территорий;
- рост и диверсификация экспорта товаров и услуг, обеспечение сбалансированности внешней торговли;
- повышение конкуренции, инвестиционной и инновационной активности, информатизация экономики.

Подпрограммы будут включать в себя комплекс мероприятий, увязанных по задачам, ресурсам, исполнителям и срокам выполнения, направленный

на достижение поставленных целей. Программы развития будут формироваться в пределах лимитов бюджетного и льготного кредитного финансирования, установленных Советом Министров Республики Беларусь, и являться исходной базой в распределении государственных средств на среднесрочную перспективу. Кроме бюджетных на реализацию инвестиционных проектов будут направляться финансовые ресурсы за счет различных источников, в числе которых собственные средства предприятий, займы на условиях коммерческих банков, иностранные капиталовложения (рис. 3).



Таблица 1. Сведения о размерах государственной поддержки, оказанной юридическим лицам за счет средств республиканского бюджета в 2014 г.

Источник: составлено автором на основании [2]

Рис. 3. Финансирование государственных программ

Источник: составлено автором на основании [5]

Помимо кредитов на льготных условиях для реализации инвестиционных проектов государственная поддержка организациям будет оказана в виде предоставления субсидий из бюджета на возмещение организациям:

- расходов на приобретение технологического оборудования и запасных частей;
- процентов за пользование кредитами, предоставленными отечественными банками для осуществления инвестпроектов, а также на текущую деятельность в области АПК или на компенсацию потерь банков республики при предоставлении таких ссуд на льготных условиях.

ОАО «Банк развития Республики Беларусь» будет установлен порядок проведения конкурсного отбора организаций, претендующих на получение кредитов для реализации инвестиционных проектов в рамках подпрограмм, а также механизм оценки эффективности данных проектов на разных стадиях.

В качестве дополнительного критерия при проведении конкурсного отбора нами предлагается учитывать уровень технологичности вида экономической деятельности, рассчитываемый как удельный вес расходов на исследования и разработки в его добавленной стоимости. В Европейском союзе все виды экономической деятельности делятся на высоко-, средне- и низкотехнологичные [6, 7]. Государственную поддержку высокотехнологичным наукоемким производствам нужно оказывать в первоочередном порядке, средне- и низкотехнологичным – по остаточному принципу.

С целью систематизации сведений и контроля за ходом выполнения госпрограмм целесообразно создать Единую информационную базу данных. В качестве схемы банковского кредитова-

ния крупных инвестиционных проектов в рамках модернизации отечественных предприятий следует применять проектное финансирование. На базе Банка развития необходимо сформировать подразделение, осуществляющее координацию организационных и финансовых вопросов реализации проектов и контролирующее ход их выполнения. Это будет способствовать нивелированию экономических интересов должностных лиц модернизируемых предприятий в нерациональном освоении бюджетных ресурсов. При составлении планов денежного обеспечения проектов следует привлекать различные источники для снижения стоимости капитала (банковские кредиты, эмиссия акций, корпоративные облигационные займы, финансовый лизинг, собственные средства промышленных компаний, паевые взносы в акционерный капитал, государственные средства в виде кредитов, субсидий, гарантий льгот). Возврат основного долга и погашение процентов по кредитам, выданным Банком развития по схеме проектного финансирования, следует осуществлять при наступлении эксплуатационной стадии жизненного цикла проекта согласно документации. В противном случае задолженность перед банком должна погашаться за счет собственных средств модернизируемых организаций. Все вышеперечисленное позволит сконцентрировать бюджетные ресурсы на отдельных направлениях и будет способствовать их максимальной отдаче.

В целях финансирования дорогостоящих проектов на базе ОАО «Банк развития Республики Беларусь» следует развивать механизмы консорциального кредитования с привлечением ресурсов иных институтов развития. В качестве альтернативы банковским ссудам нужно активно совершенствовать и применять

лизинговые схемы обновления оборудования с помощью компании ОАО «Промгазлизинг».

Для организаций, осуществляющих инвестиционную деятельность без государственной поддержки, необходимо поступательно снижать стоимость кредитных ресурсов с учетом ситуации на валютном рынке. В целом это будет способствовать снижению зависимости отечественных предприятий от бюджетных средств и оздоровлению ситуации в инвестиционной сфере. ■

Статья поступила в редакцию 14.05.2015 г.

Summary

The article deals with the form of state participation in investment activities. Revealed the problematic issues of government support and preferential crediting investment projects. Presents innovations in the system of financing of the investment projects included in the government program. It recommended a new mechanism of modernization of domestic industries on the basis of project financing.

See: <http://innosfera.by/2015/10/FINANCING>

Литература

1. Статистический ежегодник 2015 / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. – Мн., 2015.
2. Сведения о государственной поддержке, оказанной юридическим лицам за счет средств республиканского бюджета. Электронный ресурс: http://www.minfin.gov.by/budget_execution/info_state_support.
3. О финансировании государственных программ и мероприятий в 2014 году: Пост. Совета Министров Республики Беларусь от 26.03.2014 г., №264 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. 2014. №5/38613.
4. О финансировании государственных программ и мероприятий в 2015 году: Пост. Совета Министров Республики Беларусь от 07.02.2015 г. №76 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. 2014. №5/40100.
5. Методические рекомендации по разработке Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы / Министерство экономики Республики Беларусь. – 2015.
6. High-tech classification of manufacturing industries. Электронный ресурс: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:High-tech_classification_of_manufacturing_industries.
7. Knowledge-intensive services (KIS). Электронный ресурс: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Knowledge-intensive_services_%28KIS%29.

Услуги для бизнеса В ЭКОНОМИКЕ ИННОВАЦИЙ

Резюме. Расширение сектора деловых услуг, с одной стороны, является движущей силой развития производства страны, а с другой – следствием данного процесса. Важную роль при этом играют услуги, связанные с предпринимательской деятельностью. В статье раскрыто их значение в становлении инновационной экономики Беларуси и перспективы аутсорсинга данных сервисов в качестве резерва для оптимизации работы отечественных предприятий.

Ключевые слова: услуги, связанные с предпринимательской деятельностью; деловые услуги, интеллектуальные услуги, инновации, аутсорсинг.

УДК 338.46:334.012

Одним из актуальных направлений инновационного развития сферы услуг Республики Беларусь является рост сектора сервисов, связанных с предпринимательской деятельностью. Он включает в себя консультации по вопросам управления, планирование в сфере производства и людских ресурсов, исследование конъюнктуры рынка и разработку новых видов продуктов, технические испытания и тестирования, обеспечение безопасности, проведение экспертиз, маркетинговые коммуникации и др. Место данной области в структуре деловых и интеллектуальных услуг представлено на рис. 1. Видно, что не все перечисленные в ней виды деятельности являются наукоемкими.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, объем предоставления услуг, связанных с ведением бизнеса, в 2013 г. со-



Юлия Якубик,
ведущий научный
сотрудник
Института экономики
НАН Беларуси,
кандидат
экономических наук

ставил 16 188,4 млрд руб. (удельный вес в общем объеме производства товаров и услуг – 1,6%, а в производстве услуг – 6,1%) [1].

Мировой опыт демонстрирует, что сфера услуг оказывает значительное влияние на развитие всех секторов экономики. С ее ростом повышаются производительность труда и эффективность промышленности в целом. О наличии этой связи свидетельствуют многие эмпирические исследования. Например, проанализировав работу почти 10 тыс. фирм, чешские ученые пришли к выводу, что либерализация услуг в стране в 1998–2003 гг. способствовала повышению производительности в обрабатывающей промышленности в среднем на 4%. Эффект тем выше, чем больше услуг необходимо для производства [2].

К настоящему времени в сфере услуг Беларуси преобладают торговля, транспорт и связь. Сложившаяся структура типична для передовых государств 30-летней давности. В настоящий момент в экономически развитых странах услуговые виды деятельности привлекают около трети затрат на научные исследования и разработки, они все чаще сопровождают отрасли материального производства, продажу товаров. Около 45% валового выпуска данной сферы используется в качестве промежуточного потребления в других отраслях экономики. Отмечается тенденция увеличения объема услуг на единицу выпущенной продукции [2].

В Германии научно-технические и предпринимательские сервисы имеют такое же значение, как транспорт и информационно-коммуникационная сфера (в 2013 г. объем транспортных услуг ФРГ составлял 281,3 млрд евро, информационно-коммуникационных – 241,4, научно-технических услуг и сервисов, связанных с ведением бизнеса, – 253,7 млрд евро) [3]. В Беларуси величина предоставляемых транспортных услуг в 4 раза превышает объем услуг, связанных с предпринимательской деятельностью [1].

В условиях постиндустриальной экономики предприятия нашей страны ежедневно вынуждены решать новые задачи, обусловленные высоким уровнем конкуренции на внутреннем и внешнем рынках и необходимостью постоянного снижения издержек и повышения качества товаров. Одним из резервов оптимизации деятельности отечественных компаний может стать аутсорсинг услуг, то есть передача ряда функций или частей бизнес-процессов стороннему подрядчику, специализирующемуся в соответствующей области.

Аутсорсеры могут привлекаться как на постоянной основе, так и для выполнения разовых работ, связанных с реализацией отдельных достаточно масштабных проектов. В этих случаях продолжительность сотрудничества составляет от 1 года до 5 лет и более.

Передача ряда функций стороннему подрядчику позво-

ляют повысить эффективность осуществления большей части обслуживающих процессов, контролировать издержки компании, обеспечить доступность новых технологий, сократить капитальные затраты, оптимизировать количество административного и управленческого персонала.

На мировом рынке лидерами в потреблении услуг аутсорсинга являются США (доля мирового рынка – 60%) [4]. Вторым по значению «покупателем» выступает регион Западной Европы, третьим – Япония [5]. Анализ структуры глобального рынка услуг аутсорсинга бизнес-процессов в период 2002–2010 гг. показал, что наибольшим спросом среди заказчиков пользуется аутсорсинг в области трудовых ресурсов (управление предприятием), а также в сфере привлечения и удержания клиентов [5].

В Беларуси не ведется статистический учет объемов аутсорсинга услуг. Секторами, наиболее активно работающими по данной модели в нашей стране и на экспорт, являются ИТ и логистика. Аутсорсинг услуг, связанных с предпринимательской деятельностью, пока не получил широкого распространения.

Низкая эффективность практики аутсорсинга услуг в Беларуси объясняется как внутренними для предприятия-заказчика, так и внешними факторами. К первым можно отнести недостаток информации о возможностях работы по данной схеме, неправильную постановку задач и установление ответственности стороннего подрядчика, нехватку собственных финансовых ресурсов, отсутствие взаимосвязи между технологическими, организационными и маркетин-

говыми нововведениями в производственном секторе экономики. Так, в 2011 г. из 443 инновационно активных промышленных предприятий Беларуси технологические инновации осуществляли 93,5%, организационные – 16,2%, а 19,6% сопровождали технологические нововведения новым маркетингом, на который в промышленности было затрачено только 0,3% всех расходов на инновации. Поэтому не удивительно, что новая продукция не всегда находит спрос, а затраты на ее создание не обеспечивают необходимого экономического эффекта [6].

Для более результативного использования аутсорсинга услуг, связанных с предпринимательской деятельностью, белорусским организациям целесообразно обратить внимание на следующие факторы:

Рис. 1. Структура деловых и интеллектуальных услуг

Источник: составлено автором на основе классификаторов Генерального соглашения по торговле услугами (ВТО) и NACE Rev. 2 (Евростат)



- выстраивание скоординированной коммуникационной стратегии;
- постановка заказчиком целей по аутсорсинговой операции, включая возможность их изменения при долгосрочных контрактах;
- определение права собственности на участвующий в сделке или получаемый в результате работ по ней интеллектуальный продукт.

В контракте необходимо детально отразить исходное состояние делегируемого направления или бизнес-процесса (количество передаваемых ПК, серверов, наименование бухгалтерских работ, численность сотрудников подразделения и т.д.), определить, что означает понятие уменьшения расходов с точки зрения заказчика, и установить ответственность поставщика за его достижение, прописать способ распределения выгод между сторонами от полученного снижения [5].

Согласно подходу доктора экономических наук, профессора В.В. Иванова, национальные инновационные системы можно рассматривать как многоступенчатые экономические образования, в которых выделяется макроуровень (НИС в целом), мезо- (кластеры, инновационные сети, корпорации), микро- (отдельные предприятия) и квантовый уровень (человек). В то же время анализ научных работ, посвященных проблемам формирования национальных инновационных систем, позволил выявить, что в них, как правило, идет речь о мерах по развитию макро- и мезоуровней, инновационной инфраструктуры. Однако фактически не исследуются субъекты микроуровня и возможности их совершенствования [7]. В связи с этим возникает необходимость рассмотреть перспективы внедрения нововведений в отдельных компаниях, а также возможные меры их поддержки.

Данные предприятия можно разделить на две группы: специализирующиеся на оказании инновационных видов услуг и прочие субъекты сферы услуг, для которых могла бы быть перспективна передача части видов деятельности, сопряженных с нововведениями, на аутсорсинг специализированным компаниям.

Можно обозначить следующие направления совершенствования сектора сервисов, связанных с предпринимательской деятельностью, сфокусированные на развитии аутсорсинга:

- адаптация к потребностям бизнеса;
- определение специализации компании;
- повышение качества услуг и квалификации сотрудников;
- эффективная внутренняя организация;
- автоматизация рутинных процессов;
- инновационный маркетинг, создание собственного бренда и имиджа.

Ускоренному развитию описанного сектора будет способствовать дальнейшее формирование крупных конкурентоспособных компаний, интегрированных структур, в том числе сетей, кластеров, создание совместных предприятий. Так, синергетический эффект может дать объединение аутсорсинговых компаний в кластеры. В 2011 г. был создан первый в Республике Беларусь бухгалтерский кластер [2].

Важным фактором для становления аутсорсинга услуг является снижение стоимости заемных ресурсов в стране. Более 40% обследованных предприятий Беларуси отмечают недостаток собственных средств как основной барьер инновационного развития [6].

В Европейском союзе существуют разные формы поддержки МИП. Это может быть финансирование научно-исследова-

тельских проектов для создания нововведений, субсидии на строительство инфраструктуры, приобретение машин, оборудования или программного обеспечения, налоговые льготы для научно-исследовательских и инновационных расходов, посещение или участие в торговых ярмарках, создание сетей с университетами и НИИ, взаимодействие вузов с компаниями, предоставление информации о потребностях рынка, его условиях, новых правилах и т.д. Почти половина инновационных фирм ЕС использует по крайней мере одну из финансируемых властями схем [6].

Для Республики Беларусь также было бы целесообразно разработать модели господдержки, предназначенные для стимулирования инновационной деятельности предприятий сектора услуг, связанных с предпринимательством. Его развитие является одним из тех инновационных инструментов, которые могут существенно повысить эффективность сферы сервиса и промышленности и тем самым способствовать модернизации экономики и росту производства. ■

See: http://innosfera.by/2015/10/innovation_economy

Литература

1. Структура видов экономической деятельности организаций Республики Беларусь за 2013 год. Стат. бюлл. – Мн., 2014.
2. Голобородько А.А. Условия и механизмы ускоренного развития сферы услуг в Республике Беларусь / А.А. Голобородько, И.В. Худякова // Экономический бюллетень НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. 2012, №10. С. 37–44.
3. Dienstleistungsstatistik / Statistisches Bundesamt. Электронный ресурс: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Dienstleistungen/Dienstleistungen.html;jsessionid=801194BC3ED084146B688F4965D96C6A.cae3>.
4. Outsourcing Services for the United States of America / Flatworld Solutions. Электронный ресурс: <http://www.flatworldsolutions.com/USA-america-outsourcing-services.php>.
5. Селина М.В. Тенденции развития и эффективность использования аутсорсинга на мировых рынках деловых услуг: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук (08.00.14) / М.В. Селина. – М., 2011.
6. Богдан Н.И. Эффективность инновационной политики Беларуси: проблемы и пути развития // Белорусский экономический журнал. 2013, №2. С. 84–101.
7. Марахина И.В. Возможности развития инновационной системы Республики Беларусь // Вестник БГУ. 2013, №3. С. 11–17.

Управление инновационными процессами в Республике Карелия

Резюме. В статье рассмотрено понятие региональной инновационной подсистемы и представлена методика, позволяющая оценить ее состояние. На основе динамики роста научного и инновационного потенциала сформирован индекс инновационного развития региона. Он включает в себя три блока: возможности по созданию нововведений, их коммерциализация, а также результативность инновационной политики местных властей. Все расчеты произведены на примере Республики Карелия.

Ключевые слова: инновационная подсистема, индекс инновационного развития, мезоуровень, факторы роста, экономическая политика, инновации.

УДК 332.1 (470.22)

Для более полного осмысления сущности региональной инновационной подсистемы (РИП) целесообразно обратиться к обзору имеющихся трактовок данного понятия. При этом необходимо отождествлять термины «региональная инновационная подсистема» и «региональная инновационная система», учитывая, что первая является частью как НИС, так и региональной социально-экономической системы.

Формализованное определение РИП привел в своих работах Ф. Кук, который рассматривал ее в качестве совокупности элементов инновационного процесса – от организаций, создающих новые идеи и воплощающих их в готовый продукт, до структур, их использующих, финансирующих, распространяющих и дающих дальнейшее развитие [2].

Ю.В. Иода преподносит РИП как многоплановую систему, характеризующуюся территориальной общностью законодательного, структурного, функционального элементов, позволяющих совершенствовать процессы генерирования и применения нововведений в рамках отдельных районов.

В некоторых исследованиях наблюдается отождествление



Сергей Тишков, младший научный сотрудник Института экономики Карельского научного центра РАН, кандидат экономических наук

РИП и НИС. Так, С.В. Матвиенко полагает, что первая – организационно-экономический механизм, способствующий ориентации научных изысканий и работ на улучшение конкурентных характеристик региональной экономики, а предприятий и организаций – на внедрение результатов научно-технического и организационного процессов для развития производственной сферы. РИП выступает как элемент НИС и основывается на интеграции рыночных законов и социально-экономической политики конкретных территорий.

В работах А.А. Пермяковой РИП рассматривается в качестве системы, функционирующей в границах района, созданной как составляющая НИС, при этом отличающейся от соседних региональных инновационных

подсистем целями, наполнением, взаимосвязями [6].

Ученые С.В. Терехова и Е.С. Губанова акцентируют внимание на субъектных компонентах и в качестве РИП рассматривают совокупность предприятий и структур различных организационно-правовых форм, расположенных в границах региона, осуществляющих деятельность по рыночным законам, создающих и распространяющих новые знания, на которые оказывает влияние политика федеральных и местных властей. С их точки зрения, РИП должна способствовать повышению конкурентоспособности района, содействовать его экономическому и социальному развитию [9]. Отсутствие в федеральном законодательстве специфического нормативно-правового акта дает возможность регионам по-разному трактовать данный термин. На основе анализа различных подходов необходимо привести определение РИП, позволяющее описать ее не только как часть НИС или региональной социально-экономической системы, а как сложную структуру, находящуюся на стыке этих двух образований.

Таким образом, РИП – это подсистема НИС, комплекс субъектов и объектов инновационного процесса, функционирующих на территории конкретного региона по установленным в нем правилам с целью осуществления экономического роста на основе создания и использования нововведений.

Структура региональной инновационной системы состоит из нескольких взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом подсистем, каждую из которых составляют определенные элементы. И.В. Бережная и Е.А. Смирнова в качестве этих компонентов предлагают научно-образовательную, инфраструктурную, ресурсообеспечивающую и предпринимательскую подсистемы.

Пространственный подход в исследовании научно-инновационного комплекса на Северо-Западе России позволяет определить четкую связь в регионах между величиной доли добывающих отраслей и удельным весом инновационной продукции [8].

В некоторых районах развитию инновационной инфраструктуры уделяется пристальное внимание. Например, в настоящий момент времени в Санкт-Петербурге зарегистрировано 11 инновационно-технологических центров (ИТЦ), образован городской координационный центр по совершенствованию инновационной деятельности в науке и образовании. К основным направлениям его работы относятся: формирование и реализация программы мероприятий «Создание и развитие городской инновационной инфраструктуры в науке и образовании Санкт-Петербурга», формирование системы подготовки кадров для инновационной сферы, улучшение технологий управления нововведениями, поддержка инновационной деятельности промышленных предприятий [5].

Показатели	Годы											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Численность занятых в науке	100	108,1	102,9	97,4	79,8	74	80,7	81,2	77,5	79,8	83,5	84,2
Количество организаций, выполняющих НИОКР	100	222	109,8	114,6	53,7	175,6	282,9	668,3	78	139	295,1	190,2
Издержки на технологические инновации к ВРП	100	112,5	112,5	137,5	87,5	112,5	150	183,3	187,5	195,8	133,3	116,7
Внутренние затраты на исследования и разработки к ВРП	100	100	102,7	117,8	80,1	100	139,7	130,8	118,5	129,5	97,9	82,9
Расходы на НИОКР, отнесенные к доходам консолидированного бюджета	100	177,8	288,9	177,8	188,9	77,8	166,7	177,8	300	288,9	311,1	288,9

Региональные инновационные подсистемы призваны стать эффективными инструментами динамичного развития экономики путем:

- обеспечения рационального сочетания и эффективного использования высокого научно-технического, интеллектуального и промышленного потенциала и уникальных природных ресурсов региона и страны;
- формирования научно-технической базы, организационно-экономических механизмов и стимулов, направленных на развитие инновационного предпринимательства, включая малые и средние предприятия, работающие в области коммерциализации знаний и технологий;
- создания системы научно-технической информации, информационного обеспечения инновационной деятельности на основе информационно-коммуникационных технологий, образования электронной среды для деятельности бизнеса и государства, использования сети Интернет;

■ налаживания механизмов взаимодействия государства и частного бизнеса на основе баланса их интересов [1].

