

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП

NT-206

Реализация концепции микро-/нано-лаборатории для материаловедения

NT-206 совмещает функции как традиционного атомно-силового микроскопа, так и прибора для микромеханических испытаний.

Открытый дизайн NT-206 позволяет легко переключаться между этими функциями, а также добавлять новые.

NT-206 — это прибор, объединяющий функциональность и качество в сочетании с приемлемой ценой.

Атомно-силовой микроскоп
в сочетании с оснасткой
для микромеханических испытаний



Соединение
с управляющим ПК
через USB-порт

В составе:



Автоматизированная платформа
XY микропозиционирования



Встроенная видеосистема
верхнего обзора



Сменный модуль
микротрибометра / адгезиометра*



Сменный модуль shear-force
микротрибометра*



Сменный модуль
наноиндентора*



Сменная платформа
для нагрева образца*

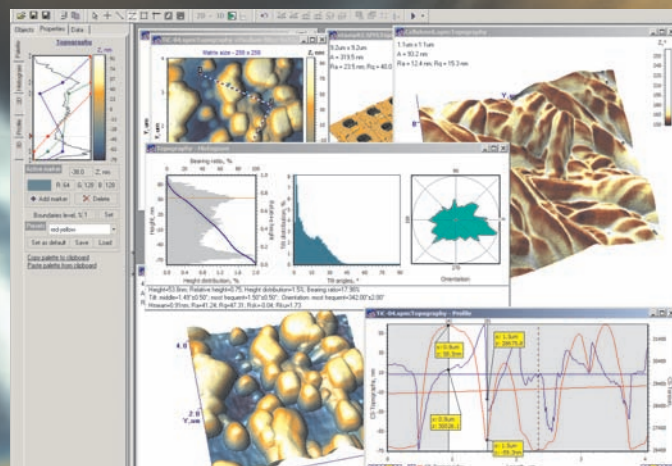
*Поставляется опционально

Области применения

- Физика твердого тела
- Микроэлектроника
- Оптика
- Тонкопленочные технологии
- Нанотехнологии
- Технологии полупроводников
- Стекла и смежные технологии
- Микро- и нанотрибология
- Анализ гладких поверхностей
- Полимеры и полимерные композиты
- Прецизионная механика
- Биологические объекты: клетки, мембраны и др.

NT-206 может использоваться в исследовательских и промышленных лабораториях, а также с образовательными целями в высшей школе.

Оригинальные методики работы, рекомендации по эксплуатации и методическое сопровождение обеспечиваются специалистами Института тепло- и массообмена НАН Беларуси (г. Минск)



Полнофункциональное программное обеспечение (для Win32), предназначенное для управления прибором, а также обработки и анализа результатов с помощью набора стандартных и уникальных функций



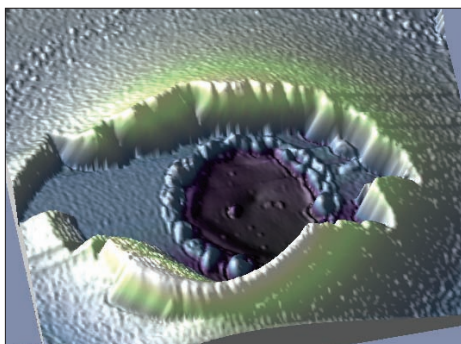
ОДО «МИКРОТЕСТМАШИНЫ», ул. Тельмана 44-6, г. Гомель, Беларусь, тел./факс +375 232 715 463 <http://microtm.com>

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, ул. П. Бровки 15, г. Минск, Беларусь



ТЕМА НОМЕРА: КВАНТОВЫЕ ЗАКОНЫ МИКРОМИРА

- 4 ПАНОРАМА НОВОСТЕЙ
Лев Томильчик, Владимир Лебедев
- 7 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА: ВОЗНИКНОВЕНИЕ,
РАЗВИТИЕ, ИСТОРИЧЕСКИЕ УРОКИ



- 11 Виктор Щитковец
ГОВОРЯТ СПЕЦИАЛИСТЫ
Владимир Лебедев
- 13 ИЗ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЕКА В ЭПОХУ
КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
Когда ученые впервые сформулировали законы квантовой теории, трудно было предположить, как они могут использоваться на практике. Весьма абстрактные идеи казались делом единиц.

- 18 Сергей Гапоненко, Валентина Хильманович
КЛАССИЧЕСКИЕ АНАЛОГИИ КВАНТОВЫХ
ЯВЛЕНИЙ
Чрезвычайно важно уже на ранних этапах постижения квантовой физики развивать «квантовую» интуицию и «квантовое» мышление.

ПРОФЕССИЯ — УЧЕНЫЙ

- Ирина Емельянович
- 21 ПРЕОДОЛЕНИЕ ВЫСОТЫ
«Нельзя ставить личные научные интересы выше общественных. Ты должен пользоваться безусловным уважением коллег и уметь вести диалог с чрезвычайно сложным и талантливым народом, собранным в огромный коллектив».



НАУКА
И ИННОВАЦИИ №3(73)_2009
научно-просветительский журнал

Зарегистрирован в
Министерстве информации
Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации
1969 от 16. 01. 2003

Учредитель:
Национальная академия наук
Беларуси

Издатель:
РУП «Издательский дом
«Белорусская наука»

Главный редактор:
Жанна Комарова

Редакционный совет:

М.В. Мясникович —
председатель совета
В.И. Стражев
С.В. Абламейко
Н.В. Андрианов
П.А. Витязь
И.Д. Волотовский
М.С.Высоцкий
В.Г. Гусаков
Ж.В. Комарова
Н.П. Крутько
В.Е. Матюшков
М.И. Михадюк
П.Г. Никитенко
Г.Б. Сви́дерский
С.П. Ткачев
В.В. Цепкало
И.П. Шейко
А.П. Шкадаревич
Б.М. Хрусталеv

Ведущие рубрик:

Квантовые законы
микромира —
Владимир Лебедев
В мире науки —
Ирина Атрошко
Инновации —
Александр Костыко
Синергия знаний —
Ирина Емельянович

Над номером работали:
Анатолий Прищелов

Отдел маркетинга и рекламы:
Елена Грабчикова

Компьютерная верстка:
Елена Забавская

Фото на 1 стр. обложки:
www.uni-mainz.de

Адрес редакции:
220072, г. Минск,
ул. Академическая, 1-129
тел.: (017) 284-14-46
e-mail: belscience@mail.ru,
nii2003@mail.ru

Подписные индексы:
007532 (ведомственная),
00753 (индивидуальная)
Формат 60X84 1/8. Бумага
офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,0. Тираж 730 экз.
Цена договорная.
Подписано в печать 26.02.2009

Отпечатано в типографии
РУП «Минсктипроект»
220123, Минск, ул. В. Хоружей, 13,
тел. 288-60-88.
Лицензия ЛП №02330/0150073
от 29.03.2004. Заказ № 349
<http://innosfera.org>

© «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.

В МИРЕ НАУКИ

Земледелие

Александр Цыганов, Александр Клочков

- 26 ФАКТОРЫ ХИМИЗАЦИИ И ПРОГНОЗ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА

Перед сельским хозяйством Беларуси стоит сложная задача дальнейшего повышения урожаев зерна при одновременном снижении затрат на возделывание.

Михаил Шишлов, Алла Шишлова, Татьяна Семенова, Валентина Гурецкая

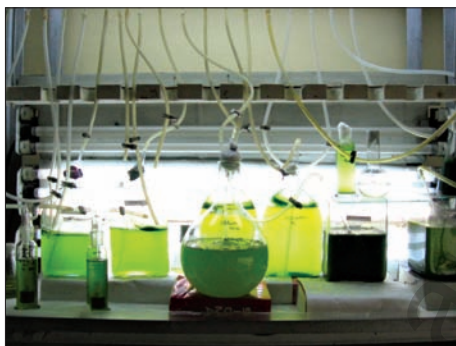
- 29 ГОЛОЗЕРНЫЙ ЯЧМЕНЬ: СОЗДАНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Биофизика

Николай Шалыго, Станислав Мельников

- 34 ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ВИДЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Водоросли — источник получения пищевого и кормового белка и других ценных соединений, поэтому во всем мире внимание специалистов приковано к проблеме искусственного разведения макроводорослей и промышленного культивирования микроскопических.



ИННОВАЦИИ

Анализ

Елена Ленчук

- 39 ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА К ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ В СТРАНАХ СНГ

Теория

Ирина Емельянович

- 43 ОТКРЫТЫЕ ИННОВАЦИИ

Технологии

Александр Мрочек

- 46 ИННОВАЦИИ В ИНТЕРВЕНЦИОННОЙ КАРДИОЛОГИИ

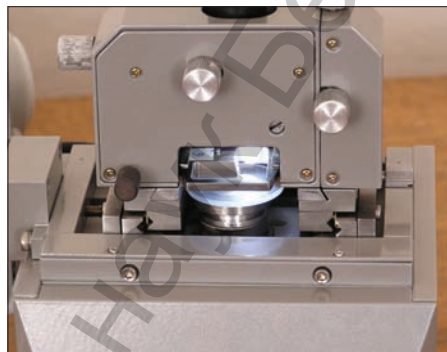
Сергей Морозов

- 50 ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Приборостроение

Сергей Чижик, Анатолий Свириденко, Андрей Суслон

- 53 ГЛАЗА И РУКИ НАНОТЕХНОЛОГИИ



Практика

Анатолий Прищепов

- 57 КОГДА НАНОУРОВЕНЬ ПРИВОДИТ К МАКРОЭФФЕКТУ

СИНЕРГИЯ ЗНАНИЙ

Экономика науки

Александр Попович, Валерий Прокошин

- 59 О ДИНАМИКЕ СОЦИАЛЬНОГО КАПИТАЛА НАУКИ В УКРАИНЕ И БЕЛАРУСИ

Социальный капитал науки — не только возможности, связанные с взаимным признанием ученых внутри научного поля, но и потенциал влияющих на нее факторов...

Инновационная инфраструктура

Эдуард Фияксель, Наталья Бутрюмова

- 63 ТЕХНОПАРКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Международное сотрудничество

Георгий Баранец

- 67 ПРОГРАММЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ЕВРОСОЮЗА

Новые перспективы для реализации разнообразных инициатив, в том числе в сфере научной и инновационной деятельности, открывает участие заинтересованных отечественных учреждений в программах трансграничного сотрудничества Европейского Союза.

Ольга Мееровская

- 71 НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ СОТРУДНИЧЕСТВА

ВЫБОРЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧЛЕНОВ НАН БЕЛАРУСИ

24 апреля 2009 г. состоятся выборы действительных членов (академиков) и членов-корреспондентов Национальной академии наук Беларуси. Ими могут быть избраны известные белорусские ученые, имеющие степень доктора наук, внесшие большой вклад в развитие науки и обогатившие ее трудами первостепенного значения.

Право выдвижения кандидатов по объявленным специальностям имеют научные организации, учреждения, обеспечивающие получение высшего образования, действительные члены по направлениям своей научной деятельности. Члены-корреспонденты вправе выдвигать кандидатов в члены-корреспонденты. Выдвижение кандидатов проводится на заседаниях ученых (научно-технических) советов путем тайного голосования.