Одно из важнейших направлений активизации инновационного движения – оживление сотрудничества между территориями с учетом регионального смещения. Это может быть специальным проектом по объединению усилий ряда районов, не обязательно территориально близких, но взаимодополняющих друг друга по функциям инновационного процесса (производство, распространение и адаптация нововведений) [3].

Наиболее значимыми проблемами в модернизации НИС являются формирование научного потенциала, а также развитие предпринимательства в сегменте прикладного применения разработок [4]. Для оценки результативности сферы генерирования нововведений используется специальный мониторинг. Для этого необходимо выбрать базовые показатели и рассчитать на их основе индекс развития [9]. Последний

Таблица 1. Показатели, характеризующие научный потенциал для инновационного развития в Республике Карелия*, %

*2001 г. – 100%

2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
100	144,1	143,4	129	98	108	164	248,3	152,3	166,6	184,2	152,6

Таблица 2. Индекс развития научного потенциала для инновационного развития в Республике Карелия, %

Показатели	Годы											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Динамика инновационно активных организаций	100	106,3	75	187,5	187,5	190,6	181,3	190,6	165,6	206,3	187,5	156,3
Количество созданных передовых производственных технологий	100	400	200	300	500	200	800	100	100	100	100	600
Число используемых передовых производственных технологий	100	107,3	63,8	69,8	55,8	64,1	64,4	77,1	73,5	88	53,8	69,2

Таблица 3. Показатели, характеризующие развитие инновационной деятельности в Республике Карелия, %

представляет собой комплексную оценку инновационного потенциала района с учетом вероятной успешности и эффективности реализации в нем новых проектов. Рассмотрим использование данной методики применительно к Республике Карелия.

Для предварительных вычислений было выбрано 10 показателей, из которых 6 в большей степени оценивают научный потенциал для инновационного развития, 3 – собственно инновационные процессы, 1 – результативность инновационной деятельности.

К первой группе отнесены: численность занятых в науке, количество организаций, выполняющих НИОКР, издержки на технологические инновации к валовому региональному продукту (ВРП), внутренние затраты на исследования и разработки к ВРП, расходы на НИОКР, отнесенные к доходам консолидированного бюджета, и число выданных патентов на интеллектуальную собственность. При расчете индекса были взяты равные удельные веса [7].

По первой группе показателей за 2001–2012 гг. наблюдается следующая динамика (табл. 1).

В результате путем соотношения показателей к предыдущему году получаем индекс научного потенциала для инновационного развития (2001 г. – 100%) при условии равных удельных весов показателей (табл. 2).

Вторую группу составляют показатели, определяющие развитие инновационной деятельности: динамика инновационно активных организаций (%), а также число созданных и количество используемых передовых производственных технологий. Последние два индикатора суммарно отражают технологии, управляемые с помощью компьютера по обрабатывающим и добывающим производствам. В регионах со значительной долей добывающей промышленности оценка инновационности не может быть сведена лишь к показателю удельного веса новой наукоемкой продукции [7]. Вторая группа представлена следующими значениями (табл. 3).

2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
100	204,5	112,9	185,8	247,8	151,6	348,5	122,6	113	131,4	113,8	275,1

Таблица 4. Индекс развития инновационной деятельности в Республике Карелия, %

2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
100	114,9	27,7	87,2	51,1	80,9	48,9	68,1	91,5	83	72,3	83

Таблица 5. Индекс развития результативности инновационной деятельности в Республике Карелия, %

В итоге получаем индекс развития инновационной деятельности при условии равных удельных весов показателей (табл. 4).

Высокие значения в 2007 г. объясняются большими относительно других лет объемами созданных производственных технологий. При других удельных весах индикаторов динамика будет несколько отличаться. В целом можно констатировать рост индекса в последние пару лет.

К третьей группе отнесен показатель, определяющий развитие собственно результативности инновационной деятельности: объем наукоемких новых товаров, работ и услуг. Для него характерна такая динамика (табл. 5).

Надо отметить неустойчивость первичных показателей, что приводит к отсутствию четкой тенденции для результирующего индекса. Проблемы статистики инновационной деятельности только сейчас начинают изучать. Возможно, специалисты Высшей школы экономики смогут написать ясные инструкции по данному вопросу и организовать их распространение.

Одной из задач руководства Карелии является помощь в продвижении выпускаемых наукоемких новых товаров и услуг республиканских компаний на внешние рынки. В перечень отгруженной инновационной продукции входят результаты труда предприятий целлюлозно-бумажной, машиностроительной, пищевой, горной и других отраслей промышленности. Заметную долю обеспечивают малые предприятия, успешно развивающиеся в Карелии (табл. 6).

При этом удельный вес малых предприятий Карелии, осуществлявших технологические инновации, составил 5,5% при общем уровне показателя 5,9% в целом по Северо-Западному федеральному округу. Аналогичные и более высокие значения

наблюдались в Санкт-Петербурге (8,4%), Вологодской (5,5%), Псковской (5,9%), Новгородской (8,8%) и Мурманской (9,6%) областях.

Управление инновационными процессами на национальном уровне все более усложняется в связи с распространением ТНК своих представительств на основании локальных признаков. В сферу их интересов попадают районы с конкретными характеристиками и преимуществами. Именно поэтому местные власти должны организовывать поиск и удерживать глобальных инвесторов на своей территории [10].

РИП составляют базис, способный создать условия для перевода экономики региона на инновационный тип развития. Данные подсистемы не имеют типовой структуры. В работах ряда отечественных исследователей приводятся их возможные элементы. Так, выделяют такие структурные компоненты, как генерация знаний, образовательная сфера и кадровый процесс, производство инновационных продуктов, инновационная инфраструктура. Однако ряд субъектов инновационной деятельности выполняют функции не одного системного элемента (например, вузы или бизнес-инкубаторы, технологические парки и т.д.). Это обуславливает усложнение самой структуры РИП, формирование определенных надстроек и, соответственно, трудности в реализации поставленных в регионе инновационных задач.

Ключевым элементом механизма выстраивания инновационных подсистем на мезоуровне является разработка и реализация соответствующих программ федерального, регионального и муниципального значения. Мезоуровень характеризуют всеобщие условия производства в отношении между национальной экономикой и отдельной фирмой, инфраструктура межотраслевых

№	Наименование компании	Производят инновационный продукт или услугу	Обладают инновационной технологией	Внедряют инновационный продукт или технологию на других предприятиях
1	ИТ парк ПетрГУ	+		+
2	ООО «Прорыв»	+		+
3	ЗАО «ЭФЭР»	+	+	
4	Неосистемы	+		+
5	Телекомстрой	+	+	+
6	ООО «Нелан-оксид»		+	
7	ООО «Лаб 127»	+	+	
8	ПлазмаЛаб	+	+	
9	ТД Ярмарка	+	+	
10	Сведвуд Карелия		+	
11	ООО «Технологии прорыва»		+	+
12	ООО «Чистая вода»	+	+	+
13	ООО «Энергоресурс»	+		+
14	ООО «Шунгитон»		+	
15	ООО «Карбон-шунгит»		+	+
16	MB BARBELL	+	+	
17	ООО «Энергоресурсоэффективная экономика»	+	+	+
18	ЗАО «СИБИРИТ-3»	+	+	+
19	ОАО «Стройтехника»	+	+	+
20	ООО «Инвестбизнесконсалтинг»	+		+

комплексов и крупных региональных систем [8].

Глобализация экономики приводит к формированию инфраструктуры на мегауровне. Телекоммуникации, информационные технологии, Интернет изменяют всеобщие условия производства – возникает инфраструктура межстрановых экономических образований. Международная интеграция, трансграничное сотрудничество, перераспределение функций между центральными и региональными властями при развитии инфраструктуры – все это требует теоретического осмысления эффективного обеспечения производственного процесса в условиях глобализации и мировой конкуренции [8]. Принципы, виды, формы и содержание программ создания и функционирования инновационных подсистем на мезоуровне должны быть регламентированы специ-

альными нормативными правовыми актами, составляющими в совокупности правовую базу решения данной задачи как в масштабе всей страны, так и каждой отдельной территориальной инновационной системы. ■

Таблица 6.
Малые и средние инновационные предприятия Республики Карелия

See: http://innosfera.by/2015/10/Republic_of_Karelia

Литература

1. Бородин В.А., Кобозев О.В. Региональная инновационная подсистема как элемент современной экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2013, №4. С. 9–11.
2. Гусаков М.А., Проскура Д.В. Инновационное обеспечение конкурентоспособности регионов: концепция, понятийный аппарат // Экономика и управление. 2007, №6(32). С. 34–40.
3. Гусаков М.А. Модернизация научно-инновационного процесса // Экономика и управление. 2009, №10(48). С. 36–41.
4. Гусаков М.А. Роль Санкт-Петербурга в развитии науки и инноваций // Экономика и управление. 2010, №10. С. 34–36.
5. Пермякова А.А. Оценка возможности формирования региональной инновационной системы на примере республики Удмуртия // Региональная экономика: теория и практика. 2009, №34. С. 35–43.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: стат. сб. / Росстат. – М., 2012.
7. Румянцев А.А. О роли стратегических инноваций в технологическом подъеме экономики // Инновации. 2010, №4. С. 40–43.
8. Рыбаков Ф.Ф. Инфраструктура как подсистема национальной экономики: проблемы развития и инвестирования // Проблемы современной экономики. 2004, №1-2 (9-10). С. 23–34.
9. Тишков С.В. Научный и инновационный потенциал как основные факторы развития экономики северного приграничного региона // Вопросы управления. 2014, №2(8). С. 157–163.
10. Шенсток Г. Инновационные системы: концептуальные вопросы и проблемы создания // Инновации. 2007, №11. С. 81–84.

Халькогениды для микроэлектроники

Премия имени академика В.А. Коптюга в нынешнем году была присуждена коллективу белорусских и российских ученых за работу «Электронные и магнитные фазовые переходы в катион-анион замещенных халькогенидах марганца». С нашей стороны награды получили доктор физико-математических наук Казимир Янушкевич, кандидат физико-математических наук Ольга Демиденко, доктор физико-математических наук Геннадий Маковецкий и кандидат физико-математических наук Анатолий Галяс – сотрудники НПЦ НАН Беларуси по материаловедению. Россию представили ученые Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН: доктор физико-математических наук Сергей Аплеснин, кандидат физико-математических наук Оксана Романова, кандидат физико-математических наук Любовь Удод. О практическом назначении и перспективах данного проекта журналу «Наука и инновации» рассказал его руководитель от Беларуси заведующий лабораторией физики магнитных материалов Казимир ЯНУШКЕВИЧ.



— **Д**анный цикл работ является продолжением программы исследований, посвященных изучению перехода металл–диэлектрик, магниторезистивного эффекта и термоэлектрических явлений в халькогенидных соединениях марганца и твердых растворах, созданных на их основе. Нами запатентованы новые халькогенсодержащие вещества и методы их синтеза. Синтезированы

полупроводниковые соединения, в которых реализуется необычное сочетание электрических и магнитных свойств. Это позволяет анализировать закономерности изменения механизмов проводимости и магнитного порядка, целенаправленно изменять их.

– **В чем заключается актуальность этой работы?**

– Синтез новых магнитных материалов и изучение перечисленных явлений в них важны в связи с развитием нового научного направления – спинтроники. Для изменения электрического сигнала используется не только зарядовая степень свободы электрона, но также и спин, что позволяет создавать принципиально новые устройства, такие как быстродействующая оперативная память в компьютерах, сенсоры, преобразователи магнитной информации в оптический сигнал. В связи с этим большое внимание уделяется новым магнитным полупроводниковым веществам, в ко-

торых реализуется особое сочетание магнитных, электрических и оптических свойств. Полупроводники на основе халькогенидов марганца, синтезом и исследованием которых занимаются научные коллективы на протяжении последних лет, обнаруживают магнитные и структурные фазовые переходы, переход металл–диэлектрик, ряд явлений, связанных с магнитоэлектрическим эффектом и изменением электронной структуры под воздействием внешних факторов.

– **Как сложился научный коллектив для реализации проекта?**

– Интерес ученых к веществам с необычным сочетанием магнитных и полупроводниковых свойств обусловлен необходимостью обеспечить надежную работу многофункциональных устройств микроэлектроники в широких диапазонах температур и в агрессивных средах. Эта работа стала продолжением предыдущей, за которую нашему коллективу была присуждена премия Коптюга в 2001 г. Она называлась «Исследование явления колоссального магнитосопротивления в сульфидах 3d-элементов». Основоположниками изучения халькогенсодержащих материалов в Институте физики твердого тела НАН Беларуси являются академик Николай Сирота и профессор Геннадий Маковецкий, в Сибирском отделении РАН – заслуженный деятель науки РФ профессор Герман Петраковский из Института физики им. Л.В. Киренского, в Украине – профессор Эдвальд Завадский из ФТИ им. А.А. Галкина, профессор Григорий Самсонов из Киевского политехнического института. Возможность широкого практического применения халькоген-

содержащих материалов в микроэлектронике предвидели уже более 40 лет назад. Все достигнутое в этом направлении к настоящему времени – обобщенный результат труда большого ряда научных коллективов.

С учеными из Красноярска мы сотрудничаем давно. Слаженная командная работа достигается путем частичного разделения обязанностей. Белорусская сторона в основном проводит синтез новых материалов и эксперименты по изучению их фундаментальных характеристик, а за теоретическими подтверждениями, при необходимости, обращаемся к коллегам-сибирякам. Они, в свою очередь, также выполняют эксперимент, в основном резонансными методами, чтобы устранить любую субъективность в интерпретации результатов эксперимента. Мы работаем в кооперации и с другими странами. Например, некоторые измерения проводим в Академии наук Польши. А чтобы проверить устойчивость веществ к агрессивным средам, обращаемся к ученым Академии наук Румынии.

– В чем проявилась перспективность исследований?

– 50 лет назад ученые стремились получить соединения с исключительно высокими полупроводниковыми характеристиками. Но технологи-разработчики уже тогда предполагали, что полупроводниковые устройства станут более управляемы, если можно будет использовать и влияние на их свойства магнитного поля. Халькогены, к которым относятся кислород, сера, селен, теллур, полоний, а также полученный искусственно совсем недавно элемент ливерморий (в номенклатуре химических элементов название утверждено 30 мая 2012 г.), образуют соединения с металлами – халькогениды, которые менее подвержены коррозионным воздействиям предыдущих элементов в этом ряду. Соединения с серой, например, устойчивы к кислороду, с селеном – к сере и кислороду и т.д. Отчасти поэтому халькогенидных соединений так много в рудных ископаемых. В последнее время исследования по устойчивости веществ к коррозионным воздействиям, в том числе и всех типов сталей, приобрели особую актуальность.

– Чем отличается нынешняя работа от проекта 2001 г.?

– Результаты предыдущих исследований применили преимущественно в космической промышленности. После получения первой премии им. В.А. Коптюга к нам обратились представители НАСА с просьбой вырастить достаточно большой кристалл, обладающий гигантским магнитосопротивлением, для нужд их электроники. Мы занимались в основном синтезом поликристаллов, поэтому обратились к коллегам из Сибирского отделения РАН. В атмосфере взрывоопасного водорода из нашей шихты при высоких температурах и огромных затратах энергии они вырастили кристалл необходимых размеров. В ходе недавней работы были получены новые магнитные полупроводниковые материалы. Дальше целенаправленно можно менять их состав и свойства. Результаты наших совместных исследований могут найти применение в устройствах микроэлектроники в качестве датчиков и переключателей.

– В какой сфере будут использованы результаты исследований?

– Основная отрасль – электронная промышленность. Практические рекомендации по применению наших совместных научных изысканий сделаны для ряда предприятий. Среди них НПО прикладной механики им. академика М.Ф. Решетнева, который работает на Роскосмос, и Красноярский машиностроительный завод. Предполагаем, что разработка будет применена в военно-промышленном комплексе РФ.

– Как обстоят дела с внедрением на отечественных предприятиях?

– Существует несколько препятствий. Во-первых, в Беларуси каждые 5 лет необходимо едва ли не из собственных средств платить патентную пошлину за поддержание патентов в силе, поэтому последние 2-3 года мы подаем заявки на изобретения в России, где государство покрывает эти расходы на протяжении 20 лет. Во-вторых, многие производства нашей страны сейчас ориентированы на КНР, например Минский приборостроительный завод им. В.И. Ленина, ОАО «Интеграл». Это создает определенные трудности для ученых и разработчиков-технологов, поскольку китайские коллеги быстро повторяют и применяют наши решения, и они перестают быть уникальными и принадлежащими нам. Уменьшило их востребованность сокращение военного комплекса республики.

– Будет ли продолжен проект?

– Изучение халькогенсодержащих веществ нашими коллективами и зарубежными, из Китая, Японии, США, Южной Кореи, конечно же, не может быть остановлено. Исследователи видят перспективы использования таких соединений в устройствах микроэлектроники из-за их высоких антикоррозионных свойств, устойчивости их магнитных и электрических характеристик к температуре, давлению, радиационным воздействиям. Наши совместные работы с российской стороной продолжаются, их поддерживают фонды фундаментальных исследований обеих стран.

– На чем будет акцентирована дальнейшая работа?

– В первую очередь мы будем целенаправленно изменять состав уже синтезированных нами веществ. Полупроводниковая компонента достаточно хорошо изучена и предсказуема в примесных полупроводниках, в отличие от магнитной. Магнитная составляющая оказалась более тонким инструментом для управления свойствами, нежели проводимость в магнитных полупроводниках. С этим согласны и коллеги из СО РАН. Чем меньше магнитные поля будут использоваться для изменения магнитной составляющей в полупроводнике, тем вещество будет более устойчиво к внешним воздействиям. Это позволит сделать многие устройства микроэлектроники менее энергозатратными, что представляет непосредственную выгоду в экономическом плане. ■

Интеграция – путь к успеху

Между научными коллективами Сибирского отделения Российской академии наук и Национальной академией наук Беларуси существуют многолетние плодотворные связи. Большую лепту в их развитие вносит академик Александр АСЕЕВ, вице-президент РАН, председатель СО РАН, иностранный член НАН Беларуси. Мы решили расспросить его о том, как организована научная работа во вверенном ему Отделении и какими видятся перспективы дальнейшего взаимодействия ученых двух стран.



– Александр Леонидович, как российским ученым удается преодолевать главный барьер на пути нововведений – их слабую востребованность реальным сектором экономики?

– Справиться с этим препятствием позволяет наличие в нашей стране крупных высокотехнологичных финансово успешных компаний мирового уровня. Такие лидеры технологического развития – в Сибирском регионе это, например, ОАО «Информационные спутниковые

системы им. М.Ф. Решетнева», ФНПЦ «Алтай», холдинговая компания «Сухой», а в близкой мне области микроэлектроники – НИИ молекулярной электроники и завод «Микрон» (Зеленоград), ОАО «Микран» (Томск) – и являются основными потребителями наших наукоемких решений. Во многом способствует движению вперед организованная в Российской академии наук Комиссия по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности, которая успешно действует под руководством академика С.М. Алдошина. Среди результатов ее работы – Экспериментальный завод научного приборостроения в научном центре РАН в Черногоровке по производству установок для выращивания монокристаллов тугоплавких оксидов, телекоммуникационных комплексов цифрового уплотнения каналов связи, широкой гаммы сложных приборов для спектроскопии и многое другое. Создано некоммерческое партнерство «Совместный центр трансфера

технологий РАН и ОАО «Роснано». Огромный потенциал имеет принятая в Сибирском отделении РАН еще в 2011 г. программа развития инновационной деятельности по наиболее актуальным направлениям модернизации экономики России. Ее основные направления – минерально-сырьевая база; технологии глубокой переработки углеводородов; производство из улей тепловой и электрической энергии, кокса, водорода и новых углеродных материалов; машиностроение и силовая электроника; нано-, био- и информационные технологии; фундаментальные исследования для обороны и безопасности. По оценке Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, при выполнении программы общий объем коммерциализации научных результатов наших учреждений составит около 3 трлн руб. Проблемы роли академической науки в модернизации и инновационном развитии экономики детально обсуждались в нашем отделении на выездном заседании Консультативного научного совета Фонда «Сколково». Решено распространить на научно-образовательную и инновационную системы СО РАН правила деятельности Сколково и университета «Сколтех».

– Какие региональные программы федерального уровня вносят достойный вклад в экономику Сибири?

– Среди них программа инновационного развития Томской области, полноправными участниками которой являются институты Томского научного центра СО РАН. Они выполняют работы по трем интеграционным проектам: «Здоровье человека России», «Перспективные материалы для новых технологий и надежных конструкций», «Электро-разрядные, пучково-плазменные, лазерные технологии и средства

экологического мониторинга для развития производственно-хозяйственного комплекса Сибири и Дальнего Востока». Начаты комплексные научные исследования в Республике Саха, направленные на формирование производительных сил и социальной сферы, сюда намечена комплексная научная экспедиция РАН в 2016–2020 гг. Мы активно участвуем в подготовке и реализации масштабной программы реиндустриализации экономики Новосибирской области, представленной в июне нынешнего года на Международном форуме технологического развития «Технопром», выполняем задания Государственной программы социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на территории Якутии, Бурятии, Иркутской области и Забайкальского края. Так, на основе разработок институтов Бурятского научного центра подготовлена заявка в Минэкономразвития РФ о создании в республике крупного фармацевтического кластера, работа которого позволит решить проблемы импортозамещения по производству исходных субстанций и ряда новых препаратов с использованием подходов традиционной бурятской и тибетской медицины.