АКАДЕМИЯ ИНИЦИИРУЕТ РАЗРАБОТКУ ПРОГРАММЫ «ИНТЕХ»

НАН Беларуси совместно с российскими партнерами активно участвует в реализации союзных программ. «ИНТЕХ» — один из предлагаемых академией проектов, рассчитанный на 2010—2014 гг. Основные его направления включают комплексные исследования и разработки, касающиеся методов и технологий обнаружения и представления знаний, обработки, анализа и распознавания изображений и сложных динамических сцен, а также классификации разнородных и противоречивых данных, прогнозирования по прецедентам, устройств речевого ввода в компьютер слитной речи, методов анализа и синтеза управления сложными динамическими объектами, инструментальных средств автоматизации проектирования сложных деталей.

В ходе программы «ИНТЕХ» будут созданы прототипы интеллектуальных ав-

тономных систем, способных к адаптации поведения, самоорганизации, реконфигурации и образованию коалиций, введены в действие человеко-машинные системы поддержки принятия решений в условиях неопределенности, системы автоматизации проектирования сложных технических устройств, роботизированные предприятия. Ученые планируют разработать и внедрить перспективные образцы прикладных интеллектуальных устройств для управления энергетическими системами в чрезвычайных ситуациях.

ИННОВАЦИОННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ

Подготовлен проект Национальной программы «Инновационные биотехнологии» на 2009—2011 гг. и период до 2015 г., в разработке которого были задействованы ученые НАН Беларуси, специалисты Минздрава, Минсельхозпрода, концерна «Белгоспищепром», сотрудники других заинтересованных ведомств. Документ предусматривает коренную модернизацию отечественной биотехнологической отрасли на базе передовых достижений белорусской и зарубежной науки. В ходе выполнения программы будут приняты дополнительные меры, касающиеся подготовки научных кадров в данной сфере, а также разработки нормативно-правовых документов, которые будут регулировать процесс внедрения биотехнологий в энергетике, экологии, промышленном производстве. Результаты проектов позволят повысить биобезопасность Беларуси, значительно сократить импорт продукции, созданной с использованием биотехнологий. По прогнозам ученых, на 1 белорусский рубль, вложенный в реализацию программы, будет выпущено примерно на 11 руб. инновационной продукции. Объем импортозамещения уже к 2012 г. достигнет не менее 100 млн долл. в год. Производство ветеринарных препаратов в стране вырастет в 4 раза, доля биотоплива составит около 10% от общего объема топлива, потребляемого автотранспортом.

НОВЫЕ ПРОГРАММЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10.02.2009 г. №173 «О внесении изменений и дополнений в некоторые постановления Совета Министров Республики Беларусь и признании утратившими силу отдельных постановлений Совета Министров Республики Беларусь» в перечень государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований Беларуси в области естественных, технических, гуманитарных и социальных наук включены три новые программы. В их числе — «Разработка научных основ, технологий и перспективных инструментальных средств для проведения комплексных исследований космического пространства и использования космической информации» («Космические исследования») на 2010—2012 гг., «Создание биорациональных химических средств защиты растений новых поколений» («Биорациональные пестициды-2») на 2009—2013 гг., «Наукоемкие композиционные материалы, полученные методами порошковой металлургии с использованием энергии взрыва, технологий сварки, резки, пайки, наплавки и нанесения защитных покрытий» («Композиционные материалы») на 2009—2013 гг.

В рамках первой программы запланированы проекты по научному обеспечению реализации основных направлений развития космической деятельности в нашей стране, вторая включает создание новых средств защиты растений и технологий их выращивания, третья предусматривает разработку и изготовление лабораторных образцов композиционных материалов, оснастки и оборудования, опытных технологических процессов, строительных конструкций.

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

Высший коллегиальный форум

Итоги прошлого года, анализ выполнения задач, поставленных перед Академией наук Президентом и Правительством нашей страны, и дальнейшие перспективы развития стали ключевыми темами сессии Общего собрания НАН Беларуси, состоявшейся 20 февраля.

Как отметил в своем докладе Председатель Президиума Михаил Мясникович, в 2008 г., по предварительным данным, учеными академии созданы 161 передовая технология, 940 объектов новой техники, в том числе машин и оборудования — 85, технологических процессов — 145, сортов растений, пород животных, препаратов — 136. Процент их освоения достиг 60%. За счет внебюджетных источников академическими организациями выпущено продукции на 463,5 млрд руб., или 122,6% к уровню 2007 г.; по договорам с зарубежными заказчиками произведено на экспорт, выполнено работ, привлечено средств по грантам на сумму 19,9 млн долл., или на 19,4% больше, чем за предыдущий год. Общий объем работ, осуществленный учреждениями НАН Беларуси за счет всех источников финансирования, по предварительным данным, составил 777,1 млрд руб., что на 33,2% превышает показатели 2007 г. В прошлом году академия выступила заказчиком по 24 проектам программы инновационного развития (из них 8 — первого уровня, 14 — второго, 2 — третьего), осуществляла научное сопровождение 205 проектов (81 из них — академические разработки). Введены в эксплуатацию все запланированные инновационные объекты, кроме того, досрочно начал работу пусковой комплекс производства ветпрепаратов. На собственных мощностях академии выпущено инновационной продукции на сумму 88,2 млрд руб. Значительный вклад внесли ГНПО «Центр» и «Порошковая металлургия», НПЦ по материаловедению и др.

Хотя в академии еще не выстроена четкая и эффективная система экспорта и

коммерциализации отечественных научных разработок, положительные примеры уже есть. Лидирующие позиции на этом поле занимают ИТМО им. А.В. Лыкова, которым в прошлом году и первые месяцы текущего заключено зарубежных договоров на 7,3 млн долл., Институт физики — 3,5 млн долл., Институт химии новых материалов — 1,5 млн долл.

За отчетный год Академия наук разработала и внесла в Правительство 63 проекта нормативных правовых актов и более 10 крупных перспективных программ развития. Проведена комплексная научная экспертиза 36 проектов нормативных правовых актов, подготовлено более 600 экспертных заключений.

Но, по словам Михаила Мясниковича, в работе академических подразделений имеются и существенные недостатки. Самым слабым звеном в инновационной цепи является внедрение результатов НИОКР. Серьезный анализ свидетельствует о том, что проблема кроется не столько в качестве и актуальности научных разработок или невосприимчивой промышленности, а в отсутствии опытных производств, цехов и участков малых серий, ОКРовских структур, наличия трудностей и определенного риска в постановке продукции на производство. Частично эти вопросы решаются в рамках государственных научно-технических программ, но не полностью. Поскольку хозяйствующие субъекты работают в условиях открытой экономики, ученые в своей работе должны исходить из того, что они востребованы в крупных системных проектах «под ключ». Необходимо

срочно исправлять ситуацию в патентно-лицензионной работе. Хотя объектов интеллектуальной собственности создается и патентуется с каждым годом все больше, по-прежнему остается открытым вопрос их коммерциализации и эффективности лицензионных договоров.

В докладе Председателя Президиума НАН Беларуси была подчеркнута необходимость комплексного системного подхода в построении экономики завтрашнего дня. По мнению Михаила Мясниковича, наука мало работает на будущее. При всей важности текущих дел она должна задавать вектор технологического развития отраслей, предлагать разработки с высокой добавленной стоимостью. Возрождение глобальной экономики после нынешнего кризиса начнется с инвестиционного бума в перспективные и конкурентоспособные проекты: водородная энергетика, материалы с заданными свойствами, биотехнологии.

Как отметил Михаил Мясникович, стратегическим курсом Академии наук является предоставление комплексных услуг потребителю. НАН Беларуси становится научно-производственной корпорацией — принципиально новой в теоретическом и методологическом плане формой организации научной деятельности — научно-инновационным кластером. В силу этого она должна давать более значимые результаты, создавать качественный конкурентоспособный интеллектуальный продукт. Активное обсуждение этих вопросов позволило участникам сессии Общего собрания наметить конкретные меры по повышению эффективности работы академии, которые нашли свое отражение в постановлении «Об итогах научной, научно-технической и инновационной деятельности НАН Беларуси в 2008 г. и задачах на 2009 г.».

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

Конкурс на соискание премии Российской академии наук и Национальной академии наук Беларуси 2009 года

Премия Российской академии наук и Национальной академии наук Беларуси присуждается за выдающиеся научные результаты, полученные в ходе совместных исследований в области естественных, технических, гуманитарных и социальных наук, имеющие важное научное и практическое значение.

В конкурсе на соискание премии могут участвовать российские и белорусские ученые, которые являются гражданами Российской Федерации и Республики Беларусь и работают в научных организациях Российской академии наук и Национальной академии наук Беларуси.

На конкурс могут быть представлены работы или серии совместных работ, выполненные коллективом ученых из научных организаций Российской академии наук и Национальной академии наук Беларуси.

Авторский коллектив работы, выдвигаемой на конкурс, не должен превышать трех человек с каждой стороны, при этом количество участников совместных исследований с российской и белорусской стороны может быть неодинаковым.

Работы, выдвигаемые на соискание премии, принимаются к рассмотрению до 30 июня конкурсного года.

Право выдвижения работ на соискание премии предоставляется научным организациям Российской академии наук и Национальной академии наук Беларуси, а также действительным членам и членам-корреспондентам обеих академий по их специальности.

Выдвижение работ научными организациями осуществляется на заседаниях научно-технических и (или) ученых советов по месту работы соискателей при наличии кворума, принятого в организации.

Формирование коллектива соискателей премии проводится с участием всех авторов работы. Выдвижение соискателей в авторский коллектив из общего числа исполнителей работы производится исходя

из оценки творческого вклада каждого из них. В авторский коллектив включаются авторы, творческий вклад которых в выполнение работы был наиболее значительным.

Работы (циклы совместных публикаций, разработок, изобретений), представляемые на конкурс в соответствии с указанным сроком, должны одновременно направляться в трех экземплярах в президиумы двух академий с пометкой: «На соискание премии РАН и НАН Беларуси 2009 года».

К каждому комплекту совместных публикаций, разработок, изобретений прилагаются:

- выписка из протокола заседания совета выдвигающей организации или рекомендация академика либо члена-корреспондента одной из академий, включающая аргументированную оценку результатов совместных исследований, их значение для науки и практики;
- письмо о выдвижении работы на соискание премии, оформленное на бланке организации, в том случае, если работу выдвигает организация;
- копии технической документации и других материалов, свидетельствующих о практической важности полученных результатов;
- сведения об организациях-партнерах и условиях сотрудничества;
- краткая научная биография (Curriculum Vitae) каждого из авторов, подписанная автором и заверенная кадровой службой по месту работы следующего содержания:

Личные данные. Фамилия, имя, отчество. Ученая степень. Дата рождения. Место рождения. Гражданство. Паспорт: №, дата и место выдачи. Должность (организация, отделение, лаборатория). Адрес, телефон, факс организации. Электронная почта, домашний адрес и телефон.

Образование и квалификация. Занимаемые должности. Основные направления исследований. Руководство научно-ис-



следовательскими работами. Подготовка научных кадров.

Публикации.

Общественное признание результатов исследований (награды и поощрения):

- информация о вкладе каждого из соискателей премии в совместную работу, подписанная всеми авторами работы;
- название, адрес, телефон организации, в которую можно обратиться по всем вопросам, связанным с данной работой;
- аннотация работы, подписанная авторами, объемом около 10 страниц, оформленная в соответствии со стандартными требованиями к текстовым документам, характеризующая выдвигаемую на конкурс работу; к аннотации прилагается перечень (список) включенных в данный цикл публикаций, авторских свидетельств, патентов, справок о внедрении результатов.

Выдвинутая на соискание премии работа вместе с перечисленными документами, увязанная в папку или подшитая в скоросшивателе с указанием на обложке названия работы и ее авторов, представляется от белорусской стороны по адресу:

Национальная академия наук Беларуси, отдел премий и стипендий управления научно-организационной и информационно-аналитической работы аппарата НАН Беларуси, пр. Независимости, 66—317, 220072, г. Минск, Республика Беларусь.
Тел./факс + (375 17) 284-24-56,
тел. + (375 17) 284-11-63.

Квантовая физика: возникновение, развитие, исторические уроки

Квантовая физика возникла более 100 лет назад в результате деятельности не очень многочисленной группы ученых, которые в тиши своих лабораторий пытались выведать у Природы, как устроена материя на атомном уровне. В наши дни эта наука проникла в обыденную жизнь человека. Достаточно вспомнить лазер — квантовый генератор электромагнитного излучения. Сегодня лазерные устройства практически везде — от самых высокотехнологичных производств до медицинских и бытовых приборов. Поэтому понятен интерес к тому, как смогли появиться на свет квантовые представления, которые не только цементируют фундамент современной физики, но и являются необходимым элементом ряда чисто инженерных дисциплин.

Вопреки бытующему мнению, согласно которому история учит нас только тому, что она нас ничему научить не может, осмысление истории науки все же позволяет выявить некоторые особенности процесса возникновения нового знания.

История физики предстает перед нами в первую очередь как последовательность открытий, которые естественным образом подразделяются на 2 типа: экспериментальное обнаружение новых физических явлений и создание новых теорий. Экспериментальные открытия в чем-то схожи с географическими: обнаруживается нечто, уже существовавшее до этого, но в силу разных причин не попавшее в поле зрения исследователя. В теоретическом же имеется важный элемент «рукотворности»: до того как новая теория возникла, ее просто-напросто не существовало. Экспериментальные открытия часто происходят либо вообще случайно, либо по «принципу Колумба»: искали долго — нашли другое (но не менее полезное) или наконец в соответствии с имеющимися теоретическими предсказаниями. С новыми теоретическими представлениями

дело обстоит иначе: они всегда возникают в качестве целенаправленного отклика на тот или иной вызов Природы. Последний сам по себе поначалу не воспринимается в качестве проблемы, то есть как сигнал к поиску новой научной парадигмы.

Здесь, как правило, имеется отправная точка — вполне конкретная физическая задача, которая, однако, не поддается решению на основе имеющихся в наличии теоретических средств.

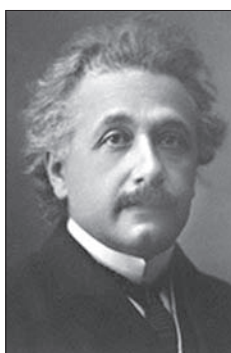
Задача, которую решал Макс Планк и которая «спровоцировала» возникновение квантовых представлений, заключалась в следующем. К 90-м годам XIX в. уже было известно, что любое нагретое тело испускает электромагнитное излучение. Многочисленные эксперименты давали характерную и внешне достаточно простую зависимость спектральной плотности энергии излучения от его частоты.

Исходным для теоретического рассмотрения здесь было условие теплового равновесия между излучением и нагретым телом, которое выступает одновременно в роли излучателя и поглотителя электро-

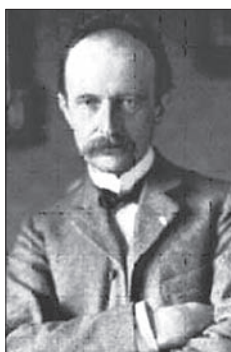
магнитных волн. В качестве элементарного излучателя Планк выбрал простую механическую модель — осциллятор. Найти нужное решение долго не удавалось, но в результате предпринятого ученым финишного полуторамесячного «мозгового штурма» оно все же было найдено, что и послужило темой официального научного доклада, сделанного им 14 декабря 1900 г. Эта дата и считается днем рождения квантовой физики.

Решение оказалось в высшей степени неожиданным (причем и для самого Планка): полученная формула в точности воспроизводила экспериментальные данные во всем диапазоне частот, находясь одновременно в полном согласии с законами термодинамики. Но только при одном условии: энергия излучателя должна изменяться дискретными равными порциями. Сама же порция ϵ определяется частотой колебаний излучателя ν простым соотношением $\epsilon = h\nu$. Коэффициент пропорциональности, численное значение которого вычисляется из опыта, и есть знаменитая постоянная Планка, представляющая собой квант действия, — одна из фундаментальных физических величин. Этот результат вывел научное сообщество на проблему: как вообще должно выглядеть теоретическое описание физических процессов, если действие не непрерывно, как считалось до сих пор, а дискретно?

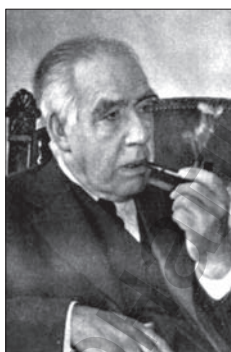
В 1905 г. Альберт Эйнштейн сделал следующий шаг. Он предположил, что нужно взглянуть на вопрос о «взаимоотношениях» вещества и света шире: дело здесь не только в излучателе, а еще и в том, что энергия излучения сама по себе имеет «зернистую» структуру. Сегодня эта идея выглядит вполне естественной, но тогда она была принята в штыки. Если другие



Альберт ЭЙНШТЕЙН — один из основателей современной теоретической физики, лауреат Нобелевской премии



Макс Карл Эрнст Людвиг ПЛАНК — основатель квантовой теории, предопределил основное направление развития физики с начала XX в., лауреат Нобелевской премии



Оге Нильс БОР — создатель первоначальной квантовой теории атома, лауреат Нобелевской премии

выдающиеся результаты Эйнштейна — предложенный им в том же 1905 г. вариант специальной теории относительности, квантовая теория теплоемкости (1909 г.), наконец, общая теория относительности (1915 г.) — получили практически немедленное признание, то гипотеза квантов излучения, хотя она уже в своем первоначальном виде отвечала еще на один «вызов природы» — дала ключ к пониманию законов фотоэффекта, — на протяжении длительного времени с редким единодушием отвергалась ведущими физиками. Тот путь, на который вступил здесь Эйнштейн, оказался достаточно долгим и тернистым. От первоначальной формулировки идеи до ее окончательного воплощения и признания научным сообществом прошло почти 2 десятилетия.

Приведем одну примечательную цитату из рекомендации, которую дали в 1913 г. Эйнштейну четверо выдающихся немецких ученых — Планк, Нернст, Рубенс и Варбург — в связи с предполагаемым его избранием в члены Прусской академии наук. После слов: «Итак, можно сказать, что вряд ли есть хоть одна крупная проблема в современной физике, в решение которой Эйнштейн не внес бы заметного вклада» авторы сочли нужным специально добавить: «То, что иногда в своих рассуждениях он заходит слишком далеко, как, например, в случае его гипотезы световых квантов, вряд ли следует ставить ему в вину, так как даже в точных науках невозможно предлагать действительно новаторские идеи, не беря на себя определенного риска».

Показательна в этом отношении и позиция еще одного выдающегося физика — Роберта Милликена, получившего в 1923 г. Нобелевскую премию, в частности, и за работы по экспериментальному исследованию фотоэффекта. В своей публикации 1915 г., отметив, что уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в точности соответствует эксперименту, он одновременно утверждал: «Однако полукорпускулярная теория, при помощи которой Эйнштейн получил свое уравнение, представляется сейчас совершенно несостоятельной». К этому остается только добавить,

что официальный текст представления Эйнштейна к присужденной ему Нобелевской премии за 1922 г. гласит: «Альберту Эйнштейну за его заслуги в области теоретической физики и в особенности за открытие закона фотоэлектрического эффекта».

В литературе нередко встречается несколько упрощенная, а порой и не вполне правильная трактовка работ Эйнштейна по квантовой теории излучения. Так, например, о статье 1905 г., как правило, говорят только как о содержащей объяснение фотоэффекта. Однако уравнению Эйнштейна для фотоэффекта в ней посвящен лишь один параграф, а реальное содержание несравненно шире. Физические модели, которыми оперировал здесь и в дальнейшем ученый, вообще отличались от планковских. Эйнштейн в значительной мере опирался на исследования Вина, которые предшествовали работам Планка. В отличие от Планка, у которого соотношение $\epsilon = h\nu$ означало связь между энергией и частотой осциллятора, у Эйнштейна оно определяло связь между частотой монохроматического электромагнитного излучения и элементарной порцией (квантом) энергии, соответствующей излучению этой частоты. Затем, исходя из представления о дискретном, одноактном характере энергетического обмена между излучением и отдельным электроном внутри металла, Эйнштейн вывел уравнение баланса энергии для такого процесса, получив ставшее впоследствии знаменитым уравнение, которое в точности воспроизводит основные экспериментально наблюдаемые закономерности фотоэффекта.

Кажущийся на первый взгляд необъяснимым факт негативного отношения Планка, автора соотношения $\epsilon = h\nu$, к корпускулярно-волновой модели Эйнштейна в действительности имел в то время достаточно серьезные основания. Приведем сжатое и акцентированное резюме данной ситуации, принадлежащее известному физiku Абрахаму Пайсу — одному из наиболее глубоких и авторитетных исследователей научного творчества Эйнштейна: «В 1900 г. Макс Планк установил закон

излучения черного тела, не используя при этом понятия световых квантов. В 1905 г. Альберт Эйнштейн открыл световые кванты, не используя закон распределения Планка».

Важно подчеркнуть, что первоначально представление о «зернистой» структуре излучения было введено Эйнштейном не для всего диапазона частот, а лишь для высокочастотной области спектра. Кроме того, в этой работе речь шла просто о сгустке энергии и совершенно не рассматривался важный вопрос о количестве движения, связанном с элементарным носителем этого сгустка. Иными словами, еще отсутствовало представление о фотоне в современном его понимании как о безмассовой частице с заданными значениями энергии и импульса.

Исключительно велико значение работ Эйнштейна 1909 г., в которых понятие корпускулярно-волнового дуализма для электромагнитного излучения формулируется в терминах статистических флуктуаций энергии и давления. Между тем следующая фраза в его докладе на 81-м собрании Общества немецких естествоиспытателей в Зальцбурге (сентябрь 1909 г.) звучит пророчески: «...Существует обширная группа фактов в области изучения, показывающих, что свет обладает рядом фундаментальных свойств, которые можно понять с точки зрения теории истечения Ньютона намного лучше, чем с точки зрения волновой теории. Потому я считаю, что следующая фаза развития теоретической физики даст нам теорию света, которая будет в каком-то смысле слиянием волновой теории света с теорией истечения».