– Мировой опыт свидетельствует о неоспоримых преимуществах региональной экономической интеграции, которая способствует созданию единого инновационного пространства. Как строится ваша работа на этом поле?

– В основе взаимодействия институтов Отделения с регионами лежит Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г., утвержденная правительством РФ. В ее разработке мы принимали самое активное участие. Сюда вошли прогнозные расчеты, подготовленные в Институте экономики

и организации промышленного производства на основе методологии проектной экономики и комплекса экономико-математических моделей. Согласно этому документу, доля высокотехнологичного сектора в валовом региональном продукте должна вырасти с 3% в 2008 г. до 14–17% в 2020 г., количество созданных передовых технологий – с 93 до 340, число международных исследовательских центров – с 12 до 20–23. Достижение этих целевых показателей предполагает опору на научные достижения институтов СО РАН.

– В этой связи какие особо крупные и выдающиеся работы Отделения следует отметить?

– Не побоюсь сказать, что мы трудимся над подготовкой инновационных прорывов в российской науке, основанных на собственных разработках. К примеру, в Институте физики прочности и материаловедения создается производство антисептических материалов на основе кристаллических сорбентов нитридов металлов, одна из тем Института проблем переработки углеводородов – промышленная технология и выпуск технического углерода нового поколения с повышенной электропроводностью и регулируемой наноструктурой методом термоокислительного пиролиза. Первоочередное внимание уделяется фундаментальным и прикладным исследованиям в интересах обороны и безопасности страны. Они охватывают широкий круг проблем по 12 приоритетным направлениям, в числе которых информационно-управляющие, телекоммуникационные и квантовые электронные системы; оптика; космические изыскания; твердотельная микро-, опто-, СВЧ- и нанoeлектроника; механика, аэро-, газо-, гидродинамика и гиперзвуковые технологии и др. По ряду научных изысканий,

определяющих пути совершенствования и создания принципиально новых видов вооружения и военной техники, технологий и разработок двойного назначения, а также прогнозов по этим темам уровень проводимых работ соответствует мировому или превышает его. Восемь наших институтов включены в сводный реестр предприятий оборонно-промышленного комплекса.

– Насколько успешны процессы коммерциализации инновационных разработок, созданных в СО РАН?

– Пути реализации результатов научных исследований прошли эволюцию от совместной работы с отраслевыми НИИ и КБ вокруг Академгородка в советский период к долговременным соглашениям с крупными государственными и частными корпорациями в настоящее время. В рамках имеющихся соглашений о сотрудничестве мы принимаем участие в программах инновационного развития таких российских гигантов, как ГК «Росатом» и ГК «Ростех», ОАО «РусГидро», «Роснефть», «Газпром», «РЖД», «Оборонпром» и др. Совместные разработки Института химии твердого тела и механохимии и Новосибирского завода химконцентратов легли в основу крупномасштабного производства литий-ионных батарей, что открывает обширные перспективы для энергосберегающих технологий. На базе одного из ведущих предприятий Новосибирска ОАО «НЭВЗ-Союз» организуется масштабный выпуск наноструктурированной керамики для нужд электротехники, электроники и медицины. Результаты этой работы были доложены и получили одобрение Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева во время его визита в наш город в июле этого года. Стержневым направлением инновационной деятельности Отделения явля-

ется участие в формировании Томской техно-внедренческой зоны, первая очередь которой была открыта в 2006 г., Технопарка Новосибирского академгородка – Академпарк, технопарков в Кемерово, Иркутске и Красноярске. Так, в Академпарке насчитывается более 300 резидентов, из которых около 80% – выходцы институтов СО РАН. Именно они создают инновационные предприятия, занятые коммерциализацией научных результатов. 29 академических организаций входят в число учредителей 53 коммерческих и некоммерческих предприятий, 102 российские компании работают на базе нашего научно-технического задела. Только за последние годы зарегистрировано 19 хозяйственных обществ, учредителями которых выступают институты Отделения.

– Жизненно важным является решение проблемы вовлечения в рыночный оборот интеллектуальной собственности. Как обстоят дела с ее защитой?

– Нашими институтами патентуется в среднем 300 изобретений в год. Заключается ежегодно 15–20 договоров о предоставлении прав на объекты интеллектуальной собственности – лицензии на использование изобретений, полезных моделей, программ для ЭВМ, баз данных, товарных знаков и ноу-хау, а также договоров об отчуждении исключительных прав.

– Каковы успехи научных коллективов в освоении технологий шестого уклада?

– В свете новых задач и в новой экономической ситуации последних лет мы активно участвуем в процессах реиндустриализации. В числе конкретных примеров крупномасштабных проектов – работа институтов СО РАН в рамках территориаль-

ного инновационного кластера информационных и биотехнологий с объемом финансирования 2,5 млрд руб. в течение 5 лет; участие Института ядерной физики им. Г.И. Будкера в международных проектах LHC, ITER, XFEL и др., а также в проекте для Российского федерального ядерного центра; пилотные участки производства специальных материалов в Институте катализа, Институте физики полупроводников и Институте проблем переработки углеводородов СО РАН. Совместно с предприятиями ОАО «Росэл» подготовлен проект современного центра прототипирования изделий микро-, нано- и биоэлектроники.

– Реализуются ли Отделением новые формы фундаментальных и прикладных исследований в связи с задачами реформы РАН?

– Мы переходим от интеграционных проектов к интеграционным программам приоритетного характера. В их числе активное участие в выполнении федеральных программ по обороне и безопасности, импортозамещению, разработке специальных материалов, устройств и систем. В рамках этих интеграционных программ осуществляется взаимодействие с Минпромторгом, Минобороны, ФСБ, Фондом перспективных исследований, ОАО «Росэл» и др. Исполняется крупнейший проект создания национального гелиогеофизического комплекса РАН на базе Института солнечно-земной физики, в котором участвуют ведущие предприятия Роскосмоса, Ростеха, ОАО «Швабе». Институты СО РАН выполняют геологические, природные, экономические и гуманитарные исследования, работы по новым технологиям для Арктики совместно с Минприроды, Росгеологией, Газпромом, Роснефтью, администрацией арктических ре-

гионов России. Предусмотренное реформой объединение Российской академии наук с Российской академией сельскохозяйственных наук и Российской академией медицинских наук вывело на новый уровень интеграции научную деятельность в интересах агропромышленного комплекса, а также здравоохранения и медицины.

– Александр Леонидович, что можно сказать о сотрудничестве сибирских ученых с белорусскими партнерами? Какие точки соприкосновения имеют наибольший потенциал?

– Взаимодействие осуществляется в рамках совместных интеграционных проектов, обмена учеными и специалистами, участием в двухсторонних и многосторонних научных мероприятиях. Важной формой научного партнерства и укрепления двусторонних связей является Премия им. В.А. Коптюга, утвержденная 25 июня 1998 г., она вручается поочередно белорусским и сибирским ученым за выдающиеся достижения в области науки и техники. В нынешнем году она присуждена сотрудникам Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Института физики твердого тела и полупроводников и Научно-практического центра НАН Беларуси по материаловедению за работу «Электронные и магнитные фазовые переходы в катион-анион замещенных халькогенидах марганца», открывающую пути получения высокочувствительных сенсоров и элементов электроники, устойчивых к радиации и способных работать в экстремальных условиях.

В настоящее время сложилась договорная основа, обеспечивающая поступательное развитие сотрудничества между научными организациями СО РАН и НАН Беларуси. Оно идет по самым актуальным направлениям современной науки – информационным технологиям, математическому

моделированию, материаловедению, лазерам и нанoeлектронике, проблемам экологии и биотехнологии, а также гуманитарным проблемам, истории культуры, языка и народов Беларуси и России. Один из важнейших итогов совместной работы – монография «Белорусы в Сибири». Общие исследования будут продолжены, планируется также усилить сотрудничество в области подготовки кадров высшей квалификации. В 2015 г. между СО РАН и НАН Беларуси проведен очередной конкурс совместных проектов, в результате которого одобрено 58 заданий. Предполагается, что начиная с 2016 г. финансирование с российской стороны будет осуществляться в рамках утвержденных государственных заданий ФАНО. Очень важно, что стороны считают целесообразным при оценке проектов исходить из эффективности их применения на практике в целях развития экономики обеих стран.

– О каких самых удачных и прибыльных совместных проектах вы могли бы рассказать?

– Среди наиболее успешных отметим получение износостойких нанокристаллических композиционных слоев на металлах и сплавах с помощью электронно-ионно-плазменного воздействия, выполненное Институтом сильноточной электроники СО РАН, Белорусским государственным университетом, Физико-техническим институтом и Институтом тепло- и массообмена НАН Беларуси. Заложены научные основы новой комбинированной обработки алюминиевых сплавов, используемых в турбокомпрессорах и двигателях внутреннего сгорания. В результате твердость поверхностных слоев увеличена примерно в 10 раз, а износостойкость в 2,5 раза. Заслуживают внимания исследования особенностей лазерной

генерации трехвалентных ионов европия в анизотропных кристаллических матрицах двойных молибдатов и вольфраматов, которые дают возможность создания новых лазеров для фотодинамической терапии. С нашей стороны руководителем выступил академик С.Н. Багаев из Института лазерной физики, с белорусской – академик В.А. Орлович из Института физики им. Б.И. Степанова. Большой задел для коллективной экспертной деятельности в энергетике имеют методы построения интеллектуальной инструментальной среды для поддержки принятия решений при определении стратегии развития энергетике двух стран. Уже разработан и апробирован прототип ИТ-среды и технологии поддержки решений. Руководители – Л.В. Массель из Института систем энергетики и А.А. Михалевич из Института энергетики НАН Беларуси.

Результатом совместной работы академиков В.Н. Пармона и В.Е. Агабекова стали технологии переработки целлюлозы и лигнина из возобновляемого растительного сырья в ценные химические продукты и углеводороды для моторных топлив. Учеными Института оптики атмосферы СО РАН и Института физики НАН созданы базовые лидарные комплексы, которые успешно применяются для контроля примесного состава атмосферы Минска и Томска. Исследования свойств наногетероструктур на основе нитрида галлия для КВЧ-транзисторов, проведенные сотрудниками Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова и Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, используются для создания нового поколения устройств электронной компонентной базы СВЧ-техники и имеют важное практическое значение для производства радиолокационной техники

и систем связи на предприятиях обоих государств. 48 гибридов, из которых выделено 6 новых форм пшеницы – доноров генов устойчивости к грибным заболеваниям, получено в ходе проекта «Механизмы формирования и наследования устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам у мягкой пшеницы», выполненного Институтом цитологии и генетики СО РАН и Институтом генетики и цитологии НАН Беларуси.

– Что привлекает российских коллег в совместной работе и что дает такое взаимодействие обеим сторонам?

– В Беларуси созданы прекрасные условия для международного сотрудничества, в том числе и в первую очередь в рамках Союзного государства. В их основе лежит высокая квалификация научных сотрудников и специалистов, постоянное внимание к сложным вопросам совместной работы руководства академии и председателя ее Президиума В.Г. Гусакова, поддержка сотрудничества со стороны Правительства и высшего руководства республики. Для Сибирского отделения, как и для РАН в целом, большое значение имеет опыт Национальной академии наук Беларуси по интеграции в экономику страны и выполнению важных государственных задач, в том числе экспертного характера. Следует отметить добрым словом атмосферу творчества, дружелюбия и гостеприимства, которая отличает совместную работу наших сотрудников. Мы исходим из того, что она и впредь будет приносить весомые результаты, столь необходимые нашим странам для уверенного развития национальных экономик и повышения благосостояния народов. ■

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

Построение прогнозных моделей развития рынка

Резюме. Одной из проблем при освоении и выпуске новой продукции является прогнозирование спроса на нее. Отклонение от оптимальных параметров ведет к потере эффективности, при пониженном прогнозе – к недополучению прибыли, при повышенном прогнозе – к выпуску нереализуемой продукции. В статье приведен подход построения прогнозных моделей спроса на инновационную продукцию на основе теории вероятности, разработана соответствующая методика, рассмотрен пример практического расчета.

Ключевые слова: инновационная продукция, математические модели, теория вероятности, прогноз, методика, пример расчета.

При построении прогнозной модели рынка обычно подбирают близкую по характеру поведения процесса математическую модель [1–3], хотя непосредственной связи между ними нет. Последнее позволяет полагать, что правомерно этот же подход использовать на базе статистических моделей.

В основе предлагаемой методики лежит тот факт, что закономерности теории вероятности носят общий характер и справедливы для различных областей: математики, физики, социальных явлений и т.д. Логично заключить, что они подходят и для процессов реализации инновационной продукции от момента ее появления на рынке до его полного насыщения. По мере роста популярности товара спрос на него будет расти, затем, при постепенном наполнении рынка, потребность в нем будет идти на спад.



Николай Кочетов,
доцент кафедры
оценочной
деятельности
Белорусского
национального
технического
университета,
кандидат
технических наук

Преимущество предлагаемой модели роста и насыщения заключается в том, что нормальное статистическое распределение является хорошо изученным, поэтому прогнозирование может осуществляться уже на ранних стадиях процесса, например сходное с искомой функцией, аккумулярованное нормальное распределение (интеграл вероятности) [4].

Область определения кривой плотности распределения случайных событий X лежит в диапазоне $\pm\infty$. Однако на практике ограничиваются шириной

охвата $\pm 3\sigma$ (σ – среднее квадратическое отклонение), от наиболее вероятного значения X . Теоретически такой диапазон времени покрывает 99,74% всех событий. Соответственно, интеграл вероятности будет иметь в этом случае прирост от 0,13% до 99,87% (рис. 1).

Значения интеграла вероятности показывают возможность попадания события в диапазоне аргумента от 0 до определенного значения, выраженного в величинах среднего квадратического отклонения σ . Поскольку наиболее частым случаем на практике

является симметричный процесс, значения интеграла вероятности даются для одной ветви (табл. 1), на которую приходится половина вероятности [5].

Рассматривая в качестве аргумента время, можно перейти к новому аргументу T , значения которого начнутся с нуля. Момент, который можно приурочить к началу промышленного производства продукции и ее реализации ($T = 0$), совместим с точкой $X = -3\sigma$ на теоретическом графике, поскольку она крайняя в диапазоне практического рассмотрения.

Тогда время прохождения процесса развития рынка рассматриваемой продукции от момента начала промышленного производства можно определить так:

$$T = X + 3\sigma, \quad (1)$$

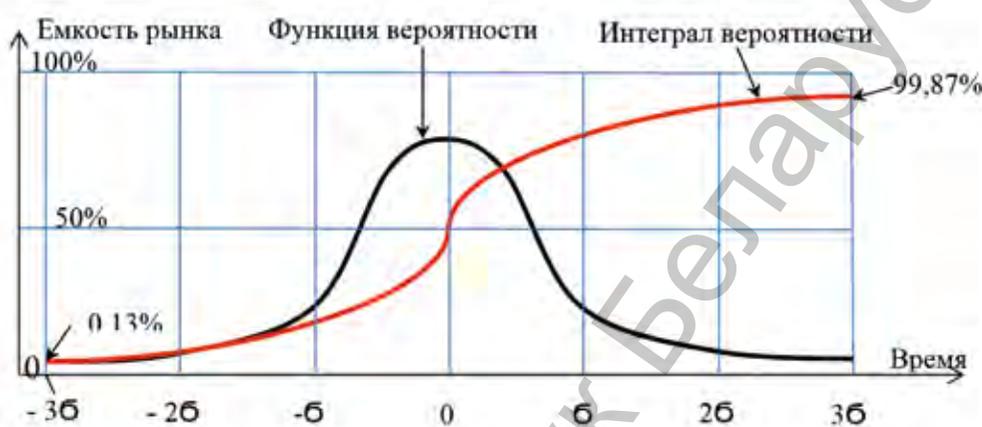
где X – аргумент в теоретическом графике, измеряемый в единицах стандартного отклонения (волатильности) σ .

И, соответственно:

$$T = X - 3\sigma.$$

Если принять начало промышленного производства продукции за точку отсчета, то есть $T = 0$ ($X = -3\sigma$), в какой-то момент времени объем выпуска и реализации будет соответствовать $T = \sigma$ ($X = -2\sigma$) и т.д. Зная математическое ожидание, можно спрогнозировать примерное время процесса роста и насыщения $T = 6\sigma$ ($X = 3\sigma$) и объем рынка.

С целью повышения точности прогноза анализ можно возобновлять для нового состава исходных данных. Обычно рассматривают такие диапазоны охвата статистического процесса: X охватывает диапазон от -3σ до 3σ (вероятность исследуемого события 99,74%), X охватывает диапазон от -2σ до 2σ (вероятность исследуемого события 95,45%), X охватывает диапазон от $-\sigma$ до σ (вероятность исследуемого события 68,26%). Поскольку



в начале производства степень неопределенности высока, можно признавать диапазоны времени с некоторым сужением относительно начальных точек, например $\pm 2,5\sigma$ и $\pm 2\sigma$.

Зная вероятность для различных значений σ , можно определить, на какой временной стадии (в σ) находится процесс. Сопоставляя этот интервал с реальным временем прохождения процесса, можно определить, чему будет равно значение σ , и дать прогноз процесса не только в σ , но и в реальном для этого

исследования времени. Исходной информацией для построения прогноза развития рынка какой-либо инновационной продукции машиностроения будет следующая:

- момент времени начала промышленного выпуска и реализации (T_0);
- накопленные данные производства и реализации рассматриваемой продукции с момента начала обоих процессов.

Для снижения влияния сторонних факторов необходимо ввести ряд условий:

Рис. 1. Функция и интеграл вероятности. Последний отражает емкость рынка в условиях неизменности других факторов

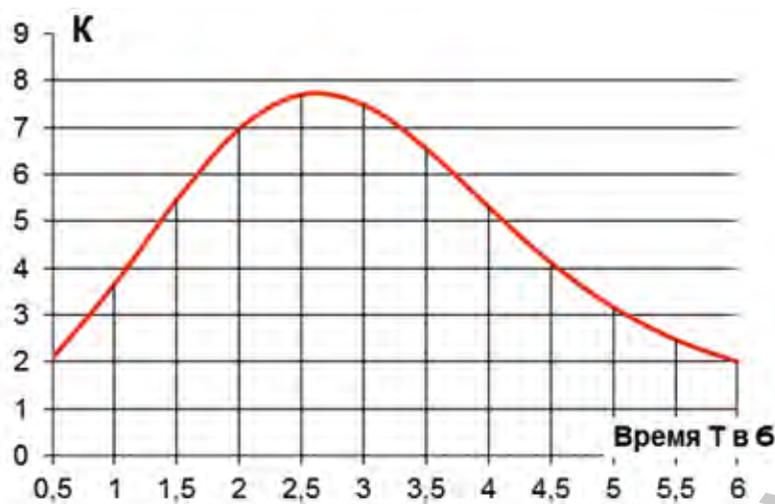
Таблица 1. Значения функции

Источник: [5]

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-z^2/2} dz$$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0.00	0.00000	0.85	0.30234	1.70	0.45543	2.55	0.49461
0.05	0.01994	0.90	0.31594	1.75	0.45994	2.60	0.49534
0.10	0.03983	0.95	0.32894	1.80	0.46407	2.65	0.49598
0.15	0.05962	1.00	0.34134	1.85	0.46784	2.70	0.49653
0.20	0.07926	1.05	0.35314	1.90	0.47128	2.75	0.49702
0.25	0.09871	1.10	0.36433	1.95	0.47441	2.80	0.49744
0.30	0.11791	1.15	0.37493	2.00	0.47725	2.85	0.49781
0.35	0.13683	1.20	0.38493	2.05	0.47982	2.90	0.49813
0.40	0.15542	1.25	0.39435	2.10	0.48214	2.95	0.49841
0.45	0.17364	1.30	0.40320	2.15	0.48422	3.00	0.49865
0.50	0.19146	1.35	0.41149	2.20	0.48610	3.20	0.49931
0.55	0.20884	1.40	0.41924	2.25	0.48778	3.40	0.49966
0.60	0.22575	1.45	0.42647	2.30	0.48928	3.60	0.499841
0.65	0.24215	1.50	0.43319	2.35	0.49061	3.80	0.499928
0.70	0.25804	1.55	0.43943	2.40	0.49180	4.00	0.499968
0.75	0.27337	1.60	0.44520	2.45	0.49286	4.50	0.499997
0.80	0.28814	1.65	0.45053	2.50	0.49379	5.00	0.5

Рис. 2. Характер изменения коэффициента прироста K для различных этапов развития рынка продукции (время дано в σ)



- емкость рынка остается неизменной за весь период выпуска продукции (например, рассматривается только внутренний сегмент, без экспорта и импорта);
- предприятие является единственным производителем данного товара на внутреннем рынке (например, передача лицензий и ноу-хау на него другим субъектам не предусматривается);
- товаропроводящая сеть охватывает всю территорию страны с минимальными финансовыми, временными затратами и препятствиями информации о рассматриваемой продукции;
- не учитывается наличие неофициального выпуска изделий (контрабанда, пиратское изготовление и т.д.) и другие, не имеющие прямого отношения к их производству, факторы (изменяющиеся политические, правовые, социальные условия).