Завершающие штрихи в основные контуры такой теории Эйнштейн внес спустя 7 лет. В 1916 г. вышли в свет 2 его статьи. В первой из них было сформулировано понятие спонтанного и вынужденного излучения и введены знаменитые коэффициенты, вошедшие в физику под его именем и образовавшие теоретическую базу всей квантовой электроники. Во второй был получен важнейший вывод о существовании импульса у кванта излучения.

«...К непротиворечивой теории мы придем только в том случае, если все элементарные процессы будем считать полностью направленными», — писал Эйнштейн в этой работе.

Тем самым в физике фактически впервые появился фотон в качестве особой элементарной частицы, обладающей помимо энергии также импульсом, направленным вдоль волновой нормали. Нужно заметить, что конституирование фотона в качестве «световой корпускулы» пришло лишь в 1923 г., после открытия эффекта Комптона — рассеяния света на свободных электронах (1922 г.). Сам термин «фотон» был предложен американским физикохимиком Гилбертом Льюисом в 1926 г., а в научный обиход он вошел начиная с 1929 г. Добавим еще, что «векторный характер» фотона, то есть необходимость существования у него собственного углового момента (спина), равного единице, был осмыслен еще позднее, только в рамках квантово-полевого подхода. Но в действительности формирование базовых квантовых представлений об электромагнитном излучении, включая вероятностную трактовку корпускулярно-волнового дуализма, было завершено Эйнштейном к 1917 г., еще до создания квантовой механики (1925—1926 гг.) и возникновения первоначальных вариантов квантовой электродинамики (конец 20-х — начало 30-х гг. прошлого столетия). Более того, Эйнштейн по праву может считаться «крестным отцом» волновой механики Шредингера, поскольку именно он в 1924 г. решительно поддержал «безумную» идею де Бройля о распространении корпускулярно-волнового дуализма на массивные частицы (волны материи де Бройля).

Завершающим вкладом Эйнштейна в развитие квантовой физики явилась разработка в 1924—1925 гг. теории одного из двух основных квантовых статистических распределений (статистика Бозе — Эйнштейна) и открытие им в этой теории фазового перехода (известного сегодня как явление Бозе-конденсации), лежащего в основе современной теории таких макроскопических квантовых эффектов, как сверхтекучесть и сверхпроводимость.

Наряду с Максом Планком и Альбертом Эйнштейном к числу великих «первопроходцев» квантовой физики, несомненно, принадлежит Нильс Бор — создатель первоначальной квантовой теории атома. В 1911 г. знаменитые опыты Резерфорда показали, что в центре атома должно находиться положительно заряженное ядро. Бор, который годом позже разработал теорию энергетических потерь заряженных частиц при их прохождении через вещество, обратил внимание на то, что в предложенной Резерфордом планетарной модели атома отсутствует одна важная деталь — механическая устойчивость. В процессе поиска теоретических оснований для существования в атоме Резерфорда основного, устойчивого, состояния Бор понял, что вполне успешно проявившая себя в физике XIX в. классическая динамика является недостаточной для описания поведения реальных электронов при атомных и, тем более, внутриатомных масштабах. Тогда Бор обратился к идеям Планка. Остроумно обобщив выражение, связывающее энергию планковского осциллятора с частотой его колебаний, на случай периодического движения электрически заряженной частицы по замкнутой орбите в поле кулоновского центра, он смог получить формулу, которая точно воспроизводила спектр атома водорода, включая известное из опыта численное значение основной спектроскопической константы — постоянной Ридберга.

Согласно модели Бора, атом представляет собой систему, которая может находиться в одном из стационарных состояний, и их энергия принимает только ряд дискретных значений. Переход атома из одного стационарного состояния в другое сопровождается испусканием монохроматического излучения, частота которого определяется разностью значений энергии рассматриваемых состояний.

Первая публикация под названием «О строении атомов и молекул», содержащая эти результаты, вышла в свет в июле 1913 г. и вызвала острый резонанс. Реакция научного сообщества в целом оказалась аналогичной отклику на эйнштейновскую гипотезу световых квантов. Основная

причина этого заключалась, конечно, в том, что в первоначальной теоретической схеме Бора отсутствовали непротиворечивые модельные представления и адекватный им математический язык. Однако последующее развитие событий показало, что Бором были сделаны пророчески верные шаги в нужном направлении. В частности, в последующем получили теоретическое обоснование оба боровских постулата, подтвердились и его интуитивные представления о вероятностном характере квантовых переходов.

Поиски адекватного исследуемым объектам математического аппарата и правильной физической интерпретации растянулись на полтора десятка лет. Они потребовали значительных интеллектуальных усилий большого интернационального коллектива выдающихся ученых, включая самого Бора. На этом пути важную промежуточную роль сыграла полуклассическая теория Зоммерфельда (1915 г.), который сумел частично реализовать квантовые идеи Бора, используя математический аппарат классической механики. Еще 10 лет спустя пришел решающий успех — создание операторной квантовой механики. Два ее варианта независимо и почти одновременно были предложены Вернером Гейзенбергом (1925 г.) и Эрвином Шредингером (1926 г.). При этом Гейзенберг в процессе разработки своей версии существенно опирался на боровские идеи принципа соответствия между классическими и квантовыми моделями. Бор также сыграл важнейшую роль в создании концептуальных основ квантовой теории, предложив свой знаменитый принцип дополнительности, который вошел в фундамент современного понимания необходимости двойственного, корпускулярно-волнового описания объектов микромира.

Однако квантовая механика Гейзенберга — Шредингера была нерелятивистской, то есть успешно описывала процессы при энергиях, много меньших, чем энергия покоя участвующих в них частиц.

В 1928 г. выдающийся английский теоретик Поль Дирак получил квантовое уравнение для электрона, справедливое во всем

диапазоне энергий. Помимо уточненного описания реальных электронов, связанного с наличием у них собственного углового момента — спина, из этого уравнения следовало замечательное теоретическое предсказание о существовании у электрона двойника — античастицы, которая была экспериментально обнаружена в 1932 г. и названа позитроном. В дальнейшем выяснилось, что существование античастиц вообще — универсальный закон квантово-релятивистской физики.

В дальнейшем синтез квантовых и релятивистских представлений в сочетании с геометрическими подходами общей теории относительности привел к глубокому пониманию процессов фундаментальных взаимодействий в широчайшем пространственно-временном и импульсно-энергетическом диапазоне от субъядерных до космологических масштабов и энергий. Этот процесс породил серию современных высоких технологий и обогатил смежные области науки новыми идеями и экспериментальными методами. Так возникли генная инженерия, Интернет, сверхпроводящие и малоразмерные технологические структуры, идея квантовых компьютеров и фильтры для одиночных молекул.

Сегодня, как и столетие назад, физика находится на пороге новых крупных открытий и технологических революций. Тем более необходимо учиться уроки возникновения, становления и развития квантово-релятивистской физики. Попробуем сформулировать некоторые из них.

Эпохальные открытия, приведшие позднее к созданию ядерной энергетики и лазерных технологий, были сделаны в результате чисто научного поиска, ориентированного на получение нового знания как такового. Никогда нельзя забывать, что в триединой цепочке «фундаментальные изыскания — прикладные исследования — новые технологии» стратегически определяющая роль принадлежит именно первому звену.

Совершенно очевидно: в 1905 г. никому не могло прийти в голову, что поиски ответа на такой крайне острый для физиков, но столь далекий от нужд тогдашнего произ-

водства вопрос «Почему всепроникающий мировой светоносный эфир ведет себя столь странным образом?» может привести к открытию принципиально новых источников энергии, а явно сомнительная гипотеза о «зернистой» структуре света — к созданию мощных пучков монохроматического излучения.

Себестоимость фундаментальных теоретических исследований низка, и, следовательно, они характеризуются сверхрентабельностью. К 1905 г. затраты на реализацию «исследовательских проектов» Эйнштейна ограничивались трехгодичным жалованием скромного эксперта III класса патентного бюро Берна. Реальный же экономический эффект от полученных результатов, как теперь ясно, настолько грандиозен, что сегодня его невозможно выразить в цифрах. Заметим, что расходы на содержание современного физикатеоретика фактически относительно так же ничтожны, как и столетие тому назад, и связаны с минимальным риском. Отдача же в случае успеха, даже частного, столь велика, что государство в своей научной политике просто обязано без колебаний постоянно идти на этот риск.

В условиях бурного роста потребности в наукоемких и энергосберегающих технологиях, происходящего на фоне непрерывного увеличения объема и усложнения структуры научного знания, все большую остроту приобретает проблема адекватной оценки и принятия научным сообществом радикально новых идей с их последующим оперативным практическим освоением. Обратной стороной этой проблемы является необходимость разработки эффективных приемов «ранней диагностики» псевдонауки, которые позволяли бы отбраковывать высокопретенциозные заявки, мимикрирующие под научные и научно-технические проекты, еще на стадии их предварительного рассмотрения.

Хотя прогнозы (даже краткосрочные) вообще дело ненадежное, тем не менее можно рискнуть и попытаться извлечь еще один урок из революционного этапа истории физики столетней давности.

Общая ситуация в физике (и в особенности в астрофизике) сегодня очень напоминает ту, которая сложилась к 1905 г. Тогда из двух ключевых проблем нерешенной оставалась проблема светового эфира. Как известно, решение было нестандартным: никакого эфира нет, следует изменить закон сложения скоростей. Говоря более строгим и специальным языком, оказалось, что пространственно-временному многообразию фактически приписывалась геометрия, которая не соответствует физической реальности.

Сегодня на первый план в физике фундаментальных взаимодействий и в астрофизике выдвинут вопрос о странных, противоречивых свойствах и физической сути темной материи и энергии, которые, согласно наблюдениям и в соответствии с их общепринятой теоретической трактовкой, должны вместе составлять не менее 95% всей гравитирующей материи в Метагалактике. Быть может, природа, бросая, как и сто лет тому назад, своей очередной вызов, пытается намекнуть нам, что в действительности никакой темной материи нет, просто мы опять что-то «неправильно складываем». Точнее говоря, возможно, что мы приписываем многообразию «пространство-время плюс энергия-импульс», в котором строится физика, не вполне адекватную геометрическую структуру. Не исключено, что решение проблемы, столь же «неожиданное», как ответ Эйнштейна на вопрос о природе светового эфира и его же гипотеза о дискретной структуре электромагнитного излучения, окажется близким к истине и в качестве возможного «побочного продукта» создаст научную базу для развития новых технологий XXI в.

Лев ТОМИЛЬЧИК,
главный научный сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси, член-корреспондент

Владимир ЛЕБЕДЕВ

Говорят специалисты

Законы квантовой физики являются фундаментом наук о строении вещества. Они позволили расшифровать атомные и молекулярные спектры, установить природу химической связи, понять структуру и свойства атомных ядер. В то же время человек пока еще не до конца сумел понять глубинную сущность законов Природы и пределы познаваемости мира. С целью обозначить наиболее актуальные вопросы развития квантовой теории мы обратились к специалистам, непосредственно сталкивающимся в своей работе с данной тематикой.