Наукой наработан большой методический и практический материал, имеются таблицы

значений вероятности попадания события в заданный диапазон аргумента [5]. Каждому его значению в силу неравномерности прохождения процесса будет соответствовать свое значение функции. Зная его, можно рассчитать величину аргумента, которому она будет соответствовать.

Если в качестве функции взять абсолютное значение продукции, выпущенной с начала промышленного производства ($T=0$, или $X=-3\sigma$), становится возможным найти соответствующую точку на теоретическом графике. Полагая, что процесс проходит по симметричной модели интеграла вероятности, реально спрогнозировать весь процесс.

Однако есть две неизвестные, без которых это сделать невозможно.

Во-первых, мы не знаем, чему соответствует значение σ (в месяцах, годах и т.д.) для нашего конкретного случая.

Во-вторых, теоретический график носит относительный характер. Сумма всех наблюда-

емых явлений (интеграл вероятности) принимается за 1 (или за 100%). На самом деле абсолютная емкость рынка (общий потенциальный объем выпуска и реализации, измеряемый в натурально-вещественной форме: штуки, погонные метры, тонны и т.д.) неизвестна.

Для их определения предлагается следующий подход. Поскольку процесс развития рынка носит неравномерный характер, можно найти *соотношение интеграла вероятности для двух временных точек – текущей T и одной из предшествующих, например $T/2$.*

Полагая, что это соотношение (коэффициент прироста K) будет меняться, находим его значения для всех этапов процесса (рис. 2) [6].

Этот график показывает, что кривая прироста меняется в зависимости от момента времени процесса. Визуальный анализ позволяет сделать вывод, что можно однозначно увязать величину K с периодом изменения емкости рынка, что дает возможность производить прогноз рыночной динамики. Точные значения коэффициента, рассчитанные автором, даны в табл. 2.

Сравнивая K , подсчитанный для реального процесса, с табличным, находим значение T (выраженное в величинах σ). Зная его с момента промышленного производства продукции, определяем показатель σ в месяцах, годах и т.д. Полагая, что полный цикл равен 6σ , устанавливаем, сколько времени будет проходить процесс развития рынка, причем по желанию

Таблица 2. Значения коэффициента прироста K в зависимости от стадии анализируемого процесса роста и насыщения T

Параметры	Значения															
Время T в σ	0,0	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Отклонение X от среднего значения в σ	-3	-2,5	-2,3	-2,0	-1,8	-1,5	-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Коэффициент прироста $K = \Phi(T)/\Phi(T/2)$	2,00	2,08	2,67	3,66	4,48	5,47	6,13	6,97	7,70	7,48	6,54	5,30	4,12	3,17	2,48	2,00

можем разбить его на отдельные периоды: быстрого роста спроса, насыщения рынка, его свертывания и т.д.

Например, за первые 6 месяцев производства было выпущено и реализовано 168 изделий, а за 12 месяцев – 615. Спрос в это время был полностью удовлетворен.

Найдем коэффициент прироста: $K = 615/168 = 3,66$.

Это соответствует $T = 1\sigma$, то есть $1\sigma = 12$ мес. Поскольку практическая длительность процесса насыщения принята в 6σ , время этого процесса для нашего случая составит $T_{\text{макс}} = T \cdot 6 = 12 \cdot 6 = 72$ (мес.), или 6 лет. В первые 3 года будет наблюдаться рост спроса, далее начнется постепенный спад. В течение 5–6 лет рынок будет наполнен.

Абсолютное значение емкости рынка, которое отражает объем приобретенной за весь период продукции, можно определить следующим образом. За рассматриваемый промежуток будет выпущено и реализовано какое-то количество товара. Зная, на каком этапе находится процесс, можно установить, какой доле интеграла вероятности это будет соответствовать. Более того, можно спрогнозировать объем производства для каждого этапа.

Поскольку процесс рассматривается как симметричный, в справочных таблицах приводятся значения $\Phi(X)$ только для диапазона аргумента нормального распределения X от 0 до 3σ , что покрывает 0,5 доли интеграла вероятности (рис. 1). Такую же долю занимает диапазон X от -3σ до 0. В рассматриваемый момент $T = 1\sigma$ находим соответствующее X по формуле (1): $X = -2\sigma$. В табл. 1 для $X = 2\sigma$ значение равно 0,47725.

При T от 0 до σ , что соответствует диапазону X от -3σ до -2σ , объем выпуска мы знаем. От -2σ до 0 охватит 0,47725 доли интеграла вероятности, от -3σ до

0–0,5. Следовательно, остальное приходится на уже выпущенную продукцию. Поясним эту методику на следующем примере.

Пример построения прогноза емкости рынка для инновационной продукции

Предприятие начало выпуск низкооборотных электродвигателей для бытовой техники. Они стали реализовываться во всех регионах республики. Нормативный срок эксплуатации продукции $T_H = 5$ лет. За первые 3 месяца было изготовлено и продано $\Phi(T/2) = 283$ изделия, а за 6 месяцев $\Phi(T) = 839$. В это время спрос был удовлетворен полностью. Оценим примерную потребность в данном товаре и период времени, в течение которого внутренний рынок будет практически насыщен, при условии, что предприятие является единственным его производителем, и передача лицензий на ноу-хау другим субъектам не предусматривается.

Запишем эти условия в следующем виде:

- $T_H = 5$ лет;
- $T = 6$ мес.;
- $T/2 = 3$ мес.;
- $\Phi(T/2) = 283$ шт.;
- $\Phi(T) = 839$ шт.

Определим коэффициент прироста $K_{X\sigma}$:

$$K_{X\sigma} = \frac{\Phi(T)}{\Phi(T/2)} = \frac{839}{283} = 2,96.$$

По табл. 2 находим ближайшие значения коэффициента при-

роста K для соответствующих σ :

$$K_{0,7\sigma} = 2,67;$$

$$K_{1\sigma} = 3,66.$$

Можно воспользоваться методом интерполяции для определения точного выражения прошедшего с начала производства промежутка времени в единицах среднего квадратического отклонения σ . Полагая прирост K линейным в зависимости от σ , для $K_{Y\sigma}$ можно записать:

$$K_{Y\sigma} = K_{0,7\sigma} + \frac{\Delta K}{\Delta \sigma} (Y\sigma - 0,7\sigma),$$

$$\text{где } \Delta K = K_{1\sigma} - K_{0,7\sigma};$$

$$\Delta \sigma = 1\sigma - 0,7\sigma;$$

Y – искомое значение среднего квадратического отклонения σ , соответствующее коэффициенту прироста $K_{Y\sigma}$.

Отсюда

$$Y = 0,7 + \frac{K_{Y\sigma} - K_{0,7\sigma}}{K_{1\sigma} - K_{0,7\sigma}} \cdot 0,3 =$$

$$= 0,7 + \frac{2,96 - 2,67}{3,66 - 2,67} \cdot 0,3 \approx 0,79.$$

С начала производства и продаж прошло 6 месяцев, что соответствует по расчету 0,79 σ . Отсюда можно найти σ для рассматриваемого процесса:

$$\sigma = \frac{T}{Y} = \frac{6}{0,79} = 7,6 \text{ (мес.)}.$$

Полагая, что полное насыщение рынка происходит в течение интервала времени 6σ , оно составит:

$$T_{\text{макс}} = 6\sigma = 6 \times 7,6 = 45,6 \text{ мес.}$$

Теперь можно определить абсолютное значение потребности в продукции за весь период

Переменные	Значения						Всего
	от -3 σ до -2 σ	от -2 σ до -1 σ	от -1 σ до 0	от 0 до 1 σ	от 1 σ до 2 σ	от 2 σ до 3 σ	
Диапазон аргумента X , в σ							6σ
Доля интеграла вероятности, Δ	0,02272*	0,13591	0,34134	0,34134	0,13591	0,02275*	1,0
Интервал времени T , в мес.	от 0 до 7,6	от 7,6 до 15,2	от 15,2 до 22,8	от 22,8 до 30,4	от 30,4 до 38	от 38 до 45,6	45,6
Емкость рынка, Φ , в шт.	1577*	9420	23658	23658	9420	1577*	69310

*полагаем, что процесс начинается с $X = -3\sigma$, а заканчивается при $X = 3\sigma$

Таблица 3.
Прогноз рынка продукции для $\sigma = 7,6$ мес. и $\Phi_{\text{абс}} = 69310$ шт.

и даже разбить запросы на нее по временным интервалам.

Сначала найдем абсолютное значение рынка товара от начала производства до насыщения рынка. За 6 месяцев, которые составили $0,79\sigma$, было изготовлено и продано 839 изделий. Используя метод линейной аппроксимации, рассчитаем количество продукции, соответствующее $0,7\sigma$:

$$\begin{aligned}\Phi_{0,7\sigma} &= \Phi_{0,79\sigma} \frac{0,7\sigma}{0,79\sigma} = \\ &= \frac{839 \cdot 0,7}{0,79} = 734 \text{ (шт.)}.\end{aligned}$$

По табл. 1 определим значение интеграла вероятности для $\Delta_{2,3\sigma} = 0,48928$, что соответствует объему выпуска в интервале от наиболее вероятного значения $X(0\sigma)$ до $X = 2,3\sigma$. На оставшийся диапазон (примерно $0,7\sigma$, считая, что для 3σ значение интеграла составит примерно $0,5$) придется доля абсолютного объема выпуска:

$$\begin{aligned}\Delta_{0,7\sigma} &= \Delta_{3\sigma} - \Delta_{2,3\sigma} = \\ &= 0,5 - 0,48928 = 0,01072.\end{aligned}$$

При симметричном процессе наращивания и насыщения можем допустить, что доля выпущенной продукции в диапазоне времени от начала выпуска $T = 0$ до момента времени $T = 0,7\sigma$ будет $\Delta_{0,7\sigma}$. Отсюда абсолютная емкость рынка составит:

$$\Phi_{\text{абс}} = \frac{\Phi_{0,7\sigma}}{\Delta_{0,7\sigma}} = \frac{734}{0,01072} = 69\,310 \text{ (шт.)}.$$

Далее можем спрогнозировать долю рынка во временном интервале T от $0,7\sigma$ до 1σ (что соответствует диапазону X от $-2,3\sigma$ до -2σ):

$$\begin{aligned}\Delta_{0,3\sigma} &= \Delta_{2,3\sigma} - \Delta_{2\sigma} = 0,48778 - \\ &- 0,47725 = 0,01053,\end{aligned}$$

где $\Delta_{2,3\sigma}$ – табличное значение интеграла вероятности в диапазоне от 0 до $2,3\sigma$;

$\Delta_{2\sigma}$ – от 0 до 2σ .

В абсолютном значении рынок за этот период времени составит:

$$\Phi_{0,3\sigma} = \Phi_{\text{абс}} \times \Delta_{0,3\sigma} = 69\,310 \times 0,01053 = 730 \text{ шт.}$$

Переведя временной диапазон от X (в σ) в месяцы (T) можно получить соответствующий предварительный прогноз рынка (табл. 3).

В реальных условиях на насыщение рынка влияют и другие факторы. Одним из них является износ продукции в период эксплуатации. Например, при нормативном сроке $TН = 5$ лет товар должен обновляться примерно с таким же интервалом.

Поскольку выпуск изделий будет продолжаться несколько лет, обновление будет происходить тоже в течение нескольких лет, причем где-то раньше, а где-то, при бережном уходе, и позже нормативного срока. Поэтому характер процесса замены изношенной продукции будет более «размытым» по сравнению с темпами ее производства.

Можно принять долю такой продукции равной линейной норме амортизации, то есть 20% ежегодно от количества эксплуатируемой. Тогда ежегодная потребность в обновлении составит:

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{год}} &= \Phi_{\text{абс}} \times 20\% = \\ &= 69\,310 \times 0,2 = 13\,862 \text{ шт. в год.}\end{aligned}$$

Так будет до тех пор, пока продукция морально не устареет. Когда появятся новые более эффективные и совершенные ее виды, спрос начнет неуклонно снижаться, но это произойдет не сразу. Какая-то часть изделий будет находиться в эксплуатации, и целесообразность ее замены возникнет по мере выработки ресурса. Другая часть будет эксплуатироваться из-за того, что не каждый владелец имеет финансовые возможности для этого. Если продукция морально не устарела, потребность в ней сохранится на определенном, достаточном для компенсации износа (амортизации) уровне. То есть

некоторый спрос будет присутствовать какое-то время, пока окончательно не сойдет на нет.

Прогнозируя потребности в том или ином виде продукции по предложенной методике, можно запланировать выпуск на несколько лет вперед. При этом важно иметь в виду, что для повышения точности оценки этот прогноз необходимо периодически выверять и корректировать. Он позволяет не только определить потребности рынка, но и избежать больших потерь, которые могут быть вызваны переизбытком производства. Данная методика дает возможность сделать прогнозы развития для новых перспективных отраслей экономики, чтобы своевременно завоевать рынок и обеспечить конкурентные преимущества за счет опережающего освоения новой продукции и услуг (эффект «ранних пташек»). Это особенно важно для формирующейся национальной экономической системы, достаточно сильно зависимой от внешней торговли. ■

See: http://innosfera.by/2015/10/market_development

Литература

1. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. – М., 2002.
2. Kochatau M. Saturate theory for branch economy development forecast (Теория насыщения для прогноза развития отраслей экономики). Материалы X Международной научно-практической конференции «Управление в социальных и экономических системах». – Мн., 2003.
3. Кочетов Н.В. Модель экономического роста при появлении новых отраслей // Экономика и управление. 2005, №3. С. 25–28.
4. Тренин Н.Н. Управление финансами. – М., 1999.
5. Решение задач по ТОЭ, ОТЦ, высшей математике, физике, программированию, теоретической механике, сопротивлению материалов. Теория вероятности. Электронный ресурс: http://www.toehelp.ru/theory/ter_ver/pril/table_2.
6. Кочетов Н.В. Конкурентоспособность машиностроения на международных рынках / под науч. ред. В.Ф. Медведева. – Мн., 2013.

Система коммерциализации технологий Израиля

Резюме. Коммерциализация технологий – важнейший компонент инновационной системы любой страны. Израиль создал одну из самых эффективных моделей технологического трансфера. Это позволило ему стать одним из мировых лидеров на рынке высоких технологий. В статье рассматривается то, как была создана эта система и как она функционирует в настоящее время. Одним из важных выводов статьи является необходимость тесного взаимодействия государственных и частных структур в этом процессе.

Ключевые слова: инновации, коммерциализация технологий, трансфер, Ведомство главных ученых.



**Дмитрий
Марьясис,**

старший научный сотрудник Отдела изучения Израиля и еврейских общин Института востоковедения РАН, кандидат экономических наук

Со времени приобретения независимости в 1948 г. Израилю удалось пройти непростой путь от общества со слабым уровнем индустриализации до государства, являющегося членом клуба мировых лидеров – Организации экономического сотрудничества и развития. Свое место на глобальном рынке страна нашла в качестве центра новых технологий. Здесь открыли свои научно-исследовательские учреждения, а также активно покупают различные местные стартапы крупнейшие мировые хайтек-гиганты – Intel, IBM, Apple, Microsoft, Google, Tata, Deutsche Telecom и др. Всего в Израиле действует более 70 международных концернов и более 200 их научно-исследовательских центров.

Ядром израильской инновационной экономики стали малые инновационные компании. За 10 лет – с 2004 по 2013 г. – их было создано более 7 тыс., из которых по состоянию на конец

этого периода работали 4145. В пересчете на душу населения государство обладает наибольшим количеством стартапов – приблизительно 1 на 1970 человек. Сфера их деятельности охватывает весь спектр высоких технологий: программное обеспечение, электронику, био- и интернет-технологии, полупроводники, альтернативные источники энергии и др.

Важнейшее условие для возникновения такого рода компаний – эффективный процесс коммерциализации научных разработок. Рассмотрению того, как сформировалась успешно действующая система их трансфера и как она функционирует, посвящена данная статья.

Уже в первые годы существования государства израильские ученые и исследователи задумались о том, как выстроить инфраструктуру внедрения технологий в практику. Другими словами, оценили возможности

университетов и НИИ решать не только фундаментальные задачи, но и создавать прикладные разработки, причем не разово, а на постоянной основе. Соответственно, для максимально эффективного использования существовавшего потенциала понадобилось придумать такую систему, которая бы, с одной стороны, сохраняла исследователей внутри университета или НИИ, с другой – стимулировала их к подобной деятельности, а с третьей – приносила бы прибыль, что немаловажно в условиях недофинансирования науки со стороны государства и промышленности. Первым опытом формирования подобной структуры было создание уже в 1952 г. Хайфским политехническим институтом (Технионом) Фонда по НИОКР. Однако именно с открытием в 1959 г. Институтом им. Х. Вейцмана компании Yeda по коммерциализации технологий, разработанных сотрудниками института,

связывают появление той модели технологического трансфера, которая до сих пор остается базовой для современных университетов и НИИ Израиля. Ее успешность стала очевидной уже в скором времени, и в 1964 г. Еврейский университет в Иерусалиме создает подобную организацию для коммерциализации своих разработок – Yissum. В последующие годы такие же процессы происходили в других вузах и научно-исследовательских центрах страны.

Государство уделило серьезное внимание единой политике в сфере научно-технического комплекса (НТК) и систематизации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок во второй половине 1960-х гг. С этой целью в 1968 г. премьер-министром Израиля была сформирована специальная комиссия, которую возглавил известный ученый и будущий президент страны Эфраим Качальский (Кацир). Ею было выработано несколько рекомендаций, в числе которых предлагалось создать Ведомство главного ученого (ВГУ) в рамках министерства промышленности и торговли с целью координации государственных программ содействия НИОКР в частном секторе. До этого бюджетные средства направлялись только на развитие государственных институтов НТК. Эта рекомендация была выполнена – в 1969 г. ВГУ приступило к работе, в результате чего в последующие годы объем промышленных НИОКР значительно вырос. Так, в период с 1969 по 1987 г. расходы на них повышались в среднем на 14% в год, а экспорт продукции сектора высоких технологий увеличился с 422 млн долл. до 3,3 млрд (в ценах 1987 г.).

В середине 1980-х гг. началась кардинальная перестройка экономической системы Израиля, большую роль в которой сыграл вступивший в силу

1 января 1985 г. Закон поощрения промышленных НИОКР. В соответствии с его нормами усилилась роль частных компаний и конкурентный подход к коммерциализации научных разработок. ВГУ было закреплено в качестве базового государственного органа поддержки частной инициативы в области высоких технологий, основной задачей которого стало активизировать программы содействия развитию соответствующего бизнеса.

В начале 1990-х ВГУ подготовило ряд различных программ по созданию инструментов государственной поддержки коммерциализации технологий. С некоторыми изменениями они существуют и в настоящее время [1].

С определенной долей упрощения можно представить эту систему как двухчастную, состоящую из организации господдержки процесса трансфера разработок из науки в промышленность и технологического трансфера, функционирующего во всех университетах страны, а также в отраслевых организациях, занимающихся научными исследованиями.

Государственная поддержка НИОКР осуществляется благодаря Ведомству главного ученого и его подразделениям в 12 основных министерствах страны, в рамках деятельности которых предполагается научно-техническая составляющая, а именно: сельского хозяйства и развития деревни; коммуникаций и защиты тыла; обороны; образования; защиты окружающей среды; здравоохранения; иммиграции и абсорбции; экономики; национальных инфраструктур, энергетики и водных ресурсов; общественной безопасности; науки, технологии и космоса; транспорта и дорожной безопасности [2].

Основная задача главных ученых – формировать программы научно-технического

развития и способствовать их реализации в формате министерства. Другими словами, речь идет о том, чтобы связывать фундаментальные исследования с прикладными. Главный ученый работает в так называемой серой зоне стратегических исследований. Под ней подразумеваются изыскания в тех областях, которые пока не получили широкого распространения, но имеют большой потенциал. Задача главного ученого – выявить наиболее перспективные проекты, что требует большого профессионализма и в будущем может принести значительный доход. По словам профессора Д. Мендловича [3], каждый вложенный в израильскую «серую зону» доллар приносит приблизительно от 15 до 30 долл. дохода, что говорит о высокой эффективности работы главных ученых страны. Основным инструментом практической деятельности ВГУ является система грантов на НИОКР, которая находится полностью в зоне его ответственности.

Государственное финансирование НИОКР распределяется между министерствами неравномерно. По имеющимся у автора данным [4], наибольшие инвестиции получает министерство экономики Израиля. Представляется, что это является отражением политики государства, направленной на коммерциализацию технологий. Если главные ученые других министерств видят коммерческий потенциал того или иного проекта, они передают его в ведение главного ученого министерства экономики, которое и занимается его дальнейшей разработкой. Поэтому ВГУ данного ведомства наиболее известно из всех 12 и является центральным звеном государственной системы НИОКР. Собственно, даже аббревиатура ВГУ в абсолютном большинстве случаев употребляется именно применительно к нему.

Еще одним структурным элементом в научной сфере Израиля является Комиссия по планированию и бюджету Совета по высшему образованию [5]. В целом ее деятельность направлена на координацию финансовых вопросов между университетами и госорганами. Однако Комиссия участвует в деятельности форума ТЕЛЕМ, в который входит ряд министерств и ведомств, координирующих свои действия по развитию инновационной инфраструктуры в стране, а также в финансировании некоторых управляемых ВГУ проектов, реализуемых вузами. Таким образом, она имеет непосредственное отношение к формированию устойчивых связей между наукой и прикладными промышленными НИОКР, хотя как отдельная задача такой аспект в деятельности Комиссии не прописан. И это достаточно показательно, что структура, занимающаяся в принципе сугубо вопросами высшего образования, уделяет значительное внимание вопросам создания инновационной системы.