Илья ФЕРАНЧУК,
заведующий кафедрой теоретической
физики БГУ, доктор физико-
математических наук, профессор:

— С каждым днем становится все более понятным, что никакая перспективная технология без детального квантово-механического описания практически невозможна. Изначально, когда говорили о квантовой физике, подразумевалось, что речь идет о процессах внутри атома. Сейчас же квантово-механическое представление относится и к макроскопическим системам. В свое время это отлично пояснил известный американский физик Ричард Фейнман: на самом деле не существует классического и квантового мира, весь мир только квантовый. Некоторые макроскопические явления получили объяснение только в рамках квантовой механики. Это, например, свойства магнитов. Мы все ими постоянно пользуемся, но понять, почему они такие, позволила только квантовая механика. В этом ряду стоит и сверхпроводимость, с которой связано одно из важнейших направлений в области конденсированных сред. Актуальная задача — получение высокотемпературной сверхпроводимости. Некоторые достижения в этой области уже есть. Появились материалы, в которых обнаруживается сверхпроводимость при температурах, близких к комнатным, но изготовить из них провода пока еще

нельзя. А только представьте себе, что все-таки удастся передавать энергию по проводам без потерь... Электроснабжение сразу стало бы намного дешевле. Таким образом, изначально теоретические знания сейчас обретают сугубо технологический аспект.

Естественно, перед учеными стоят и глобальные квантово-механические проблемы — понять, как устроен наш мир. Данная тематика будет активно исследоваться с применением Большого адронного коллайдера. Специалисты полагают, что исключений из квантово-механических принципов нет. Сегодня не существует ни одного четко доказанного экспериментального утверждения, на основе которого можно было бы сказать, что есть какие-то отклонения от квантовых законов. Другое дело, что эти законы теперь применяются к очень сложным системам. Например, нам известно, что один электрон движется по определенному правилу, и это доказано. Но когда электронов 10 в 22-й или 23-й степени, как в реальных телах, то возникает техническая проблема — невозможно произвести точные вычисления, компьютеры с такой задачей не справляются. Таким образом, мы знаем, что уравнения правильные, но решить их во многих случаях не можем. Уже в случае атомов, которые содержат 10 электронов, никаким суперкомпьютером не удастся просчитать всю область про-

странства и описать эту систему. Так что в квантовой механике сейчас на первый план выходит развитие методов решения известных уравнений, математических методов при описании квантовых систем. И, в частности, этим направлением занимаюсь я и мои коллеги.

*Владимир БАРЫШЕВСКИЙ,
директор НИИ ядерных проблем БГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор:*

— Для меня наиболее интересным в квантовой физике является направление, связанное с космомикробиологией. В нем теория объединяет абсолютно все — и рождение нашего мира, и его развитие, и классические представления, и квантовые. Здесь кроется масса любопытного. В соответствии с законами квантовой механики, пока вы не провели процедуру измерения, то, можно сказать, даже пространства-времени не существует. А в качестве измерительного прибора в конечном итоге выступает мозг человека. В том числе из-за такого положения, прописанного в квантовой теории, квантовую механику когда-то объявляли идеалистической. На самом деле это та область нашего знания, которая дает ответы на самые важные вопросы мироздания. Правда, на мой взгляд, окончательные точки здесь не будут расставлены никогда. Несмотря на существование большого числа серьезных теорий, чем больше мы узнаем, тем больше загадок. От наличия в республике ученых, занимающихся этими проблемами, зависит очень многое — они определяют уровень высшего образования в сфере физики, устанавливают планку фундаментальной физики в нашей стране. К слову, их число могло бы возрасти, так как квантовая теория привлекает внимание многих молодых людей. Но материальные проблемы заставляют их искать другое поприще. Практики сегодня зарабатывают больше, чем теоретики. Сейчас квантовая физика стремительно находит свое практическое применение. Выяснилось, к примеру, что

без квантовой механики невозможно создавать эффективные нанотехнологии. При этом важно осознавать, что ученый, размышляющий как «проквантовать» Вселенную, занимается не менее важной работой, чем просчитывающий процессы в нанотрубке. Никаких инноваций не будет без людей, глубочайшим образом разбирающихся в фундаментальных основах физики.

*Евгений ТОЛКАЧЕВ,
главный научный сотрудник
Института физики им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор:*

— С точки зрения теоретика, наиболее интересна квантовая теория поля. Что же касается квантовой механики, то привлекательной является возможность «пощупать руками» открытия давно минувших дней. Возьмем предсказанный в 1920-е гг. бозе-эйнштейновский конденсат. Суть его в том, что в одном и том же квантовом состоянии может существовать сколь угодно много бозе-частиц, в отличие, к примеру, от электронов. Некоторые атомы ведут себя как бозе-частицы, обладающие целым спином. При охлаждении в ходе эксперимента их можно превратить в бозе-конденсат — они будут организовывать одну коллективную моду. Этот почти макроскопический «ансамбль» проявляет квантовые свойства. Всем хорошо известна интерференция света. Так вот, в случае бозе-конденсата все то же самое можно осуществить не со светом, а с атомами. Это очень интересное и уже сегодня технологически используемое направление работ.

Еще раз подчеркну то, что сейчас практически любую квантово-механическую формулу или закономерность можно «пощупать» в ходе эксперимента. То, что раньше было только на бумаге, сегодня ученые могут реально увидеть. Правда, чтобы что-то рассмотреть, нужно точно знать, куда, когда и как смотреть. Так что в области квантовой физики теория намного опережает практику.

Дмитрий ХОРОШКО, старший научный сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук:

— Квантовая физика имеет очень большое число приложений. В первые же годы после ее создания она была применена для описания многих явлений микромира. В частности, квантовая механика нашла применение для расчета атомных параметров, спектров атомов и молекул и т.д. Данное направление и сегодня остается актуальным. Многие специалисты постоянно используют квантово-механические законы для описания атомов, молекул, полупроводников, металлов. Этим инструментарием описывается все, что имеет размеры порядка нанометров. Исходя уже только из упомянутого, значение квантовой физики для современного мира чрезвычайно велико, многие прикладные исследования основаны на квантовой теории. Что касается получения нового, фундаментального знания о природе, мне видятся два главных пути развития. Первый — проникновение дальше вглубь материи, то есть изучение квантовых явлений на субъядерном уровне. Важные результаты в этом секторе ожидаются уже в ближайшие годы, над их получением работают международные команды ученых. Второй — применение квантовых технологий в области информатики. Квантовая информатика изучает, что будет происходить с информацией, если ее носителем станет квантовая система. Эта тема достаточно новая, и в ней большое число нерешенных проблем. На мой взгляд, многие значительные достижения здесь могут быть получены в том числе и нашими белорусскими учеными. Привлекательно то, что работы в этой сфере не требуют больших финансовых вложений по сравнению с ускорителями и реакторами — и теоретические, и экспериментальные исследования уже ведутся в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.

Виктор ЩИТКОВЕЦ

Когда ученые впервые сформулировали законы квантовой теории, трудно было предположить, как они могут использоваться на практике. Весьма абстрактные идеи казались уделом единиц. Однако уже в первые десятилетия своего существования она доказала свою эффективность благодаря расчетам в атомной и ядерной физике, проведенным на ее основе. Стремительное развитие науки в конце XX в. позволило переосмыслить значение основополагающих утверждений этого научного направления. Квантовые компьютеры, квантовая телепортация, квантовая криптография — вот лишь небольшой список тем, которыми занимаются сегодня многие ученые. Среди них и наш собеседник — заместитель академика-секретаря Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси, заведующий лабораторией Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси доктор физико-математических наук Сергей КИЛИН.



Из информационного века в эпоху квантовой информации

— *Сергей Яковлевич, квантовый мир живет по своим законам, существенно отличающимся от тех, которые изучают сегодня в школе. В чем их особенность?*

— Микромир непросто воспринимается при оперировании понятиями из классической макроскопической физики и требует для своего описания адекватного языка — квантовой механики и квантовой теории поля. Основные идеи здесь впервые были сформулированы Нильсом Бором, Эрвином Шредингером и Вернером Гейзенбергом. Самая главная особенность квантового описания состоит в следующем. В классической физике, восходящей к Исааку Ньютону, говоря об изменении энергии, мы подразумеваем, что можем менять ее непрерывно. Однако в микром мире энергия, так же как и некоторые другие физические величины, может меняться не только непрерывно, но также и фиксированными порциями — квантами. Самые первые кванты, о кото-

рых заговорили громко, это кванты электромагнитного поля — фотоны, понятие о которых было выдвинуто в 1905 г. Альбертом Эйнштейном.

Квантовая теория важна для физических исследований как конкретный аппарат, позволяющий рассчитывать энергетические состояния атомов и молекул, вычислять матричные элементы переходов между ними, находить параметры ядерных реакций и связанных с ними элементарных частиц. Этот инструментарий был незамедлительно востребован практической физикой. Однако квантовая механика содержит и «идейную», философскую часть, почти не находившую практического применения до недавнего времени. Именно эта ее составляющая объясняет необычность квантового мира. Наиболее полно и четко, порой специально доводя утверждения до парадоксальности, изложил ее Эрвин Шредингер в своей знаменитой работе «Современное состояние квантовой механики», которую он сам не

знал, как классифицировать — «реферат или генеральную исповедь». В ней обсуждается, употребляя современную терминологию, одна из проблем квантовой информации: что мы можем узнать о состояниях объектов квантового мира и что происходит с ними в процессе получения этого знания? Понадобилось больше полувека для того, чтобы осознанное Шредингером стало необходимо при интерпретации экспериментов, направленных на практические приложения.

— *Что же осознал Шредингер?*

— Он проанализировал «узкие места» в описании квантомеханических процессов и пришел к выводу, что в случае квантового объекта следует говорить не о нем как таковом, а о его состояниях. Причем они совершенно нестандартны в обычном человеческом понимании. Например, если у вас есть яблоко, то оно определенного цвета: зеленого, желтого, красного. А вот квантовый объект может быть од-

новременно «и зеленым, и красным», то есть обладает свойствами суперпозиции. Более того, когда вы захотите выяснить его «цвет», то в процессе оценки он изменится. В итоге мы попадаем в ловушку большого числа вопросов. Чтобы показать концептуальную сложность квантовой механики, Шредингер придумал известный всему миру пример, который называется «парадокс шредингеровского кота». Предположим, что в стальном ящике находится флакон с ядом, который может быть разбит посредством механизма, запускающегося при распаде одного радиоактивного атома. Находящийся внутри ящика живой кот в результате умрет. Однако точно так же, как состояние радиоактивного атома есть квантовая суперпозиция распавшегося и нераспавшегося состояний, состояние шредингеровского кота — это суперпозиция состояний живого и неживого. Пока вы не откроете ящик, вы не знаете, что с котом — он для вас и мертв и жив одновременно.

Шредингер сформулировал четыре основных положения, которые сводятся к тому, что состояния объектов квантового мира обладают следующими свойствами: суперпозиции — состояния описываются

линейной суперпозицией базисных состояний; интерференции — результат измерений зависит от относительных фаз амплитуд в этой суперпозиции; перепутывания — полное знание о состоянии всей системы не соответствует такому же полному знанию о состоянии ее частей; неклонируемости и неопределенности — неизвестное квантовое состояние невозможно клонировать, а также наблюдать без его возмущения.