Исследовательские центры вузов, являясь на протяжении десятилетий интегральной частью НТК Израиля, рассматриваются многими специалистами как наиболее перспективные источники успешных продуктов сектора высоких технологий страны. А с точки зрения концепции тройной инновационной спирали [6], именно инновационная деятельность университетов при совмещении с коммерциализацией технологий дает новую парадигму роста экономики в целом. То есть в рамках этой концепции Израиль достаточно эффективно развивается по инновационной модели, поскольку «предпринимательское поведение» структур высшего образования далеко не везде является таковым.

Суть процесса коммерциализации ноу-хау в израильских вузах заключается в следующем:

создается компания (иногда несколько), куда автор предоставляет информацию о проектах. Специалисты проводят оценку научной состоятельности и коммерческого потенциала разработки, лицензируют ее, а затем создают бизнес-модель и схему продвижения будущего продукта. Под него открывается коммерческая структура с представителем деловых кругов, куда компания вкладывает свою интеллектуальную собственность, а бизнес-партнер – инвестиции (рис. 1). Новое предприятие выходит на рынок, и в случае успеха продукции компания платит роялти создателям.

Первоначальный капитал для технологического трансфера предоставляют как филантропические организации (например, специально созданные общества друзей соответствующих научно-исследовательских организаций или другие фонды, дающие гранты на подобную деятельность), так и промышленные и инвестиционные компании. Так как в основном речь идет о проектах на самой начальной стадии, то есть на уровне идеи и первичного ее воплощения, то финансовые затраты на такой трансфер в основном невелики.

Схема, безусловно, может несколько варьироваться, но ее следует считать универсальной для коммерциализации инноваций израильских вузов. Отличительной особенностью созданных в университетах компаний технологического трансфера является то, что они состоят как из ученых, так и специалистов из разных сфер бизнеса (финансы, маркетинг, юриспруденция, стратегическое планирование).

Такая система позволяет решить несколько важных проблем. С одной стороны, разработчикам не надо думать о том, как найти деньги и что вообще делать с изобретением, к тому же сама возможность получения значительного дохода от созданной технологии способствует интенсификации исследований. С другой – инвесторы экономят на временных и финансовых издержках, сопряженных с простым процессом отбора проектов для инвестирования. Таким образом, одновременно стимулируются и исследовательская работа, и предпринимательская активность игроков на рынке высоких технологий Израиля. Среди наиболее успешных проектов, прошедших через университетские компании трансфера технологий,

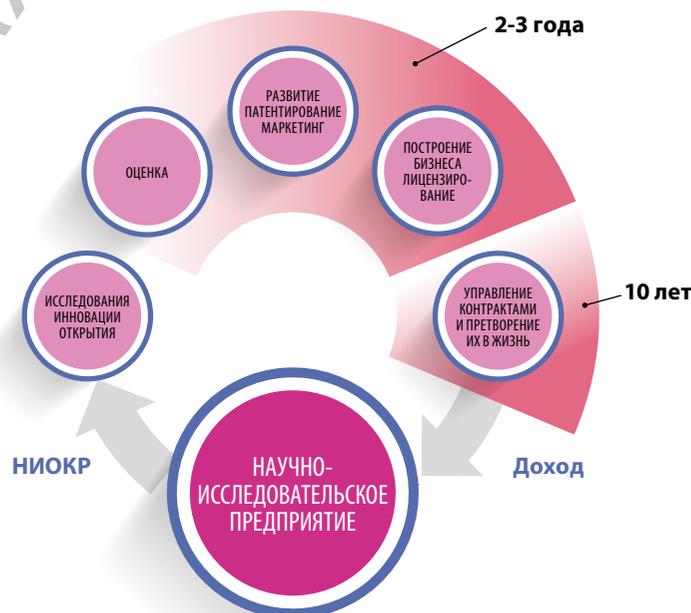


Рис. 1. Процесс трансфера технологий

можно назвать: помидоры черри, лекарство «Копаксон» (ставшее в итоге мировым бестселлером израильского фарм-гиганта «Teva»), флеш-память, ER-сканер штрихкодов и др.

При этом эксперты отрасли отмечают и определенные проблемы процесса трансфера технологий:

- коммерциализация не всегда вносит позитивные изменения в исследовательскую деятельность университетов из-за стремления к прикладным работам в ущерб фундаментальным;
- из-за патентной защиты ограничено распространение полученных результатов;
- ввиду необходимости получения дополнительной поддержки повышается зависимость науки от государства;
- возникает риск соблюдения свободы исследовательской деятельности;
- возможны конфликты интересов и обязательств как институционального, так и личного характера [7].

Все эти проблемы решаются и в самих университетах, и на государственном уровне, особенно в части обеспечения защиты прав интеллектуальной собственности. В любом случае наиболее правильным было бы ограничить давление последнего, а также рынка на деятельность компаний, занимающихся технологическим трансфером. Вряд ли это стоит делать законодательным путем. Скорей всего речь должна идти о наработке определенной практики взаимодействия этих структур с внешней средой, которая будет основана на ответственном подходе их представителей к самой сути процесса коммерциализации университетских разработок.

К настоящему моменту в Израиле существует 17 компаний трансфера технологий. С 2004 г. по инициативе Американо-из-

раильской комиссии по науке и технологиям большинство из них объединены в зонтичную структуру «Israel Technology Transfer Network», занимающуюся лоббированием их интересов в различных государственных структурах страны, а также способствующую продвижению их портфельных технологий за ее пределами [8]. Несколько особняком стоит центр трансфера технологий «Rotem», созданный еще в начале 1980-х гг. Его отличие от других подобных компаний в том, что он изначально независим и не привязан ни к вузам, ни к НИИ и самостоятельно ищет научные разработки для последующей их коммерциализации по всей стране [9].

Государство на системном уровне начинает изучать этот феномен, признавая его значительный вклад в развитие инновационной экономики Израиля. Свидетельством этому является решение Центрального статистического бюро организовать специальные статистические исследования, касающиеся трансфера технологий. Первое было проведено в 2010 г. и охватывало только университетские структуры за период 2008–2009 гг. Во второе уже были вовлечены все компании, действующие на этом поле (2010–2011 гг.). Третье прошло в 2014 г. и посвящено их же работе в 2012–2013 гг. [10]. В целом наблюдается позитивная динамика по количеству поданных этими компаниями заявок на получение патентов и защиту прав интеллектуальной собственности как в Израиле, так и за его пределами, наблюдается и рост их доходов. 2012 г., правда, выглядит лучше, чем 2013 г. [10]. Однако это скорее временная тенденция, связанная с общим замедлением темпов экономического роста страны, чем признак начала спада в развитии системы трансфера технологий Израиля.

Для полноценного анализа динамики этого института и прогнозирования будущих трендов пока не хватает статистического материала, поскольку подобные исследования стали проводиться совсем недавно. Представляется, что все же постепенно значение данной системы для страны будет только увеличиваться. ■

Статья поступила в редакцию 21.08.2015 г.

See: http://innosfera.by/2015/10/Israeli_technology

Summary

Technology commercialization system is a basic component of each and every innovation based economy. Israel has created one of the most efficient tech transfer system in the world. And now this country is considered to be among world scale high tech leaders. This paper provides an analyses of this system creation process, as well as gives an outlook of its present day functioning. Today all the research entities of Israel (universities, hospital centers and others) have special companies that provide tech transfer assistance services for these respective entities. One of the key outcomes of the conducted research is that close interaction between state and private structures within the tech transfer process is of paramount importance. And private companies play central role and state provides a necessary back up creating relevant financial, legal, expert, and infrastructural instruments.

Литература

1. Марьясис Д. А. Опыт построения экономики инноваций. Пример Израиля. — Москва, ИВ РАН, 2015 г.
2. Электронный ресурс: <http://www.science.co.il/ChiefSci.asp>.
3. Мендлович Д. Доклад на Форуме главных ученых Израиля в РФ. — Москва, 14.09.2010.
4. Марьясис Д. А. Институт «главных ученых» и опыт Израиля в трансфере технологий. ИВВ. Электронный ресурс: www.iimes.ru.
5. Электронный ресурс: <http://che.org.il>.
6. Etzkowitz H. The Triple Helix. University—Industry—Government Innovation in Action. Routledge, New York, 2008.
7. Messer-Yaron H., Niv Y. Responsible Technology Transfer by Starving Universities//Privatization of Higher Education. Proceedings of International Conference. S. Neaman Institute.— Haifa, 2008. P. 231–232.
8. Электронный ресурс: <http://www.ittn.org.il/index.php>.
9. Электронный ресурс: <http://www.rotemi.co.il>.
10. Seker Chevrot Mitschor Yeda Be Israel 2012–2013. Hodaa Le Tikshoret ЦСБ Израиля, 30.07.2014.

50 лет В НОГУ СО ВРЕМЕНЕМ

Полвека назад постановлением Совета Министров БССР №115 от 19.03.1965 г. на базе Отдела генетики и цитологии был основан Институт генетики и цитологии АН БССР. Его создание было продиктовано необходимостью возродить в нашей стране генетику как науку после сложного периода запрета и преследования генетических исследований с середины 1930-х до начала 1960-х гг. С первых дней работы учреждения в его стенах решались фундаментальные и прикладные проблемы генетики, имеющие большое значение для народного хозяйства страны. Получили развитие такие направления классической генетики, как гетерозис, полиплоидия, мутагенез, нехромосомная наследственность, генетика рака и др. Они позволили приобрести новые научные знания в перечисленных областях, в тесном содружестве с другими организациями республики создать высокоурожайные сорта сельскохозяйственных растений (кукурузы, ярового тритикале и пшеницы, озимой ржи, сахарной свеклы и др.), районированных в Беларуси и за ее пределами, завоевать известность и авторитет, подготовить новые кадры и сформировать генетические школы. У истоков образования института стояли талантливые ученые: его организатор и первый директор академик НАН Беларуси и РАСХН Н.В. Турбин, научные сотрудники академик НАН Беларуси Л.В. Хотылева (впоследствии руководившая институтом), академик АН БССР П.Ф. Рокицкий, доктор биологических наук А.Н. Палилова, член-корреспондент НАН Беларуси В.Е. Бормотов, доктора биологических наук В.Г. Володин и О.О. Кедров-Зихман, и др.



Дальнейшее развитие института шло в ногу с мировыми открытиями в области молекулярной генетики и их внедрением в исследовательский процесс. Ученые перешли на молекулярно-генетические методы работы, позволяющие получить новые знания в классических областях генетики и ее нового направления – геномики, изучающей структуру и функции генов. Директором ИГЦ в эту пору был академик НАН Беларуси Н.А. Картель. С наступлением эры геномных биотехнологий институт под руководством члена-корреспондента А.В. Кильчевского активно включился в подготовку фундаментальных основ и разработку геномных биотехнологий для сельского хозяйства, здравоохранения, спорта и охраны окружающей среды. В настоящее время учреждение является ведущим в стране научно-исследовательским центром изучения генетических проблем. В его структуру входят 10 научно-исследовательских лабораторий и генетико-селекционный комплекс с полями и теплицами. Инновационные структуры представлены Республиканским центром по генетическому маркированию и паспортизации растений, животных, микроорганизмов и человека, Республиканским банком ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов, а также Центром коллективного пользования «Геном» и Опытным полем для испытания трансгенных растений. На институт возложены функции Национального координационного центра биобезопасности и Национального координационного центра по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод. Накопленный за полувековую историю опыт позволяет коллективу уверенно смотреть в будущее. ■

В эру геномных биотехнологий

Быстрые темпы развития генетики, ее роль в биологии и в современном мире трудно переоценить. И это не просто «модная» наука: она определяет появление многих научных направлений, открывает возможности создания принципиально новых передовых технологий для различных отраслей экономики. О том, каких успехов удалось добиться коллективу на этом поприще, рассказывает директор института кандидат биологических наук Валентина ЛЕМЕШ.

– Валентина Александровна, какие новые направления получили развитие в институте?

– В первую очередь это геномика и геномные биотехнологии. С учетом их стратегической важности проводятся исследования в области структурно-функциональной организации геномов, генетической и клеточной инженерии, разрабатываются генетические основы селекции растений, животных и микроорганизмов, создаются эффективные геномные биотехнологии для сельского хозяйства, здравоохранения, спорта, охраны окружающей среды. Важная роль отводится изучению проблем биобезопасности, включая генетическую безопасность.

Гармоничное сочетание в работе классических и современных молекулярно-генетических методов исследования дало огромный толчок для дальнейшего становления сформированных в институте научных школ. Это школа по гетерозису и количественным признакам под научным руководством академика Л.В. Хотылевой, экспериментальной полиплоидии и цитогенетики растений члена-корреспондента В.Е. Бормотова, молекулярной генетики академика Н.А. Картеля, нехромосомной наследственности доктора биологических наук А.Н. Палиловой. Под руководством члена-корреспондента А.В. Кильчевского создана новая научная школа экологической генетики и биотехнологии.



– Пополняются ли они новой сменой, прослеживается ли преемственность поколений?

– Буквально каждый год численный состав ИГЦ обновляется молодыми кадрами. Этому предшествует длительная и кропотливая работа, которая начинается со средней школы. Для учеников старших классов и молодежи со всей республики мы проводим ознакомительные и тематические лекции и экскурсии по институту. Научный сотрудник института кандидат биологических наук В.С. Панкратов является тренером команды Республики Беларусь, участвующей в международных олимпиадах школьников по биологии. В этом году наши ребята привезли с такого мероприятия в датском городе Орхус одну серебряную и две бронзовые медали. Тесные связи установлены с высшей школой. На базе института активно функционируют 4 кафедры, совместные с Белорусским государственным университетом, Белорусской государственной сельскохозяйственной академией и Международным государственным экологиче-

– Пополняются ли они новой сменой, прослеживается ли преемственность поколений?

ским институтом им. А.Д. Сахарова. Количество курсовых, дипломных и магистерских работ, ежегодно выполняемых в стенах ИГЦ, достигает 30 единиц и более. Девять наших сотрудников преподают специальные курсы и ведут практические занятия в вузах и магистратуре. Основная кузница кадров – конечно же, аспирантура. За последние 5 лет количество обучающихся в ней увеличилось вдвое, за этот же период 14 аспирантов и молодых ученых института были удостоены стипендии Президента Республики Беларусь, а наша база данных талантливых молодых ученых выросла с 16 до 30 человек. Мы готовим специалистов высшей квалификации по трем специальностям: «генетика», «молекулярная генетика» и «биотехнология», и сегодня у нас учатся 19 аспирантов и 1 докторант.

– Что бы вы назвали визитной карточкой института? Какие наиболее передовые технологии принесли ему славу и успех?

– Наш главный бренд – генетическая паспортизация. Для этих целей проводим фундаментальные и прикладные исследования по генам, ответственным за индивидуальные особенности человека – предрасположенность к различным заболеваниям, чувствительность к лекарственным средствам и др., а также по генам, определяющим хозяйственно ценные признаки растений и животных. Создаем технологии ДНК-диагностики предрасположенности к заболеваниям человека, ДНК-маркирования для идентификации и паспортизации сельскохозяйственных растений и генетической экспертизы происхождения племенных животных. Свои разработки внедряем в Республиканском центре геномных биотехнологий, открытом на базе института, а также в организациях Министерства здравоохранения, Министерства спорта и туризма, Министерства сельского хозяйства и продовольствия и др. Создаем уникальные генетические паспорта человека, молекулярно-генетические сертификаты животных и растений. Объем оказываемых услуг увеличивается с каждым годом и составил за 9 месяцев нынешнего года 4,7 млрд руб.

Второй визитной карточкой института можно назвать Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов, заложенный 2 года назад и являющийся новой структурой в нашей республике и странах СНГ. Для него мы не создаем геномных технологий, однако передаем туда уникальные образцы ДНК, полученные в ходе выполнения НИР, для длительного хранения в специализированных условиях и дальнейшего многократного использования в научных целях, в том числе для разработки новых геномных технологий. В банке уже собрано более 8 тыс. образцов, систематизированы коллекции ДНК и биологического материала коренных белорусов, спортсменов национальных команд, людей с мультифакторными заболеваниями, включая социально значимые детские болезни, а также образцы ДНК и биологического материала от сельскохозяйственных, редких и исчезающих растений и животных, эталонных микроорганизмов для молочной промышленности, представляющих ценнейшие генетические ресурсы Республики Беларусь.

– В разных отраслях экономики, медицине, сельском хозяйстве и в других сферах видны результаты генной инженерии. Какого уровня они достигли в нашей стране и в каких сферах нашли применение?

– Исследованиями в этой области занимаются несколько ведущих организаций: Белорусский государственный университет, Институт биофизики и клеточной инженерии, НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Центральный ботанический сад и, конечно же, наш институт. Проводятся фундаментальные изыскания проблем трансгенеза, а также разработки по созданию растений с хозяйственно ценными признаками, такими как устойчивость к насекомым-вредителям, вирусам, грибным и бактериальным болезням и т.д. Основные объекты – картофель, рапс, лен-долгунец, клевер луговой, клюква, табак. Получены и далее изучаются первичные трансгенные растения – картофель, устойчивый к колорадскому жуку и фитофторозу, и модельные трансгенные растения льна-долгунца.

Генно-инженерные исследования ведутся в республике и в других областях – животноводстве и микробиологии. В НПЦ НАН Беларуси по животноводству совместно с российскими коллегами создали трансгенных коз с геном лактоферрина человека. Разрабатываются технологии получения лекарственных субстанций, содержащих белок лактоферрин, выделенный из молока трансгенных животных и обладающий ценными фармакологическими свойствами. В Институте микробиологии НАН Беларуси, а также в Белорусском государственном университете разработаны подходы получения генетически модифицированных штаммов микроорганизмов, продуцирующих биологически активные соединения. О применении имеющихся организмов с заданными свойствами или продуктов из них пока говорить рано.

– В состав института входит Республиканский центр геномных биотехнологий. Каковы его функции и достижения?

– Центр начал активно создаваться на базе института в 2010 г. и введен в эксплуатацию в декабре 2011 г. Можно сказать, что его пятилетие совпадает с полувековым юбилеем института. Несмотря на молодость, функции этой инновационной структуры достаточно широки. Это детекция генетически модифицированных ингредиентов в продовольственном сырье, пищевых продуктах и кормах; генетическое маркирование сельскохозяйственных растений и животных, включая генетическую экспертизу происхождения племенных особей, ДНК-типирование крупного рогатого скота и свиней для определения хозяйственно ценных признаков продуктивности и качества, ДНК-диагностику наследственных заболеваний животных. Наибольшее количество услуг центр оказывает в области геномики человека, здесь можно определить генетическую предрасположенность к заболеваниям, индивидуальную чувствительность к лекарственным препаратам, а также провести ДНК-тестирование для целенаправленного отбора перспективных спортсменов. Центр оказывает реальную практическую помощь людям, имеющим проблемы со здо-



Республиканский банк ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов



Юбилей почетного директора института академика Л.В. Хотылевой



Климатические камеры для круглогодичного выращивания экспериментальных растений



Выращивание льна-долгунца в лабораторных условиях для выделения ДНК

ровьем или стремящимся урегулировать отношения между своими желаниями и генетически предопределенными возможностями, а также здравоохранению, спорту, сельскому хозяйству. Мы постоянно работаем над расширением спектра услуг. За последнее время внедрены технологии ДНК-идентификации и паспортизации сортов яблони и груши. Начинаем работы по аккредитации на проведение генетической экспертизы установления видовой принадлежности осетровых рыб и продукции из них, определения носительства окраса и генетически обусловленных заболеваний у животных-компаньонов – кошек и собак. Немаловажно, что центр вышел на проектную мощность и приносит реальную прибыль, несмотря на свой «юный» возраст. Его успешная деятельность, с нашей точки зрения, является наглядным примером эффективного выстраивания цепочки «фундаментальная наука – прикладная наука – инновационная деятельность». Так, полученные в институте фундаментальные знания используются для разработки геномных технологий, которые далее внедряются в центре. Большая заслуга в перестраивании работы ИГЦ в инновационном направлении, в укреплении его материально-технической базы принадлежит члену-корреспонденту А.В. Кильчевскому, который с 2004 по 2014 г. был директором института.

– Генетика – в преобладающей степени фундаментальная наука. Но, как известно, далеко не все теоретические разработки могут найти быстрое и прямое применение в производстве. Что является основной движущей силой, позволяющей институту выходить на рынок?

– Конечно же, начинаем с изучения потребностей рынка и актуальности планируемых работ. Тесно сотрудничаем с другими организациями в научной и прикладной сферах. Среди наших постоянных партнеров – НПЦ НАН Беларуси по земледелию, по картофелеводству и плодовоовощеводству, Институт льна, БГСХА, БГУ, БГМУ и БелМАПО, РНПЦ «Мать и дитя», РНПЦ «Кардиология», РНПЦ онкологии и радиологии, Минспорта, Минприроды, рыбоводческие хозяйства и т.д. Кроме того, регулярно проводим тематические научно-практические семинары, на которые приглашаем специалистов различных областей знаний и производства. Начали практиковать выездные научные семинары для распространения информации о нашей деятельности и налаживания контактов с другими организациями прямо на местах. Устраиваем экскурсии по институту и его инновационным структурам. Постоянно участвуем в республиканских и международных выставках и ярмарках. Осуществляем другие рекламные мероприятия, в том числе выступления в средствах массовой информации. Однако основной секрет успеха – востребованность и качество предоставляемых услуг, соответствующее международным стандартам. И все это благодаря работе высококвалифицированных специалистов института. Наша прибыль на протяжении последних двух лет составляет довольно внушительные величины: 1,8 и 2,8 млрд руб. в год. Производительность труда за этот период увеличилась на 25%. И у нас есть хороший потенциал для дальнейшего роста.

– **Такая эффективная экономика должна поддерживаться соответствующим стимулированием.**

– В нашей копилке много наград, среди которых три Государственные премии. Их получили циклы работ сотрудников института: академика П.Ф. Рокицкого по статистической генетике и применению математико-статистических методов в биологических исследованиях; коллектива авторов во главе с академиками Н.В. Турбиным и Л.В. Хотылевой по генетике гетерозиса в селекции растений; а также докторов биологических наук А.Н. Палиловой, Е.А. Волуевич и П.А. Орлова по разработке фундаментальных и прикладных проблем взаимодействия ядерной и цитоплазматических генетических систем у растений. Премий НАН Беларуси удостоены 6 работ, из них циклы по созданию и цитогенетическому изучению 28-хромосомных пшенично-ржаных гибридов (член-корреспондент В.Е. Бормотов, кандидаты биологических наук А.М. Щербаков, Н.И. Дубовец), по разработке принципов и методов экологической селекции (член-корреспондент А.В. Кильчевский и академик Л.В. Хотылева), энциклопедический словарь «Генетика» академика Н.А. Картеля, кандидатов биологических наук Е.Н. Макеевой, А.М. Мезенко, монография «Миры геномов органелл» кандидата биологических наук Н.Г. Даниленко и члена-корреспондента О.Г. Давыденко и цикл работ доктора биологических наук С.Е. Дромашко «Биоинформатика для генетики, селекции и образования».

За серию работ «Реорганизация ядерного и цитоплазматического геномов при создании новых форм злаков методами биотехнологии» группе российских и белорусских генетиков – сотрудников Института генетики и цитологии академика Л.В. Хотылевой, докторов биологических наук Л.Н. Каминской, О.Г. Давыденко, Н.И. Дубовец в 2007 г. присуждена Премия имени академика В.А. Коптюга. Заслуги коллектива отмечены Почетной грамотой Министерства спорта и туризма за значительный вклад в развитие спортивной генетики в Республике Беларусь, разработку современных методик спортивного отбора. Кроме того, институт является обладателем более 30 дипломов по результатам участия в республиканских и международных выставках.

– **Подтверждение высокого уровня научных работ – интерес к ним коллег по цеху, проявляющийся в том числе и через международное сотрудничество. Развивается ли оно в стенах института?**

– Наши ученые часто выезжают на научные мероприятия с докладами, а также для повышения квалификации и выполнения совместных исследований, причем многих из них приглашают в зарубежные поездки за счет принимающей стороны. Ежегодно в институте выполняется 20–25 международных договоров о научно-техническом сотрудничестве с организациями из ближнего и дальнего зарубежья. Среди них крупные контракты с Венесуэлой. Проводим стажировки по освоению молекулярно-генетических методов для научных сотрудников из Латвии, Казахстана, Туркменистана, Кыргызстана, Таджикистана. Мы оказывали консультационные услуги коммерческим организациям

и услуги по ДНК-типированию для резидентов России, Украины, Казахстана, Латвии, Ливии, Ирака. Публикуемся в научных изданиях с высоким импакт-фактором. Семь наших работ вошли в каталог топ-100 фундаментальных и прикладных разработок Национальной академии наук Беларуси за 2010–2014 гг.

Наши международные связи расширились после создания в структуре института Национального координационного центра биобезопасности, в задачи которого входит обеспечение эффективного участия Республики Беларусь в решении глобальной проблемы сохранения биологического разнообразия и координация деятельности, связанной с использованием достижений современной биотехнологии. Центр поддерживает контакты с секретариатом Конвенции о биологическом разнообразии, Координационными центрами биобезопасности стран – сторон протокола по биобезопасности, Программой ООН по окружающей среде, Программой развития ООН. Сотрудница института кандидат биологических наук Е.Н. Макеева назначена национальным контактным лицом в механизме посредничества по биобезопасности в рамках Картахенского протокола, а также экспертом при Секретариате Конвенции о биологическом разнообразии. Кандидат биологических наук Г.В. Мозгова является членом Международной технической экспертной группы по оценке рисков генетически модифицированных организмов и управлению рисками. В 2014 г. в структуре института создан Национальный координационный центр по вопросам доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод. Формат его деятельности – сбор, анализ, систематизация и предоставление информации о генетических ресурсах, определение условий доступа к ним и организация экспертизы проектов и договоров по данной тематике.

– **Институтом накоплен огромный опыт работы, сформирован высокопрофессиональный коллектив, научные продукты востребованы и конкурентоспособны. Так что по плечу самые смелые планы и начинания. О каких из них можете рассказать?**

– В дальнейшем постараемся активизировать фундаментальные исследования, сосредоточиться на актуальных направлениях генетики, геномики и биотехнологии, придать им системный и комплексный характер. Продолжим укрепление материально-технической базы Республиканского банка ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов, повысим эффективность его деятельности. Будем расширять спектр услуг в Республиканском центре геномных биотехнологий, вводя новые области аккредитации. Планируем создание на базе института Международного исследовательского центра безопасности гено-инженерной деятельности, что будет способствовать расширению научно-исследовательских работ в этой области на региональном и глобальном уровнях. ■

Генотипирование для медицины будущего

У нашей лаборатории интересная предыстория: 50 лет назад, в 1965 г., выдающийся белорусский генетик академик П.Ф. Рокицкий создал лабораторию теоретической генетики, и мне, как его бывшей аспирантке, посчастливилось быть его заместителем. Петр Фомич возглавлял свое детище до конца своей жизни, до 1977 г. С 1978 по 1990 г. лабораторией руководил член-корреспондент В.К. Савченко, а с 1990 г. на эту должность была назначена я. Поскольку в те годы в связи с чернобыльской аварией большое внимание уделялось генетическим эффектам облучения, то в 1995 г. нашу структуру переименовали в лабораторию радиационной генетики. Шло время, менялись приоритеты, появились новые направления исследований, в том числе и молекулярная генетика человека и животных. Поэтому в 2005 г. лаборатории придали статус лаборатории генетики животных (имея в виду, что человек тоже относится к царству животных). Но член-корреспондент А.В. Кильчевский, будучи директором института и обладая отличной научной интуицией, понимал перспективность и необходимость исследований именно в области генетики человека, и 1 апреля 2008 г. был издан приказ о реформировании



Ирма Мосса,
заведующая лабораторией генетики человека Института генетики и цитологии НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор

лаборатории и создании отдельной профильной лаборатории генетики человека.

Основными направлениями ее исследований стали медицинская генетика и генетика спорта. В это же время в институте начал создаваться Республиканский центр геномных биотехнологий с целью оказания услуг населению по ДНК-паспортизации, и мы с особым энтузиазмом включились в эту работу. Уже в 2009 г. наша лаборатория была аккредитована в Национальной системе аккредитации, в 2011 г. получила лицензию Министерства здравоохранения Республики Беларусь на право осуществления медицинской деятельности, а в 2014 г. – Сертификат Референсного института биоаналитики, г. Бонн, Германия. С этого года количество оказываемых услуг населению резко возросло (рис.). К нам обращаются за «генетическими паспортами» не только граждане Беларуси, но и жители России, Украины, Латвии, Германии, США.

Особое внимание в лаборатории уделяется исследованиям генетической предрасположенности к многофакторным заболеваниям, поскольку именно генотипирование является необходимым этапом медицины будущего, так называемой 4П медицины – персонализирован-

ной, предиктивной (предсказательной), превентивной (профилактической) и партисипативной (партнерской). Персонализированная медицина становится потому, что многие лекарства уже назначаются индивидуально, поскольку одни и те же средства могут быть эффективными или неэффективными, или даже опасными, в зависимости от генотипа человека. Например, при терапии сердечно-сосудистой патологии антикоагулянтном варфаринном существует риск развития геморрагических осложнений, что может привести к кровотечениям различной степени вплоть до фатальных. Такая же ситуация с антитромбоцитарным препаратом «Клопидогрел». Например, наличие в генотипе пациента особого полиморфизма (который получил название «аллель летальности») может привести к неблагоприятному исходу. Поэтому мы проводим генетическое тестирование и определяем носительство вариантов генов, обуславливающих как резистентность, так и гиперчувствительность пациента к данным препаратам, что позволяет врачам назначать подходящую дозировку лекарства либо заменять его на безопасный аналог.

Генотипирование дает возможность медицине быть предсказательной и профилак-

тической, поскольку определение генетической предрасположенности к многофакторным заболеваниям позволяет выявить уровень опасности возникновения той или иной патологии (предиктивность), а также на основании этих данных формировать группы риска и осуществлять профилактику заболевания (превентивные мероприятия). Зная о вероятности той или иной болезни, человек может скорректировать свой образ жизни так, чтобы избежать влияния средовых факторов риска и тем самым предотвратить недуг. В этом и заключается смысл партнерской медицины.

Например, в нашей лаборатории совместно с РНПЦ «Кардиология» исследованы генетические механизмы предрасположенности к острому инфаркту миокарда, получен патент на способ определения генетического риска инфаркта миокарда, разработаны и утверждены Минздравом Республики Беларусь методические рекомендации по ДНК-диагностике генетической предрасположенности к тромбофилиям различного происхождения. Рекомендации внедрены в РНПЦ «Кардиология» и ряд кардиологических клиник страны. В такой диагностике нуждается не менее 1 млн человек. Своевременное выявление высокого риска заболевания позволяет проводить профилактические мероприятия, что снижает число опасных патологий.

Острейшую медико-социальную проблему современности составляют также кардиометаболические нарушения (КМН), которые эксперты ВОЗ считают новой пандемией XXI века. Распространенность метаболического синдрома в два раза превышает частоту случаев сахарного диабета, и в ближайшие 25 лет ожидается увеличение темпов его роста на 50%. Нами определены полиморфизмы и мутации, которые вносят существенный

вклад в генетическую предрасположенность к КМН, выявлены варианты генов, увеличивающие в 1,5–2 раза риск развития кардиометаболических нарушений, в том числе диабета 2-го типа.

Не менее важной является профилактика остеопороза – системного заболевания скелета, характеризующегося повышенным риском переломов. По данным ВОЗ, у 15–20% людей старше 50 лет наблюдаются остеопоротические изменения, причем у 30% из них это может привести к опасным инвалидирующим травмам. Разработанная нами технология определения генетической предрасположенности к этой патологии использована для выявления групп риска среди населения Беларуси и Литвы, внедрена в Минском городском центре профилактики остеопороза и в Литовском Национальном центре остеопороза. Методические рекомендации «Риск остеопоротических переломов и его ранняя оценка с помощью полиморфизмов генов *VDR*, *COL1A1* и *LCT*» утверждены и опубликованы в Литовской Республике. Работа вошла в топ-10 результатов ученых НАН Беларуси в области фундаментальных и прикладных исследований за 2014 г.

Разработанные в лаборатории методы генетического тестирования успешно использу-

ются в Республиканском центре геномных биотехнологий для оказания услуг населению. Чаще всего людей интересуют риски развития упомянутых заболеваний или спортивные способности детей.

Особенно востребована ДНК-диагностика нарушений беременности. По данным Минздрава, 10–25% беременностей оканчивается неудачно. Исследования последних лет показали, что одна из главных причин – наследственная тромбофилия. В лаборатории разработана панель полиморфизмов генов для определения генетической предрасположенности к невынашиванию беременности. В случае выявленного носительства неблагоприятных вариантов генов врачи проводят терапевтическую коррекцию их эффектов, что обеспечивает нормальное протекание процесса. Нами протестировано более 3 тыс. женщин с невынашиванием плода, и клиентки, обследованные год назад и ранее, успешно родили детей. Мы получаем много благодарностей – и устных, и письменных.

Заслуживает внимания и разработанная нами система генетического тестирования в спорте, в состав которой включены как гены, ассоциированные с развитием различных



Рис. Динамика количества оказанных услуг и их стоимости по годам

физических качеств, так и те, которые ответственны за возможные опасные для жизни и здоровья последствия физических и эмоциональных стрессов. Сравнение генотипов 450 представителей 25 олимпийских и национальных команд позволило выявить генные варианты, вносящие существенный вклад в предрасположенность к достижению высоких спортивных результатов, и разработать Программы отбора начинающих спортсменов по 4 направлениям: скоростно-силовому, игровому, сложно-координационному и требующему выносливости. В процессе исследований оказалось, что редкие полиморфные варианты, способствующие высоким спортивным достижениям, более характерны для заслуженных мастеров спорта и мастеров спорта международного класса, и чем выше квалификация спортсменов, тем чаще встречаются в их генотипах

благоприятные для спорта аллели. Полученные данные свидетельствуют о том, что для успеха в спорте необходимо обладать соответствующим генетическим потенциалом, в отсутствие которого все усилия могут оказаться недостаточно эффективными. Эти результаты внедрены в ряд организаций Министерства спорта и туризма.

В лаборатории успешно развиваются не только прикладные, но и фундаментальные направления исследований. Так, вместе с коллегами из Ирландии и Канады проведено изучение бесконтактной межклеточной передачи информации – «байстендер»-эффекта. Уникальные работы по выяснению механизмов этого феномена были опубликованы в престижных зарубежных журналах с высоким IF – «Mutation Research», «Experimental Nematology» и др. Получен патент на способ индукции «байстендер»-эффекта в клетках человека.

Впервые в мире показана возможность уменьшения этого эффекта с помощью меланина и мелатонина. А статья «Genetic effects of ionizing radiation – some questions with no answers», опубликованная в Journal of Environmental Radioactivity, вошла в топ-20 по версии BioMedLib за 2012 г.

Наши исследования в области генетики спорта внесли важный вклад в решение фундаментального вопроса о том, как экспрессируются полиморфные варианты генов в гетерозиготном состоянии, например, при сочетании благоприятного и неблагоприятного полиморфных аллелей. Работает ли один из них, и если да, то какой? Или экспрессируются оба, обуславливая средний уровень синтеза соответствующего фермента? Ответов на эти вопросы в мировой литературе практически нет. Определить функциональную роль полиморфных гетерозигот можно с помощью оценки уровней их экспрессии. Полученные нами данные позволили корректно оценить вклад ряда гетерозиготных аллельных вариантов в спортивный потенциал их носителей.

У лаборатории генетики человека большие перспективы. Впереди у нас совместные научные проекты с российскими коллегами в рамках Союзной программы «ДНК-идентификация». Кроме того, назрела необходимость заняться исследованием генов, детерминирующих психоэмоциональный статус человека. В частности, нас интересуют генетические механизмы стрессоустойчивости – ведь это качество необходимо и спортсменам, и большому количеству специалистов, особенно экстремальных профессий. В штате лаборатории преимущественно молодые ученые – талантливые и увлеченные, и, конечно, они сумеют успешно развивать генетику человека не только в Беларуси, но и на мировом уровне. ☐

В процессе работы с образцами ДНК человека



От семени до племени



Ольга Саянова,
главный специалист
по разведению
и селекции крупного
рогатого скота
РУСП «Минское
племпредприятие»,
кандидат сельскохо-
зяйственных наук

Минское племпредприятие и Институт генетики и цитологии НАН Беларуси плодотворно сотрудничают в области генетики животных. Перед наукой и производством нашей страны поставлены задачи, направленные на вывод племенного животноводства страны к 2020 г. на передовые позиции среди стран СНГ и достижение показателей мирового уровня по всем видам и породам сельскохозяйственных животных.

В соответствии с международными нормами по сертификации племенной продукции обязательной является генетическая экспертиза происхождения племенных животных. Она проводится согласно Закону Республики Беларусь «О племенном деле в животноводстве» от 20.05.2013 г. №24-З, Республиканской программе по племенному делу в животноводстве на 2011–2015 гг., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2010 г. №1917.

С 2008 г. в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси под руководством заведующей лабораторией генетики животных кандидата биологических наук, доцента М.Е. Михайловой осуществляется анализ микросателлитных локусов для проведения генетической экспертизы крупного рогатого скота с целью подтверждения происхождения племенных животных. На постоянной основе она выполняется для РУСП «Минское племпредприятие», «Племенной завод «Красная звезда», «Совхоз Слуцк», СПК «Агрокомбинат Снов», ОАО «1-я Минская птицефабрика» и др. Тесное сотрудничество института и сельскохозяйственных организаций стало возможным благодаря тому, что лаборатория генетики животных имеет Аттестат аккредитации для проведения работ в данной области в составе Республиканского центра геномных биотехнологий.

Еще одно направление нашего сотрудничества касается решения проблемы генетической безопасности, связанной с подконтрольностью используемого генетического материала для ограничения ввоза и распространения различных генетических мутаций. В этих целях лаборатория генетики животных выполняет исследования по выявлению генов устойчивости к генетически детерминиро-

ванным заболеваниям крупного рогатого скота, таким как наследственный иммунодефицит или дефицит адгезии лейкоцитов, комплексный порок позвоночника, ранняя абортруемость эмбрионов. Начаты работы по выявлению мутаций, приводящих к дефициту фактора свертываемости крови XI, цитруллинемии, брахиспинне, а также по обнаружению гаплотипов голштинского скота, связанных с пониженной способностью к воспроизводству. Животные, являющиеся носителями наследственных мутаций, из-за вероятности быстрого распространения последних и во избежание связанных с этим экономических потерь согласно Зоотехническим правилам о порядке использования племенной продукции (материала), утвержденным постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия от 30.08.2013 г. №42, должны быть исключены из селекционного процесса.

Совместно с лабораторией генетики животных планируем разработать ДНК-технологию анализа генома крупного рогатого скота молочного направления, разводимого в Республике Беларусь, для совершенствования его продуктивных и племенных качеств. Этот проект подан в Государственную программу «Инновационные биотехнологии – 2» на 2016–2018 гг. и на период до 2020 г. Его выполнение будет способствовать реализации Протокола совещания рабочей группы по организации геномной селекции молочного скотоводства, созданной по приказу Министерства сельского хозяйства и продовольствия №74 от 03.03.2015 г., а также мероприятий по внедрению в практику метода оценки племенных животных на основе генетической экспертизы.

Считаю целесообразным и в дальнейшем продолжать научное сотрудничество с лабораторией генетики животных в этом направлении, осуществлять ДНК-диагностику на носительство мутаций, обуславливающих развитие наследственных заболеваний, а также проводить генотипирование быков-производителей, ремонтных бычков и быко-производящих коров по генам, детерминирующим хозяйственно полезные признаки. ■

Органоминеральные удобрения на основе отходов биогазовых установок

Проблема отходов — острейшая экологическая тема современности. В отношении утилизации отходов свиноводства она возникла в 60–70 гг. XX в. в связи с массовым переводом данных отраслей на промышленную основу за рубежом и в Республике Беларусь. При этом наиболее остро она встала на предприятиях, насчитывающих более 100 тыс. голов. Столь высокая концентрация поголовья животных на крупных фермах привела к накоплению больших запасов жидкого навоза, транспортировка которого на дальние расстояния, как правило, экономически не оправдана, требует значительного количества техники, затрат труда и денежных средств. В такой ситуации изыскание возможностей использования отходов как сырьевого ресурса и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду является важным условием сохранения экосистем в устойчивом состоянии.

Значительное внимание во всем мире, а в последние годы и в Беларуси уделяется внедрению биогазовых установок. Одним из первых в нашей стране введен в эксплуатацию в 2008 г. биогазовый энергетический комплекс мощностью 0,52 МВт в РУСП «Селекционно-гибридный центр «Западный» Брестского района. Здесь происходит анаэробная переработка 4 видов сырья: жидкого свиного навоза, сепарированного навоза

с примесью отходов бойни, рыбных и зерноотходов. Выход жидких отходов биогазовой установки значителен (32,85 тыс. т в год), а их перевозка на дальние расстояния затратна [7].

Сброженные отходы биогазовой установки являются полидисперсной системой. Твердые частицы находятся в виде суспензии или в коллоидном состоянии, а растворимые минеральные соли и высокомолекулярные органические соедине-



Виктор Сатишур,

заведующий лабораторией биохимии Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

ния — в молекулярно-дисперсном виде. Отходы в полужидком состоянии обладают слабо выраженными свойствами текучести. При зимнем или летнем поверхностном внесении без заделки в почву из них теряется более 50% общего азота.

В рамках выполнения в 2011–2013 гг. задания Государственной научно-технической программы «Природные ресурсы и окружающая среда» исследователями Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси разработана технология производства на основе отходов биогазовых установок крупных животноводческих комплексов гранулированных органоминеральных удобрений (биоудобрений) [9]. Она предусматривает разделение отходов биогазовой установки на твердую и жидкую фракции. Первую рекомендуется использовать для изготовления биоудобрений, а вторую — направлять в систему биологической очистки. В результате компостирования твердой фракции отходов биогазовой установки с инертными материалами (торфом, дефекатом и др.) существенно сокращаются потери биогенных элементов в процессе хранения в силу

высокой сорбционной способности инертного компонента компоста, что снижает нагрузку на окружающую среду. Набор ингредиентов биоудобрений может быть весьма разнообразен, в связи с чем и их свойства будут значительно различаться [8]. На основании отходов биогазовой установки нами разработано 10 вариантов гранулированных удобрений (ТУ ВУ 200034946.002-2015) (рис. 1).