— **Простому человеку понять и принять эти законы сложно.**

— Потому что мы не сталкиваемся с ними в повседневной жизни. В микроскопических системах, таких как атомы и молекулы, квантовые суперпозиции — обычное явление, а в макросистемах квантовые суперпозиционные состояния не наблюдаются. Очевидно, есть причина, приводящая к их разрушению. Природа этого явления — декогеренция — стала ясна не так давно. Суть в том, что чем более макроскопичен объект, тем быстрее он из квантовой суперпозиции переходит в область классического состояния. Распад, который приводит к разрушению «волшебства», происходит за миллионные доли микросекунды. Кстати, задача

сохранения состояний типа шредингеровского кота для мезоскопических систем весьма актуальна. С ее решением можно будет говорить о многих приложениях квантовой информации.

Чтобы понимание законов квантовой механики было всеобщим, нужно знакомить людей с квантовыми объектами и их свойствами как можно раньше. Ведь если человеку сообщить о том, что дважды два — четыре, допустим, только в десятом классе, то поверьте, воспринять это ему будет сложно. Базисные понятия квантовой механики проверены экспериментально. Можно сказать, что сегодня они имеют такое же значение, какое в свое время имела таблица умножения.

— **Это даже не метафора, а реальность. Расскажите, пожалуйста, о квантовых вычислениях и компьютерах.**

— Вместо классических цифр для вычислений можно использовать состояния квантовых систем как объектов, подчиняющихся обратимой гамильтоновой динамике. Квантовые компьютеры — физические устройства, выполняющие логические операции над квантовыми состояниями



Алмазный квантовый чип, который обеспечит уникальные возможности компьютера, будет содержать миллионы микрорезонаторов, каждый из которых представляет собой матрицу отверстий в алмазе — фотонный кристалл (2). Эти резонаторы будут усиливать эффективность взаимодействия между спинами, имплантированными в их центрах (сиреневая точка) и фотонами, которые переносят квантовую информацию из одного места чипа в другое. Изменением напряжения на электродах (3) будет производиться управление взаимодействием фотонов со спинами. Микроволны, подаваемые с помощью направляющих структур (1), позволят управлять одиночными спиновыми состояниями (кюбитами).

Разные спины в каждом резонаторе имеют разные назначения: центры «азот — вакансия» (NV-центры) и спины азота производят обработку информации, NV-центры взаимодействуют с фотонами, ядра углерода ^{13}C хранят информацию в течение времени, достигающего на сегодняшний день одной секунды.

путем унитарных преобразований, не нарушающих квантовые суперпозиции в процессе расчетов. Очень схематично работа такого аппарата может быть представлена как последовательность трех действий: запись начального состояния; вычисление — унитарные преобразования состояний; вывод результата — измерение, проецирование конечного состояния.

Обычный цифровой компьютер оперирует битами, принимающими значения 0 и 1, и на любом этапе вычислений они точно известны. Квантовый работает с состояниями. Простейшей квантовой системой, выполняющей функцию, аналогичную классическим битам, является система с двумя возможными состояниями, для обозначения которой предложен специальный термин «кюбит» — квантовый бит информации. Общее состояние такой системы есть суперпозиция — нечто большее, чем булевское 0 или 1; кюбит — это квантовая суперпозиция двух чисел: нуля и единицы. Физическими системами, реализующими кюбиты, могут быть любые объекты, имеющие два квантовых состояния: поляризационные — фотонов, электронные — изолированных атомов

или ионов, квантовых точек, спиновые — ядра и др.

— А зачем нужны квантовые компьютеры? В чем их преимущество?

— Уже первая операция всех (классических и квантовых) вычислений — подготовка начального состояния регистра — демонстрирует возможные преимущества этих устройств. При наборе начального числа на классическом регистре, состоящем из w битов, нам потребуется w операций — на каждом бите установить значения 0 или 1. При этом будет записано только одно число длиной w . При совершении же w унитарных операций с каждым кюбитом в квантовом регистре из w квантовых точек мы приготовим когерентную суперпозицию всех $Q = 2^w$ состояний общей системы квантового регистра. Тем самым мы приготовим вместо одного числа сразу 2^w возможно его значений. Естественно, это свойство может быть использовано для квантовых параллельных вычислений.

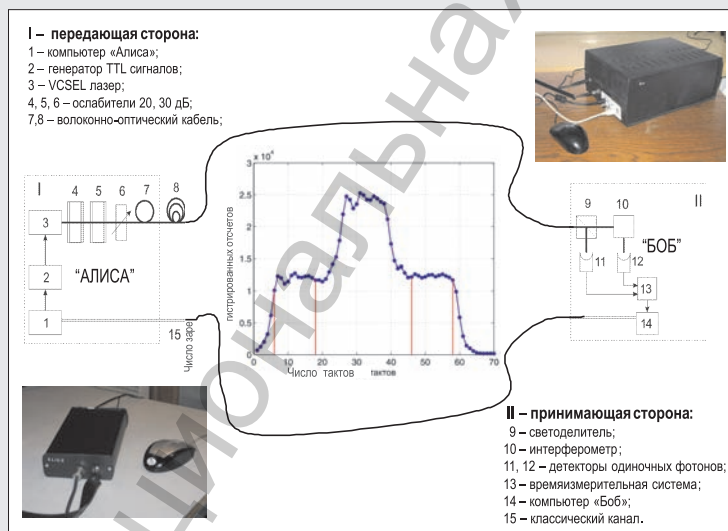
Представим себе какое-нибудь большое число, к примеру 2^{200} — это количество частиц во Вселенной. Если мы возьмем

квантовый компьютер с регистром в 200 кюбитов, то сможем за одно действие провести операцию с этим огромным числом. На стандартном компьютере подобные расчеты практически невозможны.

Эффективная концепция квантового процессора и квантовых логических вентилях была предложена в 1989 г. Дэвидом Дейчем. Он также нашел универсальный логический блок, с помощью которого можно выполнить любые квантовые вычисления. Сейчас показано, что одно- и двухбитных блоков достаточно для получения всего необходимого набора преобразований.

— Невозможно не упомянуть о таком удивительном явлении, как квантовая телепортация...

— Эволюционное течение исследований в области измерения, трансформации и передачи информации в квантовом мире было буквально взорвано экспериментальной реализацией в конце 1997 г. Антоном Цайлингером и его сотрудниками этой старой мечты фантастов, которая обычно подразумевает исчезновение объекта в одном месте и возникновение в другом, пространственно удаленном.



Передающая сторона («Алиса») кодирует биты криптографического ключа в состоянии квантовых объектов, которые передаются по квантовому («защищенному») каналу получателю («Бобу»). Такими объектами являются когерентные лазерные импульсы определенной длительности, содержащие в среднем один фотон. Информация о ключе содержится во временной задержке испускания этих импульсов относительно тактовой частоты системы. Принимающая сторона с помощью детекторов, позволяющих фиксировать попадание одиночных фотонов, регистрирует время их прибытия. Время появления этих фотоотсчетов является случайной величиной с распределением вероятности пропорциональным профилю импульса.

Перекрытие профилей сигналов для «0» и «1» не позволяет подслушивающей стороне однозначным образом определить состояние пересылаемых квантовых объектов. Поэтому при проведении любых действий по их измерению в «защищенном» канале и попытках декодировать ключ в сигнал будет вноситься случайный неконтролируемый шум.

Кроме декодирования информации о ключе, производятся интерферометрические измерения с помощью волоконно-оптического интерферометра Маха — Цандера для контроля когерентности импульсов и дополнительной защиты системы от взлома.

Хотя предположение о квантовой телепортации — возможности переноса квантового состояния одного объекта на другой — было сделано Чарлзом Беннетом с коллегами еще в 1993 г., именно эксперимент привлек к себе широкое внимание научной (и не только) общественности. Классически понимаемая телепортация состоит в максимальном тестировании объекта и затем в передаче выявленных свойств с последующим его восстановлением. Однако проецирование и разрушение объекта при измерении запрещают эту процедуру в квантовом мире. Вместе с тем существует иной способ передачи квантового состояния. Ключевую роль в открытой схеме играют пары частиц, находящиеся в перепутанных состояниях. При этом следует выделить следующие нюансы: в случае квантовой телепортации кроме свойств частиц обязательно используется еще и классический канал передачи информации для предоставления данных о проведенной операции; процедура телепортации не нарушает теорему о неклонированности отдельного квантового объекта; квантовая телепортация может осуществляться на произвольные расстояния (сейчас технически возможно поддержание поляризационной

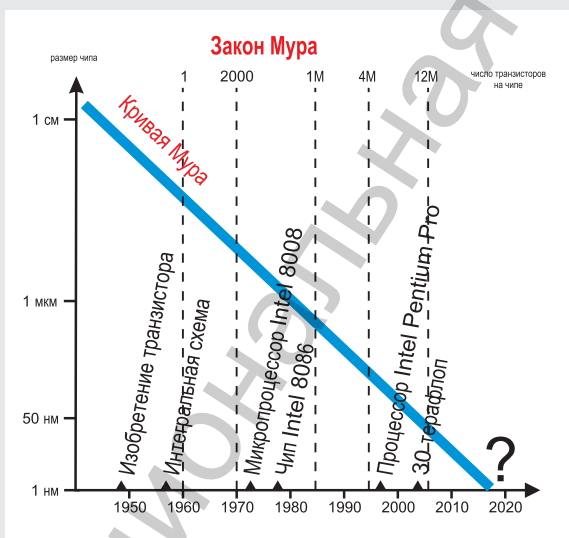
перепутанности фотонов на расстояниях более 10 км).

Реализация квантовой телепортации состояний открывает новые перспективы в решении проблемы передачи легко разрушаемых суперпозиционных состояний на большие дистанции без потери ими когерентности, что является камнем преткновения для создания квантовых компьютеров. Кроме этого, проблема телепортации, несомненно, затрагивает ряд вопросов принципиального характера, в частности обмена квантовой информацией в сложных пространственно разнесенных молекулярных структурах, в том числе биологических. Значение работ Антона Цайлингера и его последователей еще и в том, что после них обсуждение информационного аспекта квантовой механики окончательно перешло с уровня «мысленных экспериментов» в разряд «практически значимых». Попытки по телепортации еще раз продемонстрировали, что традиционная трактовка квантовой механики, опирающаяся на понятия «состояние», «суперпозиция состояний», «редукция», не дававшая ранее сбоев в предсказании результатов экспериментов, была состоятельной и в этот раз.

— Если говорить о практических приложениях, то сейчас широко обсуждаются возможности квантовой криптографии. Что она собой представляет?

— Одна из целей криптографии состоит в передаче информации между двумя сторонами так, чтобы попытка перехватить ее третьим субъектом была обречена на неудачу. Современными методами классической криптографии эта задача почти решается, например, в рамках «симметричных» криптосистем, опирающихся на предварительное создание пользователями секретного ключа. Однако на практике ее реализация наталкивается на серьезные трудности. Одна из них — распределение между пользователями большого числа ключей, необходимых каждый раз, когда посылается новое сообщение. Данная проблема может быть решена при наличии физического канала, секретность которого обеспечивалась бы не величиной пространства перебора используемых ключей, а физическими законами. Именно такую возможность и предоставляет квантовая физика.

Квантовая криптография опирается на невозможность клонирования отдельного



Диаграмма, демонстрирующая феноменологический закон Мура

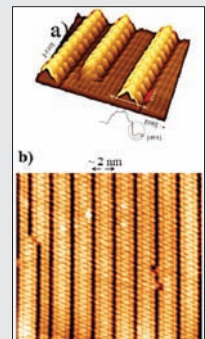
ПОЛУЧЕН КРЕМНИЕВЫЙ АНАЛОГ ГРАФЕНА — СИЛИЦЕН

Графен стал одним из самых «горячих» и популярных материалов в физических исследованиях, поэтому неудивительно, что некоторые группы ученых пытаются получить его аналог — силицен, представляющий собой атомарный слой кремния. Международная группа исследователей вырастила его методом молекулярно-лучевой эпитаксии на серебряной подложке. Авторы заявляют о детально изученных физических и химических свойствах материала. Одно из них заключается в большей химической стабильности силициновых полосок по сравнению с графеновыми. В частности, речь идет о сильной химической активности атомов углерода, находящихся на краях графеновых полосок, в то время как силициновые края подвержены такому явлению в значительно меньшей степени. По мнению разработчиков, применение силицена в микроэлектронике должно продлить жизнь закону Мура, согласно которому емкость запоминающих устройств удваивается примерно каждые два года при их неуклонной миниатюризации.

На картинках, полученных с помощью сканирующего туннельного микроскопа:

а) изображение параллельных силициновых полосок, выращенных при комнатной температуре на серебряной подложке размером $6,2 \times 6,2$ нм;

б) изображение решетки силициновых полосок с шагом приблизительно 2 нм. Размер изображения 22×20 нм.



го квантового объекта. Если в качестве переносчика секретного ключа выступают состояния отдельных частиц, то при попытке зарегистрировать эти состояния внешним наблюдателем они разрушаются. Факт попытки перехвата можно обнаружить, используя определенный протокол взаимодействия принимающей и передающей сторон. Один из вариантов, к примеру, связан с кодировкой поляризационных состояний фотонов в двух альтернативных базисах, не ортогональных друг к другу. Внешний наблюдатель, желая узнать секретный ключ, обязательно должен пытаться считывать информацию из квантового канала. Но при этом он вызывает несовпадения в данных, которые получают обе стороны, так как измерения необратимым образом разрушают поляризационные состояния фотонов. Тем самым будет установлена попытка нарушения секретности.

В настоящее время для реализации квантового канала в схеме квантовой криптографии наиболее подходящей средой является оптическое волокно, свойства которого позволяют передавать криптографические ключи на расстояния до 100 километров.

— Каковы перспективы работы ученых в сфере квантовой информации?

— Одна из основных тенденций в мировом развитии передовых информационных технологий определяется феноменологическим законом Мура — одного из основателей компании «Интел». Согласно ему количество транзисторов в чипе удваивается каждые 18 месяцев. Экстраполяция этого закона на ближайшие годы приводит к выводу, что габариты транзистора к 2015 г. должны уменьшиться до уровня атома водорода. А при таких масштабах действуют законы квантовой физики, представляющие новые возможности для обработки информации. Рынок нам явно показывает, что использование атомарных размеров — это ближайшее будущее. Квантовые информационные технологии, включая квантовые компьютеры, квантовую криптографию, — реальность нашего времени, создаваемая в научных лабораториях. Сегодня в мире насчитывается

более 215 научных центров и университетов, занимающихся данной тематикой. На финансирование разработок квантовых компьютеров и систем квантовой криптографии направляется около 75 млн евро в год в США и 25 млн евро — в Японии, Европейское космическое агентство выделило около 500 млн евро для создания системы квантовой криптографии в космосе.

В настоящее время предложено несколько вариантов создания квантовых процессоров: на ионных ловушках, атомарных чипах, сверхпроводящих устройствах, элементах линейной оптики, на квантово-размерных твердотельных системах. Очевидного лидера в этой «гонке» за освоение промышленного сектора еще нет. В 2002 г. в совместной статье с Александром Низовцевым и Йоргом Врахтрупом, сотрудником университета Штутгарта, нами было обосновано предложение об использовании центра «азот — вакансия» в алмазе для создания твердотельного квантового компьютера. Эта идея сейчас реализуется в совместном проекте 6-й Рамочной программе, где участвуют также научный центр «Элемент Сикс» компании «Де Бирс», 5 европейских и 1 австралийский университеты. Результатом работ должна стать новая нанотехнология создания квантовых процессоров.

В нашей лаборатории совместно с Дмитрием Хорошко, Вячеславом Чижевским и Дмитрием Пустоходом разработан и создан уникальный экспериментальный макет волоконно-оптической системы квантовой криптографии. С его помощью осуществлено квантовое распределение ключа на расстояние до 10 километров на основе генерации, квантового кодирования, пересылки и регистрации квантовых битов в виде импульсов ослабленного до однофотонного уровня лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона, а также на основе контроля временной когерентности лазерного источника посредством интерферометрических измерений в режиме счета фотонов. Реализованный на основе макета протокол квантового распределения ключа отличается от классических способов распределения

ключа безусловной защищенностью, подразумевающей использование всех возможных средств для атак, в том числе и разрабатываемых квантовых компьютеров, против атак которых будут беззащитны современные классические криптографические методы. Создаваемые макетом ключи могут быть использованы для обеспечения защиты правительственной связи и коммерческой информации на принципиально новом уровне, базирующемся на законах квантовой физики.

Вклад белорусских ученых в развитие квантовой информатики высоко ценится в мировом научном сообществе. Организованная и проводимая ими более 20 лет международная конференция по квантовой оптике и квантовой информатике ICQOQI неизменно привлекает большое число исследователей со всего мира. Эта оценка подтверждается и заказными обзорными статьями, и публикациями белорусских ученых в высокорейтинговых научных журналах.

В заключение хотелось бы отметить, что развитие научных исследований в этом направлении идет чрезвычайно быстро. «Научная гонка» за достижениями, приближающими реализацию преимуществ квантовых информационных технологий, вовлекла в себя, объединила и взаимно обогатила ранее стоявшие несколько отстраненно друг от друга такие области, как дискретная математика и квантовая механика, программирование и квантовая оптика. Кроме того, она придала практическую значимость изысканиям, ранее казавшимся весьма далекими от возможных практических приложений — исследованиям одиночных квантовых объектов: отдельных атомов и ионов в высокодобротных резонаторах и ловушках, молекул и примесных центров в полимерных и кристаллических матрицах. Все это вызывает появление принципиально новых подходов, методов и материалов. Это направление — консолидирующее и аккумулирующее новейшие научные достижения в практических интересах общества.

Владимир ЛЕБЕДЕВ

Сергей Гапоненко

заведующий лабораторией нанооптики Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,
член-корреспондент

Валентина Хильманович

преподаватель Гродненского государственного университета им. Я. Купалы

Классические аналогии квантовых явлений

Современное естественнонаучное образование и восприятие научной картины мира невозможны без понимания основ квантовой физики. Будущие преподаватели, инженеры и ученые, получающие знания по физике в классических, технических и педагогических университетах, знакомятся с квантовой механикой в учебных курсах атомной и квантовой физики или в других, посвященных принципам строения вещества и микромира.

Чрезвычайно важно уже на ранних этапах постижения квантовой физики развивать «квантовую» интуицию и «квантовое» мышление. Необходимость этого диктуется не только надобностью формирования у современных специалистов полноценной естественнонаучной картины мира, но и быстрым развитием наноэлектроники и нанотехнологий, в основе которых лежат квантовые свойства вещества. С точки зрения восприятия студентами курс квантовой механики является весьма сложным и вызывает немало трудностей. В педагогической практике культивируется мнение, что квантово-механические представления не обладают наглядностью. Это дает основания и преподавателю, и студентам заранее примириться с тем, что концепции, понятия и результаты квантовой механики находятся за границами наглядно-образного мышления, основа которого — образы и представления, включающие признаки изучаемого явления или процесса. Кроме того, во многих вузах отрывочный (например, в педагогических универси-

тетах) и эпизодический (для инженерных специальностей) характер подаваемого учебного материала дополнительно затрудняет формирование согласованной системы представлений о свойствах квантовых объектов. По этой причине для многих студентов квантовые явления непонятны и оторваны от общей физической картины макромира, в котором для них действуют законы классической механики. В этом заключается, возможно, основная причина сложности в восприятии и понимании квантовых эффектов. Возникает вопрос: как улучшить преподавание этого раздела физики, отобразив квантовые явления более наглядно? Можно ли сделать их понятными на уровне школьного образования?

Значительная часть особенностей микромира — следствие решения одночастичного стационарного уравнения Шредингера. Оно по форме совпадает с дифференциальным уравнением Гельмгольца, которое описывает свойства классических

волн, например звуковых или электромагнитных. Поэтому разнообразные квантовые явления имеют классические аналогии, и это свойство нам представляется весьма важным и полезным для понимания их физической сущности. Психологический барьер неприятия квантовых представлений в значительной степени понизится, если явления квантовой механики сопоставлять не с классической механикой, а с волновой оптикой.

На этом основании предлагается систематически использовать в вузовском, а может быть, в зачаточной форме, и в школьном обучении аналогичные пары явлений и эффектов квантовой, а точнее, волновой механики и волновой оптики. Все установленные аналогии обусловлены тремя основными факторами: отражением волн на скачках потенциала, существованием неоднородных волн в так называемых «классически запрещенных» областях, а также интерференцией волн, рассеянных на скачках показателя преломления или потенциала.

Оптические аналогии выбраны не случайно, а в силу нескольких весьма существенных причин. Во-первых, волновые эффекты в оптике хорошо известны из повседневного опыта. К ним относятся, например, отражение и преломление света на границах раздела двух сред, интерференционная окраска тонких пленок, зеркальные свойства металлических поверхностей. Во-вторых, волновые эффекты в оптике изучаются в курсах физики до того, как начинается изложение основ квантовой механики и атомной физики, причем их изучение не сводится к усвоению волновой теории света, но сопровождается практическими и лабораторными занятиями. Но самым серьезным аргументом, обусловившим выбор оптических аналогий для повышения наглядности при описании

квантовых эффектов, стало удивительное «взаимодействие» волновой оптики и квантовой механики в процессе развития физической науки. Именно первая стала отправной точкой при поиске законов для описания микромира. Волновая механика формировалась в 20-х гг. прошлого века как такое приложение к классической механике, которое дополняло бы ее подобно тому, как волновая оптика сосуществует с геометрической. Впоследствии в конце XX ст. в естествознании и технике произошел не менее удивительный обратный процесс. Результаты квантовой механики, полученные при решении задач о поведении электронов в сложных потенциалах, в первую очередь при построении одноэлектронной теории твердых тел, были систематически перенесены в оптику и во многом стимулировали развитие нанофотоники и разработку целой гаммы оптических микро- и наноструктур.

Такое плодотворное взаимодействие двух крупных разделов физической науки и человеческой практики отражает гармонию нашего мира, особенности развития физической теории, а также демонстрирует нетривиальные пути зарождения новых технологий на основе исключительно фундаментальных теоретических исследований (о чем, к сожалению, в последнее время стараются забыть, требуя от ученых немедленных промышленных приложений).