В 1 т биоудобрений содержится 12,7 кг общего азота. Исходя из приведенных выше данных, предприятие сможет получить следующие его объемы: в течение года – $32\,850 \times 12,7 \times 60\% = 250\,317$ кг, на следующий год – $32\,850 \times 12,7 \times 20\% = 83\,439$ кг, на третий год – $32\,850 \times 12,7 \times 20\% = 83\,439$ кг. Если полученное количество общего азота принять за минеральный химический азот, то с учетом коэффициента эквивалентности при внесении на поля (он составляет 0,5–0,6) получаем следующие пропорции: в течение года – $250\,317 \times 0,53 = 132\,668$ кг минерального азота, на следующий год – $83\,439 \times 0,53 = 44\,222$ кг, на третий год – $83\,439 \times 0,53 = 44\,222$ кг. Учитывая, что с НДС одна тонна действующего вещества минерального азота (химических удобрений КАС N30%) стоила у завода-производителя около 905 долл. в ценах 2013 г., можно подсчитать экономленную сумму: в течение года – $132,6 \times 905 = 120\,003$ долл., на следующий год – $44,2 \times 905 = 40\,001$ долл., на третий год – $44,2 \times 905 = 40\,001$ долл. При этом кроме азота в почву вместе с биоудобрениями дополнительно поступят фосфорные и калийные компоненты, а также микроэлементы. Проведены двухгодичные исследования, подтверждающие высокую эффективность такой практики при возделывании ярового ячменя, кукурузы и сахарной свеклы (табл. 1).

Наибольшая прибавка урожайности сельскохозяйственных культур получена от внесения 20 т/га органоминеральных биоудобрений. По сравнению с контролем она составила: зерна ярового ячменя – 12,8 ц/га, зеленой массы кукурузы – 233,3 ц/га, корнеплодов сахарной свеклы – 138,7 ц/га. При этом достигнута окупаемость 1 т гранулированных биоудобрений: 64 кг зерна ярового ячменя, 1166,5 кг зеленой массы кукурузы и 693,5 кг корнеплодов сахарной свеклы.

Дальнейшие исследования в 2014–2015 гг. в рамках задания ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда» позволили разработать новые виды органоминеральных биоудобрений, которые обеспечивают растения питательными веществами в то время, когда они наиболее чувствительны к их недостатку (в период наибольшей потребности), и при этом способствуют значительному снижению непроизводительных потерь питательных элементов в системе «почва – вода – воздух».

Известно, что одним из приемов повышения эффективности и коэффициентов использования удобрений, а также устранения отрицательного влияния на окружающую среду является применение медленнодействующих их вариантов с пролонгированным высвобождением питательных веществ по фазам развития растений [1–6]. Важнейшие из природных органических полимеров, которые образуются в растительных и животных организмах, – полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Особого внимания заслуживает хитозан. Он обладает рядом интереснейших свойств, высокой биологической активностью и совместимостью с тканями человека, животных и растений, не загрязняет окружающую среду, поскольку полностью разрушается ферментами микроорганизмов.

Проведенные в различных странах исследования показывают уникальные сорбционные характеристики этого вещества: у него выявлено отсутствие выраженной субстратной специфичности, что означает примерно одинаковую способность связывать как гидрофильные, так и гидрофобные соединения. К тому же



Рис. 1. Гранулированные органоминеральные удобрения

Таблица 1.
Урожайность
сельскохозяй-
ственных культур,
средняя за
2012–2013 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га					
	Яровой ячмень (зерно)		Кукуруза (зеленая масса)		Сахарная свекла (корнеплоды)	
Контроль	23,3	-	270,9	-	270,3	-
N ₁₂₀ (80)*P ₆₀ K ₁₂₀	36,2*	12,9	443,5	172,6	412,2	141,9
Подстилочный навоз, 26,7(17,8*) т/га	28,1*	4,8	303,5	32,6	293,5	23,2
ОМУ гранулированное, 5 т/га	29,9	6,6	350,1	79,2	298,5	28,2
ОМУ гранулированное, 10 т/га	31,2	7,9	420,3	149,4	327,6	57,3
ОМУ гранулированное, 15 т/га	34,6	11,3	472,7	207,8	355,4	85,1
ОМУ гранулированное, 20 т/га	36,1	12,8	504,2	233,3	409	138,7

ОМУ – органоминеральное биоудобрение
Курсивом обозначена прибавка урожайности

у хитозана были обнаружены ионообменные, хелатообразующие и комплексообразующие свойства.

Основной источник хитозана – хитин. Запасы последнего биологически возобновляются и практически неисчерпаемы. Его в своем составе имеют плотные наружные покровы тела многих насекомых, ракообразных, червей. Кроме того, он содержится в клеточной стенке дрожжей, водорослей и грибов. Только морские ракообразные синтезируют его 10 млрд т в год. Хитозан не растворяется в воде и спирте, однако он прекрасно растворим в слабых органических кислотах, включая пищевые – лимонную, уксусную, молочную, салициловую, пировиноградную и др. Это свойство позволяет в полной мере использовать полезные качества данного вещества. Растворы легко проникают в места, где требуется воздействие его молекул.

Нами предложено принципиально новое направление применения хитозана – для производства удобрений длительного действия. Нанесение на гранулы биоудобрений многослойного биоразлагаемого полимерного покрытия природного происхождения на его основе позволит увеличить эффективность и сделает их более совместимыми с окружающей средой.

Корневая система овощных культур располагается

в пахотном слое почвы, они более требовательны к питанию по сравнению с полевыми культурами, а также чувствительны к высокой концентрации солей. В связи с этим создание новых видов биоудобрений пролонгированного действия для овощных культур, в частности огурца открытого грунта и капусты белокочанной, – весьма актуальная задача. На основе отходов биогазовой установки нами разработаны соответствующие гранулированные удобрения (ТУ ВУ 290061754.005-2014), содержащие: азота – 50 кг/т, фосфора – 48 кг/т, калия – 88 кг/т, кальция – 40 кг/т, магния – 3,4 кг/т, серы – 69 кг/т. В результате проведенных в Институте овощеводства полевых экспериментов по изучению эффективности применения полученных гранулированных биоудобрений пролонгированного действия установлено: при внесении их в дозе 1 т/га при возделывании огурца открытого грунта (Янус F1) урожайность плодов составила 37,7 т/га (прибавка 3 т/га, или 9% по сравнению с внесением дозы минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₁₂₀); при дозе 6 т/га для выращивания капусты белокочанной (Аватар F1) – 69,5 т/га (15,8 т/га, или 30%).

Таким образом, отходы биогазовой установки – ценное сырье для производства экологически безопасных гранулированных органоминеральных биоудобрений с высоким содержанием

основных элементов питания в легкодоступной для растений форме. На примере ОАО «СГЦ «Западный» показана возможность экономии в год 221 т минерального химического азота, что эквивалентно 200 тыс. долл. Перспективным является изготовление из отходов биогазовой установки гранулированных биоудобрений пролонгированного действия для овощных культур. ■

Литература

1. «Аgua Humus», New humus material derived from leonardit deposit Agric cultural Chemicals. 1963. Vol. 18, №6. P. 121–122.
2. Rajan S.S. Partially acidulated phosphate rocks: controlled release phosphorus fertilizers for more sustainable agriculture / S.S. Rajan, M.B. O'Connor, A.G. Sinclair // Fert. Res. 1994. Vol. 37, №1. P. 69–78.
3. Азаров К.П. Многолетние минеральные удобрения / К.П. Азаров, Ю.А. Жданов, М.Ф. Скалазубов // Природа. 1957, №10. С. 84–86.
4. Борисов В.М. Современное состояние производства медленнодействующих удобрений / В.М. Борисов, Н.Н. Ромашова // Агрохимия. 1984, №7. С. 114–127.
5. Борисова Н.И. Медленнодействующие удобрения / Н.И. Борисова // Сельское хозяйство за рубежом. 1980, №6. С. 13–15.
6. Капцынель Ю.М. Особенности действия капсулированной мочевины на Lolium multiflorum / Ю.М. Капцынель, О.Ф. Казанцева // Применение стабильного азота ¹⁵N в исследованиях по земледелию: Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. – Тбилиси, 1979. С. 75.
7. Листван И.И. Энергосберегающая технология производства биоудобрений на основе отходов биогазовых установок крупных животноводческих комплексов / И.И. Листван, В.А. Сатишур, Н.В. Михальчук // Земледелие и защита растений. 2014, №4. С. 27–31.
8. Сатишур В.А. Новые виды экологически чистых удобрений (органоминеральные удобрения на основе отходов биогазовых установок) // Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития: материалы междунар. научно-практ. конф. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Центр экологических решений. – Мн., 2012. С. 69–70.
9. Сатишур В.А. Рекомендации по использованию биоудобрений (полученных на основе отходов биогазовых установок крупных животноводческих комплексов) при внесении их мобильным транспортом с организацией природоохранных мероприятий / В.А. Сатишур, С.Л. Максимова, Г.Г. Карпович, А.А. Регилевич. – Брест, 2013.

Низкотемпературная плазма в биомедицине

Резюме. В статье представлены результаты исследования воздействия низкотемпературной плазмы тлеющего разряда (ПТР) на биологические объекты. В качестве экспериментальной модели выбран функциональный ответ лейкоцитов мышей *in vitro* в среде, содержащей облученную ПТР воду, на полисахариды пектинового ряда – перспективные иммунорегуляторы. Установлено, что обработанная ПТР вода способна влиять на функциональную активность иммунокомпетентных клеток (ИКК) и модулировать их взаимодействия с молекулами-регуляторами (пектины). Допускается, что регулирующую роль пектинов могут выполнять и надмолекулярные ансамбли (кластеры) реструктурированной воды, образовавшиеся под воздействием молекул пектинов как биокатализаторов. Показан возможный путь биомедицинского применения плазменной технологии.

УДК 577.356

Ключевые слова: плазма тлеющего разряда, вода, активация, регуляция, лейкоциты, пектины.

Среди основных причин изменения структуры заболеваемости во всем мире называют сбои в системе регуляции организма. Это явление связывают с перегрузкой нервно-психической сферы современного человека, его общеадаптационных и иммунных механизмов, вероятно, вследствие изменения ритма жизни и экологического прессинга.

Основной гомеостатических процессов, обуславливающих постоянство состава и свойств биологических систем на разных уровнях их организации, является считывание и распространение информационных сигналов. При анализе

путей проведения информационного сигнала обнаруживается его этапность. Вынужденно упрощая ситуацию, чтобы такой ценой добиться определенной целостности взгляда, констатируем, что первый этап связан с проникновением и распро-

странением информационного сигнала в организме до клеток конкретного органа, второй – с его прохождением внутрь клетки, где он становится уже регуляторным. Молекулярные механизмы реализации первого этапа до сих пор мало изучены. Однако установлено, что в восприятии и распространении сигнала по трехмерной структуре органа важнейшую роль играет пространственная организация клеточного микроокружения (внеклеточный матрикс) [1, 2]. Под микроокружением клетки понимают множество молекул, обеспечивающих кооперацию клеток, их позиционное расположение в ткани и формообразование. Правда, само соединение молекул не содержит механизма самоуправления, приводящего

к формированию и рациональному функционированию органов или организмов, для этого требуется управление извне. Основой для морфогенетических процессов является клеточная адгезия, по сути представляющая собой реакцию клетки на взаимодействие с любыми поверхностями.

Что касается второго этапа прохождения информационных сигналов, то показано несколько путей их распространения через системы вторичных мессенджеров. Принято считать, что многие ключевые события клеточного реагирования локализованы на поверхностной мембране клеток. И именно мембранные сигналы запускают биохимические изменения, которые в конечном счете приводят к преобразованию ранее «молчавшей» клетки в активно функционирующую. Однако в настоящее время классическая мембранная теория радикально пересмотрена. Теоретически и экспериментально доказано [3], что объемную величину клетки поддерживают биофизические свойства связанной воды, представленной поляризованными мультислоями. Живая протоплазма (клетка) представляет трехмерную решетку воды, солей и протеина, способных мобилизоваться в фиксированно-зарядную систему (ФЗС) с помощью сил коротко- и дальнего действия. В молекуле белка пептидные связи взаимодействуют с диполями воды, являются матричной основой для структурирования клеточной воды с образованием водной оболочки. Поэтому обмен воды и ионов между клеткой и средой ограничен сплошной структурированной водой, а не мембраной. Сделан обобщенный вывод, что поверхностная мембрана живой клетки не является непрерывным диффузионным барьером в виде фосфолипидного бислоя, как

полагали ранее, а представляет собой сеть полноразвернутых белков, поляризующих и структурирующих воду в сплошное поверхностное многослойное образование.

В окружающей биологические среды всегда существует постоянный фон различных излучений, физических полей, а также веществ. Природные физико-химические факторы (ФХФ) являются «движущей силой» гомеостатических процессов. Исследования последних лет показывают, что даже минимальные изменения интенсивности природного фона ФХФ или добавление к ним других факторов (например, загрязненной в микродозах воды [4]) способны привести к регуляторным нарушениям, что и может быть основой для развития разнообразных заболеваний.

До недавнего времени не было предложено достаточно убедительно описанного механизма биологического действия низкоинтенсивных ФХФ. Имевшиеся отдельные предложения основывались на допущении пассивной диффузии биологически активных веществ (БАВ), результатом которой является взаимодействие одиночных молекул лигандов и клеточных рецепторов. Однако, во-первых, согласно современным взглядам [3, 5, 6], межклеточное пространство представляет собой сложноорганизованный гель, включающий биополимеры в высокой концентрации и молекулы воды; естественно, пассивная диффузия молекул через такой гель затруднена и представляется маловероятным процессом. Во-вторых, характер биологических эффектов, вызываемых низкоинтенсивными ФХФ, указывает на то, что основа данного феномена – изменение процессов, обуславливающих прохождение регуляторного сигнала в биосистемах.

Высказано предположение о том, что все живые организмы обладают единообразно устроенной системой, функция которой заключается в восприятии, считывании, распространении и уничтожении информации, постоянно поступающей извне [5, 6]. Восприятие и все дальнейшие события, связанные с распространением регуляторного сигнала по соответствующей тканевой структуре и прохождением его в каждую отдельную клетку через системы вторичных мессенджеров, осуществляются благодаря изменениям пространственной организации надмолекулярных структур клеточного микроокружения – микрогетерогенного геля. Этот гель, иначе малый матрикс, сформированный ассоциированными определенным образом между собой молекулами небольших белков (преимущественно гликопротеинов) и воды, присутствует не только во внеклеточном пространстве, но экспонирован на поверхности клеток и входит в состав цитоплазмы. Исключительной особенностью гликопротеинов является специфическое взаимодействие с молекулами воды, после которого отмечается появление колоколообразной дозовой зависимости действующего агента: проявление биологического эффекта в определенном диапазоне малых доз и его отсутствие при более высоких концентрациях. Предполагается, что существует некая особенность в структуре и конформации такой белковой молекулы, которая обуславливает наличие и проявление ею подобного свойства. Возможно, что именно сложный механизм взаимодействия молекул гликопротеинов и воды лежит в основе функционирования малого матрикса и объясняемо с этих позиций феномена действия низкоинтенсивных ФХФ.

Пространственная организация малого матрикса, структура которого описывается в терминах жидкокристаллического состояния вещества, постоянно модифицируется за счет изменения свойств и концентрации входящих в него компонентов, в том числе и надмолекулярных ансамблей (кластеров) воды. В свою очередь структура водных кластеров в биосистемах может определяться, по-видимому, как внешним воздействием ФХФ, так и самих компонентов малого матрикса.

Исходя из сказанного, можно заключить, что при воздействии одних и тех же ФХФ в зависимости от их доз в организме будут происходить совершенно разные события. В одном случае имеет место быстрая нейтрализация последствий оказанного воздействия. В другом – организм как бы не замечает оказываемого воздействия, но возникшие при восприятии и передаче регуляторного сигнала (информации) сдвиги в подсистемах приводят к развитию функциональных нарушений. Последние могут закрепиться в виде структурного следа уже соответствующего системного заболевания, способного стать предтечей гораздо более грозной болезни. Такая ситуация реализуется, например, если под влиянием неблагоприятных условий среды обитания оказываются индивидуумы с генетически обусловленной предрасположенностью к какой-либо патологии, и тогда функциональные нарушения трансформируются в определенную болезнь.

По мнению авторов теории единого механизма биологического действия низкоинтенсивных ФХФ, для проявления эффекта вовсе не обязателен физический перенос в пространстве каких-то молекул (процесс пассивной диффузии), так как в нормально функционирую-

щих биосистемах участники биохимических реакций всегда присутствуют в необходимом для протекания той или иной реакции количестве в непосредственной близости (принцип компарментализации) – молекулы должны лишь согласованным образом пространственно расположиться относительно друг друга. Разрешение или запрет на протекание соответствующего процесса определяется состоянием надмолекулярной структуры среды (в данном случае водной), в пределах которой происходит это взаимодействие [5, 6].

Уже понятно, что низкоинтенсивные физические факторы эффективны в воздействии на биологические системы, поскольку действуют непосредственно на воду, входящую во все их надмолекулярные структуры [7]. Но в свете рассматриваемой концепции логично полагать, что любое воздействие на контактирующую с биообъектом воду является прямым путем взаимодействия с его системой восприятия и передачи информации. Такое воздействие может происходить при контакте с любым как физическим фактором, так и веществом. По-видимому, все химические вещества (независимо от их растворимости) в низких и сверхнизких концентрациях вызывают те или иные изменения в пространственной организации надмолекулярных ансамблей воды [3–6, 8]. Поэтому в биологические системы может поступать самая разнообразная информация. Ключевую роль в информационной фильтрации, вероятно, играет малый матрикс, а если точнее, то структура надмолекулярных ансамблей воды, интегрированных в этот гель. Пространственная реорганизация малого матрикса влечет за собой волну перестройки мембранных и других клеточных надмолекулярных структур.

Сравнительно недавно предложен непосредственный физический механизм переноса эффекта активации с воды на клеточные структуры при низкоинтенсивном воздействии ФХФ, который заключается в дальнедействующем переносе электронов по связанным (ассоциированным) состояниям воды в биологических жидкостях [4, 9].

Энергия взаимодействия естественных физических полей и излучений с биологическими объектами ничтожно мала по сравнению с энергией метаболических процессов и поэтому не может непосредственно заметно на них влиять. Например, энергия радиочастотных квантов существенно ниже энергии типичных химических связей и поэтому не вызывает их разрыва. Являясь не энергетическим, а информационным, такое воздействие способно оказывать тонкое управляющее влияние на внутриклеточные процессы. Сигналы, поступающие таким образом в клетку, которая представляет собой сильно неравновесную насыщенную свободной энергией систему, могут, например, вызвать перераспределение скоростей внутриклеточных биохимических процессов [10]. Ответная реакция клетки, использующая ее собственные энергетические ресурсы, может быть достаточно сильной, соразмерной не столько с энергией первичного воздействия, сколько с ее информационной значимостью для клетки. Кроме того, очень малые изменения в динамике биологических структур, индуцированные слабыми внешними воздействиями, могут быть усилены за счет протекания необратимых процессов метаболизма. Учет особенностей функционирования биофизических структур в далеких от равновесия режимах также дает принципиальную возможность

объяснения феномена малых доз и слабых воздействий [11].

Экспериментальными исследованиями доказано, что влияние на живые объекты слабых магнитных и электромагнитных полей осуществляется через воду. При этом эффекты сохраняются в течение часов или даже дней [12].

Таким образом, есть основания полагать, что именно наличие у воды ассоциированных состояний позволяет ей воспринимать, хранить определенное время и передавать не только энергию, но и информацию. Иными словами, вода обладает

«памятью», хотя данный факт в настоящее время в научных кругах является предметом дискуссий.

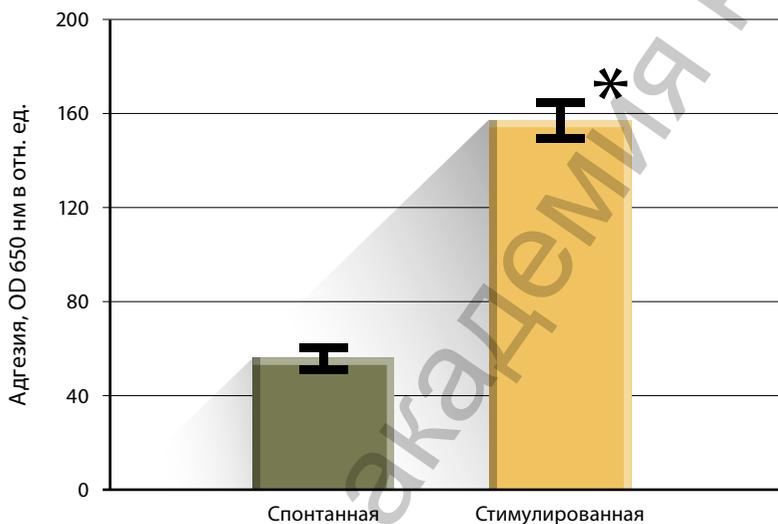
Как известно, адаптивные и восстановительные процессы в организме во многом обеспечиваются и контролируются иммунной системой. Поэтому оценка функционального состояния циркулирующих иммуноцитов может служить тем «зеркалом», в котором отражаются практически все адаптационные и патологические перестройки организма. Даже вне его иммунокомпетентные клетки (ИКК) сохраняют

те структурно-функциональные характеристики, которые были определены *in vivo* их клеточным и гуморальным микроокружением. Эти свойства и особенности ИКК и использованы нами в создании экспериментальной модели, углубляющей, как мы надеемся, понимание механизмов энергоинформационного обмена в системе «биообъект – вода – окружающая среда».

Ранее, при исследовании нами свойств плазмы тлеющего разряда (ПТР), которая является разновидностью «холодной» (non-thermal) плазмы, был обнаружен биотропный эффект ее излучений и признаки того, что он опосредован водой [16, 17]. Поэтому, опираясь на эти данные, мы допустили, что даже малоинтенсивная физическая обработка воды может вызвать стойкое изменение ее структурного и физико-химического состояния, которое способно отразиться и на ее биологической активности. Было проведено изучение *in vitro* воздействия на ИКК низкоинтенсивного и низкоэнергетического физического фактора, в данном случае – излучений и полей ПТР. Воздействие проводилось не непосредственно на биообъект, а через воду. На облученной воде были приготовлены инкубационные среды для клеток и растворы полисахаридов пектинового ряда, которые являются перспективными кандидатами для разработки средств иммуномодулирующей терапии [15].

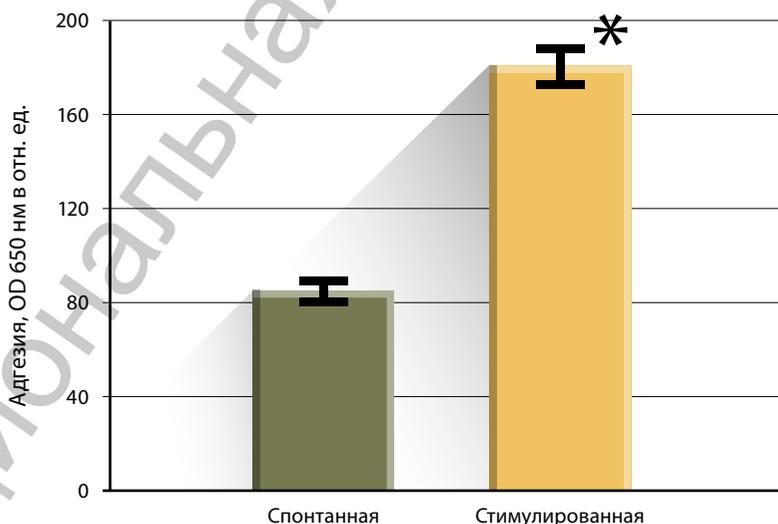
Для эксперимента были выбраны пектины, оказывающие супрессорное (комаруман СР) и стимулирующее (лемнан LM) действие на функциональную активность лейкоцитов [13–15]. Важно в этой связи подчеркнуть также то, что в ряде исследований показано, как многие эффекты воздействия слабых полей на биологические объекты можно воспроизвести, отдельно

Рис. 1. Спонтанная и стимулированная форболовым эфиром адгезия перитонеальных лейкоцитов к пластику



Данные представлены в виде среднего арифметического значения ± стандартное отклонение. n=5.
* – различия достоверны при $p < 0,05$

Рис. 2. Спонтанная и стимулированная форболовым эфиром адгезия перитонеальных лейкоцитов к пластику в присутствии воды, подвергнутой воздействию ПТР



Данные представлены в виде среднего арифметического значения ± стандартное отклонение. n=5.
* – различия достоверны при $p < 0,05$

облучая чистую воду и лишь после этого внося в нее анализируемый объект – биополимеры, клетки, ткани, простейшие организмы [7, 18].

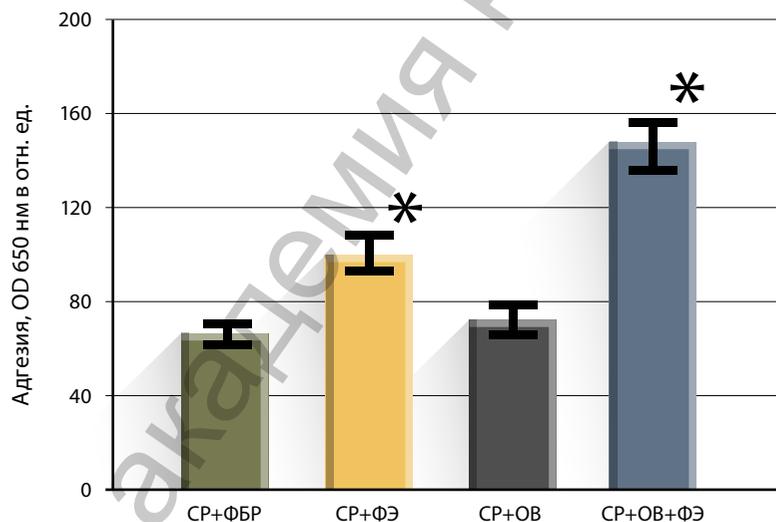
Питьевая негазированная вода Вонаqua в герметичной упаковке (ПЭТ-бутылки емкостью 1 л) подвергалась обработке в течение 40 мин. в специально сконструированном плазмогенераторе при напряжении 1 КэВ. Интенсивность облучения была 10^{17} ионов на см^2 . Температура образцов воды после облучения не превышала 35°C . В качестве тест-объектов в исследованиях были использованы изолированные перитонеальные лейкоциты мышей.

Защитная роль лимфоцитов, макрофагов, гранулоцитов (ИКК) в организме общепризнана и изучается во многих аспектах. Установлено, что эти клетки претерпевают значительные изменения под влиянием различных агентов и факторов, которые часто обозначают термином «активация иммунокомпетентных клеток» [19, 20]. До настоящего времени феномен клеточной активации не обобщен, хотя он представляет большой интерес с точки зрения управления жизнедеятельностью клеток. Исследование феноменологии и механизмов активации ИКК преследует определенные цели. Одна из них – отбор и изучение различных иммуномодуляторов, воздействующих на состояние иммунной системы. Рациональному применению иммуномодулятора в клинике всегда предшествует предклиническое исследование его влияния на различные звенья ИКК *in vitro*.

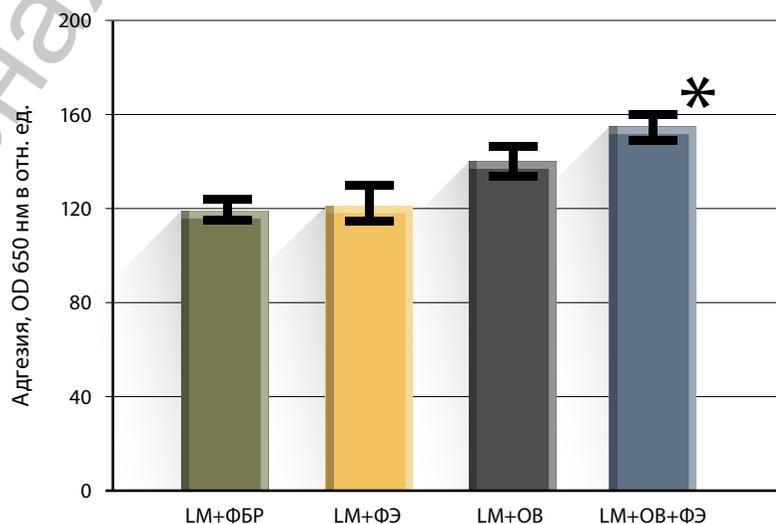
Лейкоциты из брюшной полости мышей выделяли следующим образом. Вводили внутривенно по 5 мл охлажденного обычного фосфатно-буферного раствора (ФБР), содержащего 10 Ед./мл гепарина. После легкого массажа брюшной стенки извлекали экссудат

из брюшной полости. Определяли количество клеток, дифференцируя лимфоциты, моноциты и нейтрофилы в камере Горяева. Окрашивание клеток проводили красителем Задорожного-Дозморова. Суспензию клеток (100 мкл) инкубировали в лунках плоскодонного планшета в течение 30 мин. при 4°C и затем 90 мин. при 37°C в присутствии полисахаридов, растворенных в обычной или облученной ПТР воде (ОВ). Для стимуляции клеточной активности использовали форболовый эфир миристиновой кислоты (0,025 мг/л).

Количество прикрепившихся клеток определяли колориметрическим методом. Клеточный монослой фиксировали на пластике 96%-ным этиловым спиртом по 100 мкл на лунку в течение 30 мин. После фиксации спирт удаляли и планшет высушивали. Клетки заливали краской Романовского-Гимза по 100 мкл на лунку и инкубировали при комнатной температуре 30 мин. Затем краску удаляли, а клеточный монослой отмывали трижды физраствором (рН 7,2–7,4) от не включившегося в клетки красителя. К окрашенным клеткам добавляли



Данные представлены в виде среднего арифметического значения \pm стандартное отклонение. $n=5$.
* – различия достоверны при $p < 0,05$



Данные представлены в виде среднего арифметического значения \pm стандартное отклонение. $n=5$.
* – различия достоверны при $p < 0,05$

Рис. 3. Спонтанная и стимулированная форболовым эфиром адгезия перитонеальных лейкоцитов к пластику в присутствии комарумена CP без добавления воды, подвергнутой воздействию ПТР

Рис. 4. Спонтанная и стимулированная форболовым эфиром адгезия перитонеальных лейкоцитов к пластику в присутствии лемнана LM без и с добавлением воды, подвергнутой воздействию ПТР

по 100 мкл метанола. После полного растворения красителя измеряли оптическую плотность (OD) раствора при длине волны 650 нм и референсной длине волны 492 нм с помощью спектрофотометра PowerWave 200 (BioTek Instruments, США). Результаты проведенного исследования отражены на рис. 1–4.

Результаты, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что перитонеальные лейкоциты находятся в жизнеспособном состоянии и адекватно отвечают на стимуляцию форболовым эфиром миристиновой кислоты (ФЭ). Воздействие ФЭ вызывает почти трехкратное повышение адгезивности лейкоцитов. Выявлено, что добавление к клеточной суспензии воды, облученной ПТР (ОВ), усиливает как спонтанную, так и стимулированную адгезию клеток (рис. 2). Спонтанная адгезия лейкоцитов после контакта с ОВ увеличивается на $37 \pm 3\%$ ($p < 0,05$, $n=7$), а стимулированная ФЭ адгезия – на $16 \pm 7\%$ ($p < 0,05$, $n=7$). Очевидно, что ОВ влияет на физиологию клеток. Возможно, она модифицирует свойства плазматической мембраны, что проявляется в повышенной неспецифической адгезии ИКК, а также в увеличении их чувствительности к ФЭ. Возрастание клеточной адгезии может достигаться как за счет изменения электростатического взаимодействия мембраны с субстратом, так и за счет экспрессии на мембране дополнительного количества рецепторов адгезии.

Установлено, что комарунан СР снижает стимулированную ФЭ адгезию лейкоцитов (рис. 3). Использование ОВ ингибирует это свойство комарунана СР, адгезивность клеток возрастает и становится сопоставимой с контрольными значениями (рис. 1, 3; 2б). Выявлено, что комарунан СР не влияет на уровень спонтанной адгезии лейкоцитов (рис. 3).

Лемнан LM усиливает адгезию клеток, при этом количество адгезированных клеток увеличивается в два раза по сравнению с контрольными значениями (рис. 1, 4). Стимуляция лейкоцитов ФЭ после инкубации с лемнаном LM не вызывает увеличения количества адгезированных лейкоцитов, но при совместной инкубации перитонеальных лейкоцитов с лемнаном LM и ОВ происходит повышение адгезии, стимулированной ФЭ (рис. 4).

Из анализа полученных результатов следует, что активированная ПТР вода способна модулировать и биологическую активность пектиновых полисахаридов в отношении ИКК. Точнее, имеет место синергетический эффект. Иными словами, в экспериментальной системе мы наблюдаем, во-первых, активирующий эффект низкоинтенсивного физического фактора в отношении воды, во-вторых, перенос эффекта активации с воды на ИКК и, в-третьих, особое взаимодействие активированной воды с молекулами-носителями регуляторного сигнала, воспринимаемого ИКК. В свете рассматриваемой концепции, то есть необязательности физического переноса в пространстве молекул БАВ, мы полагаем, что иммуномодулирующая роль пектинов в наших условиях может выполняться и надмолекулярными ансамблями реструктурированной воды, образовавшимися под воздействием молекул пектинов как биокатализаторов и проявляющими их свойства в виде «фантомов». Поскольку в наших экспериментах задействована гетерогенная по составу популяция ИКК, то невозможно исключить вероятность участия в межклеточных взаимодействиях в ней, например, по типу цитокинового обмена, таких же «фантомных» цитокинов.

Трактовка результатов, связанных с цитоиммунными

механизмами, вызывает определенную сложность и обусловлена отчасти тем фактом, что существует несколько вариантов взаимодействия пектиновых полисахаридов с иммунной системой. Некоторые из них приводят к усилению, а другие – к снижению функциональной активности лейкоцитов. Способность понижать иммунную реактивность обусловлена областью галактуронана, образующего главную углеводную цепь всех пектинов. Именно тонкое строение боковых углеводных цепей пектинов определяет их способность стимулировать лейкоциты. Иммуносупрессорную активность проявляют свободные карбоксильные группы высокомолекулярных фрагментов галактуронана. Чтобы оценить значение данного факта, необходимо на время вернуться в область физической химии воды и водных систем.

Если обратиться к физической модели жидкофазного состояния воды, то нужно выделить тот момент, что она имеет в своем составе объемную и связанную фазы (гетерофазы), при этом последняя при наличии униполярных зарядов и парамагнитных частиц играет роль энергоинформационного передатчика в системе и регулирует состояние вещества. Такие свойства гетерофаз проявляются в ряде нелинейных процессов, в результате которых тепловая, акустическая, электромагнитная, электрическая и магнитная энергия сверхслабых внешних полей способна преобразовываться в энергию ион-радикалов ($H^{+(\cdot)}$, $OH^{(\cdot)}$, $O_2^{-(\cdot)}$, $HO_2^{-(\cdot)}$ и др.), которые накапливаются в связанных состояниях вещества [4, 9]. Поэтому вода и обладает амфотерными свойствами, то есть она может выступать как в роли кислоты, так и основания. Это позволяет ей быть, с одной стороны, акцептором протонов, а с другой – их донором.

Оттягивание электронной плотности от карбоксильного атома водорода в активированной воде ослабляет связь О-Н. Вследствие этого карбоксильная группа способна отщеплять (терять) протон. Образующийся карбоксилат-ион можно рассматривать как гибрид двух резонансных структур:



или иначе



Поскольку в результате преобразования в ион-радикальную форму карбоксильные группы галактуронанов приобретают повышенную реактоспособность, то облученная подобным образом плазмой тлеющего разряда вода, то есть активированная, может усиливать или, наоборот, ингибировать иммуносупрессорную активность галактуронановых фрагментов в зависимости от других реакционных условий. Это один из примеров возможных путей биомедицинского приложения управления свойствами воды.

В заключение остается выразить осторожный оптимизм, что возможность управления состояниями воды позволит осуществлять разработку методов регулирования и поддержания различных метаболических процессов в организме как в профилактических, так и в лечебных целях. ■

Авторы посвящают эту статью памяти академика РАН Ю.С. Оводова, инициатора и куратора настоящих исследований, не дожившего до завершения работы.

Статья поступила в редакцию 01.07.2015 г.

Ирина Терешко,

доцент кафедры «Физика»
Белорусско-российского университета,
кандидат физико-математических наук

Павел Марков,

старший научный сотрудник лаборатории молекулярной физиологии и иммунологии отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, кандидат биологических наук

Елена Толстая,

доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова БГУ, кандидат медицинских наук

Тимур Горчаков,

магистрант электротехнического факультета
Белорусско-российского университета

Валерий Терешко,

лектор кафедры «Вычислительная техника»
Университета Западной Шотландии,
кандидат физико-математических наук

Всеволод Редько,

профессор кафедры
«Физические методы контроля»
Белорусско-российского университета,
член-корреспондент НАН Беларуси

See: http://innosfera.by/2015/10/PLASMA_IN_BIOMEDICINE

Summary

We explored the impact of glow discharge plasma (GDP) on biological objects. As known, the polysaccharides of pectin group are promising candidates for the development of immunomodulating therapies. The above polysaccharides were melted in the water processed by the GDP. The mice leukocytes were added into the medium and their response was investigated in vitro. The processed water is found to affect the functional activity of immunocompetent cells (ICCs) and to modulate their interactions with the molecules-regulators, i.e. pectins. We can also assume that the supramolecular assemblies (clusters) of restructured water, which are formed under the influence of pectin as a biocatalyst, can perform, in some way, the pectin's regulating role. Since our experiments involve a heterogeneous ICC population, we cannot rule out the possibility of participation of "phantom" cytokines, obeying to the cytokine mechanism, in the cell-cell interactions. Thus, a direction to biomedical applications of plasma technology is shown.

Литература

1. Cell Biology of Extracellular Matrix / Ed. by E.D. Hay. — N. - Y. - L., 1982.
2. Guidebook to the Extracellular Matrix and Adhesion Proteins / Ed. by T. Kreis, R. Vale. — O. - Y. - T., 1993.
3. Линг Г. Физическая теория живой клетки: незамеченная революция. — СПб., 2008.
4. Рахманин Ю.А., Стехин А.А., Яковлева Г.В. Структурно-энергетические изменения воды и ее биологическая активность // Гигиена и санитария. 2007, №5. С. 34–36.
5. Ямсков И.А., Ямскова В.П. Фармакологические препараты нового поколения на основе гликопротеинов клеточного микроокружения // Росс. Хим. Журнал (ЖРХО им. Д.И. Менделеева). 1998. Т. 62, №3. С. 85–90.
6. Ямскова В.П., Ямсков И.А. Механизм биологического действия физико-химических факторов в сверхмалых дозах // Росс. Хим. Журнал (ЖРХО им. Д.И. Менделеева). 1999. Т. 43, №2. С. 74–79.
7. Goldworthy A., Whitney H., Morris E. Biological effects of physically conditioned water // Water Res. 1999. V. 33, №7. P. 1618–1626.
8. Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.В. и др. Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды // Химия и технология воды. 2005, №2. С. 11–37.
9. Яковлева Г.В., Стехин А.А., Рахманин Ю.А., Кондратов В.К. Электромагнитная модель транспорта электронов в водных средах // VI междунар. конгресс «Вода: Экология и технология»: тез. докл. — Москва, 1–4 июня 2004 г. С. 1010–1013.
10. Ершов Ю.А., Мушкарбаров Н.Н. Кинетика и термодинамика биохимических и физиологических процессов. — М., 1990.
11. Бинги В.Н. Ядерные спины в первичных механизмах биологического действия магнитных полей // Биофизика. 1995. Т. 40, вып. 3. С. 553–559.
12. Капель-Буотт К. Факторы окружающей среды, ответственные за флуктуационные явления. Трудности восприятия соответствующих фактов научным сообществом // Биофизика. 1995. Т. 40, вып. 4. С. 732–735.
13. Popov S.V., Ovodova R.G., Ovodov Yu.S. Effect of lemnan, pectin from Lemna minor L., and its fragments on inflammatory reaction // Phytother. Res. 2006b. Vol. 0. P. 403–7.
14. Popov S.V., Popova G. Yu., Ovodova R.G., Ovodov Yu.S. Antiinflammatory activity of the pectic polysaccharide from *Comarum palustre* // Fitoterapia. 2005b. Vol. 76. P. 281–7.
15. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // Биоорганическая химия. 2009. Т. 35. С. 293–310.
16. Терешко И., Горчаков А., Обидина О., Толстая Е., Терешко В., Редько В. Биомедицинский потенциал холодно-плазменной технологии // Наука и инновации. 2012, №8(114). С. 62–66.
17. Tereshko V., Gorchakov A., Tereshko I., Abidzina V., Red'ko V. Biomedical Applications of Materials Processed in Glow Discharge Plasma / Advances in Biomaterials Science and Biomedical Applications. Ed. by R. Pignatello. — InTech., 2013. P. 3–21.
18. Катин А.Я. Длительность влияния воды, заряженной миллиметровым воздействием, на организм человека // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1996, №8. С. 63–64.
19. O'Brien R.L., Parker J.W., Dixon J.F.P. Mechanism of lymphocyte stimulation / Progress in molecular and subcellular biology. Ed. by F.F. Hagn et al. — Berlin, 1978. Vol. 6. P. 201–270.
20. Ляшенко В.А., Дрожеников В.А., Молотковская И.М. Механизмы активации иммунокомпетентных клеток. — М., 1988.

Национальная
академия наук
Беларуси



В рамках Года молодежи в Республике Беларусь
и празднования 70-летия Победы
в Великой Отечественной войне
Совет молодых ученых Национальной академии наук Беларуси
проводит

ЕВРАЗИЙСКИЙ ФОРУМ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

YOUNG **E**URASIAN **S**CIENTIST FORUM

МИНСК, 1-4 декабря 2015 г.

<http://vnauke.by/yes>

ENVIRONMENTAL SOLUTIONS

MEDICINE OF FUTURE

BIO FARM TECHNOLOGIES

LIFE



Будь в курсе!



www.innosfera.by

Журнал «Наука и инновации» включен в список изданий ВАК по медицине, биологии и инновационной экономике

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129
тел./факс: +375 17 284-16-12
e-mail: nii2003@mail.ru

ПОДПИСНОЙ
ИНДЕКС: 00753
007532