К сожалению, отражение взаимосвязи механики и оптики на ранних этапах зарождения квантовой механики не только не вошло в педагогическую практику, но, на наш взгляд, не получило адекватного внимания и в историко-научной литературе. В связи с этим напомним некоторые факты из истории физики.

На первой стадии становления квантовой механики оптические представления и оптико-механические аналогии имели определяющее значение для интуитивного формирования новых понятий и идей. Наиболее сильно их использование просматривается в основополагающих работах по созданию волновой механики Луи де Бройля и Эрвина Шредингера.

Луи де Бройль выдвинул теорию, устанавливающую связь между частицами и волнами. В 1923—1924 гг. он первым высказал мысль о наличии волновых свойств у частиц и сформулировал идею об универсальности корпускулярно-волнового дуализма. «Руководимый идеей глубокого тождества между принципом наименьшего действия (в механике) и принципом Ферма (в оптике), я с самого начала моих исследований по этому вопросу принял, что для заданной величины полной энергии движущегося тела и, следовательно, для заданной частоты ее волны и фазы динамически возможные траектории движущегося тела совпадают с возможными лучами волн», — писал де Бройль. Обращая внимание на сходство в уравнениях волновой оптики и кинематики частиц, Луи де Бройль нашел в теории Гамильтона — Якоби «теорию союза волн и частиц». Он рассмотрел как нечто связанное одно с другим основные идеи оптики и механики и пришел к выводу: «Лучевые траектории волн фазы совпадут с динамически возможными траекториями тела». Напомним, что принцип Ферма является основным для геометрической оптики. Его простейшая форма — утверждение, что луч света всегда распространяется в пространстве между двумя точками по тому же пути, вдоль которого время его прохождения меньше, чем вдоль любого из альтернативных путей.

Установленная в 1824 г. Гамильтоном аналогия между механикой и оптикой сыграла определяющую роль в появлении основного уравнения квантовой механики — уравнения Шредингера. Уравнения эйконала в геометрической оптике демонстрируют явную аналогию с уравнением Гамильтона — Якоби в классической механике. Эйконал (изображение) — функция в геометрической оптике, определяющая оптическую длину пути луча света между двумя произвольными точками, одна из которых принадлежит пространству объектов, а другая — изображений. Эрвин Шредингер использовал эту аналогию, что ясно отражено в его первых работах по квантовой механике, написанных в 1926 г. Эти труды содержали формулировку волнового уравнения,

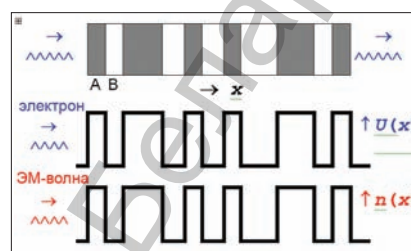


Рис. 1. Гипотетическая сложная среда, состоящая из областей с различными условиями распространения для электронов и электромагнитных волн. В случае электронов вдоль направления движения изменяется потенциальная энергия, а в случае электромагнитных волн — диэлектрическая проницаемость или показатель преломления

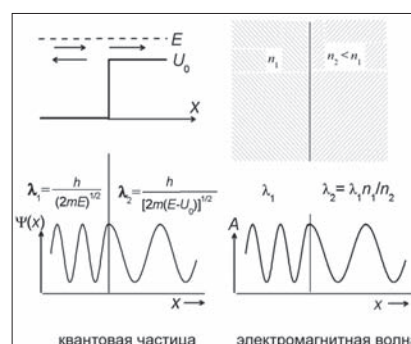


Рис. 2. Движение квантовой частицы (слева) и электромагнитной волны (справа) над ступенькой потенциала и показателя преломления соответственно. В обоих случаях имеется частичное отражение и изменение длины волны. Ступенька потенциала «вверх» в квантовой механике соответствует ступеньке показателя преломления «вниз» в оптике. Для электрона показан график волновой функции, а для электромагнитной волны — амплитуды поля. На графиках не учтено изменение амплитуды при прохождении и отражении

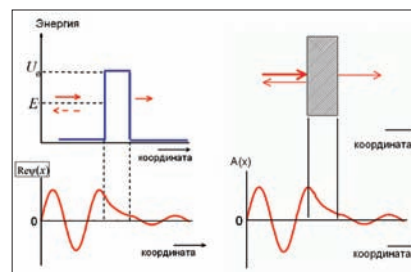


Рис. 3. Аналогия в туннелировании квантовой частицы (слева) и прохождении электромагнитной волны сквозь металлическую пластинку (справа). Волновая функция подобно амплитуде поля экспоненциально затухает внутри барьера, принимая вид синусоиды за барьером

его применение к атому водорода и обоснование. Влияние оптико-механической аналогии особенно ясно высказано в его нобелевской лекции «Фундаментальная идея волновой механики» (1933 г.).

Первая часть статьи Шредингера 1926 г. «Квантование как задача о собственных значениях» имеет подзаголовок «Оптико-механическая аналогия Гамильтона». Шредингер настойчиво указывает, что подобие принципов Гамильтона и Ферма не является математической случайностью, а имеет глубокую физическую причину. Он подчеркивает, что внутренняя связь теории Гамильтона с волновыми процессами была известна самому Гамильтону, но, к сожалению, не принималась во внимание длительное время. Называя уравнения геометрической оптики и принцип Ферма квинтэссенцией волновой теории света и указывая на саму эту теорию как на результат развития и обобщения геометрической оптики, Шредингер утверждает, что новую механику необходимо строить путем развития механики Гамильтона до волновой. Классиком он называет «геометрической механикой» и проводит четкую мысль о том, что новая, волновая, механика должна соотноситься с классической,

как волновая оптика — с геометрической. Подчеркивая, что такое построение физической теории является отражением внутренней гармонии мира, позднее, в 1933 г., в своей нобелевской лекции Шредингер сказал: «Казалось, что природа осуществила одну и ту же закономерность двумя различными способами. Один раз — в случае света при помощи довольно ясной игры волн, в другой — в случае материальных точек, где положение вещей было непонятно, если только не стараться и здесь говорить о волновой природе».

В 1927 г., через год после формулировки уравнения Шредингера, один из создателей квантовой теории Макс Планк в книге «Теория света» кратко и ясно оценил роль оптических представлений в развитии идеи волновой механики. Он написал: «Законы новой механики найдены просто прослеживанием аналогии механики с оптикой».

Рассмотрим основные аналогии квантовой механики и оптики. Как уже отмечалось, они обусловлены волновыми свойствами квантовых частиц и электромагнитного излучения. Для их проявления необходимо изменение потенциальной энергии квантовой частицы либо диэлектрической прони-

цаемости среды, в которой распространяется излучение, на масштабах, сравнимых с соответствующей длиной волны. Для электрона — это единицы нанометров, а для света — сотни нанометров (рис. 1).

Основополагающими являются две аналогии. Первая — между отражением/прохождением света на границе двух диэлектриков и отражением/прохождением квантовой частицы над потенциальным полубесконечным барьером (рис. 2). Вторая — между туннелированием квантовой частицы под барьером и распространением электромагнитной волны сквозь тонкую металлическую пластинку (рис. 3) либо сквозь тонкий слой диэлектрика в условиях нарушенного полного внутреннего отражения.

С использованием этих двух базовых примеров становится понятной целая серия аналогий, приведенных в таблице.

Следует еще раз подчеркнуть, что указанные аналогии являются физически корректными, так как основаны на решении математически идентичных задач. Различие решений уравнений Шредингера и Гельмгольца состоит лишь в том, что в первом случае получается волновая функция, квадрат которой определяет вероятность (и продолжительность) пребывания частицы в данной области пространства, а во втором — амплитуда поля, квадрат которой определяет интенсивность света в данной точке. Аналогия становится еще более полной, если сравнивать излучение не с единичным электроном, а с потоком, содержащим статистически большое количество частиц. Тогда квадрат волновой функции определит число частиц в потоке в данной области пространства.

Математический анализ решений указанных уравнений приводит к идентичным выражениям для вероятностей прохождения и отражения в квантовом и классическом случаях, если в квантовой задаче использовать обозначение, аналогичное показателю преломления в оптике, определяющему изменение скорости движения на скачке потенциала. Этот подход не нов, он был предложен в середине прошлого века Арнольдом Зоммерфельдом.

Таблица. Аналогия свойств электронов и электромагнитных волн при распространении в сложных средах

Профиль потенциала	Электрон	Электромагнитная волна
Полубесконечный барьер	Отражение/прохождение	Отражение/прохождение
Яма конечной ширины	Отражение/прохождение над ямой	Отражение, прохождение и моды Фабри — Перо в воздушном зазоре между диэлектриками
Барьер конечной ширины	Отражение/прохождение над барьером	Отражение/прохождение и моды Фабри — Перо для тонких диэлектрических пластинок
	Туннелирование под барьером	Прозрачность тонких металлических пленок. Нарушенное полное внутреннее отражение
Яма между двумя барьерами	Резонансное туннелирование	Прозрачность интерферометров Фабри — Перо
Последовательность одинаковых барьеров/ям	Множественное расщепление стационарных уровней энергии	Множественное расщепление резонансных полос пропускания в связанных микрорезонаторах

фото Александра Костыко



Преодоление высоты

Когда Владимир Лабунов — известный спортсмен, мастер спорта по гимнастике и прыжкам с шестом, член сборной команды СССР, неоднократный чемпион и рекордсмен Беларуси — в довольно молодом возрасте стал академиком, журналист, бравший в то время у него интервью, спросил: «Как такое могло произойти? Ведь и спорт, и наука — причем и то и другое в отдельности — требуют полной самоотдачи». На что ученый с присущим ему юмором ответил: «Все просто: надо в течение пяти лет пять раз в неделю по пять часов в день падать головой в песок с высоты пяти метров. Это даст необходимый эффект».

— А если без шуток, Владимир Архипович, как вы преодолели эти две высоты — спортивную и научную?

— Почему-то бытует мнение, что спортсмен — это груда мышц, бездумная машина, выполняющая чисто технические движения и не способная мыслить. Бесспорно, тот же прыжок с шестом требует от человека незаурядных физических качеств — прыгучести, спринтерских навыков. Но решающую роль в победе играет разум. Спортсмен, настроенный на высокий результат, концентрируется на технических, ключевых аспектах, думает

о том, как исключительно точно скоординировать движение, чтобы взять высоту. Если не хватает эмоционального заряда, подогревает себя, нагнетает кураж. Так что в спорте нужны не только сила и выносливость, но и аналитический ум.

— Но все же тренировки отнимали у вас уйму времени. Не мешало ли это учебе в школе, институте, в научной деятельности?

— Этот вопрос можно адресовать современному молодому человеку, а нам, детям войны, задавать его попросту не-

уместно. Со сверстниками и старшими товарищами я занимался спортом для того, чтобы быть здоровее других и выжить. Думаю, именно в то время был заложен фундамент спортивного честолюбия в хорошем смысле этого слова. Он позволил мне впоследствии не бояться трудностей и решать сложные задачи, с которыми в жизни приходилось сталкиваться не раз. Упорство и трудолюбие — те основные качества, которые формирует в человеке спорт, — наоборот, помогали учиться. Я окончил школу с серебряной медалью, получив всего одну четверку по немецкому языку, с красным дипломом — Белорусский политехнический институт.

— И довольно скоро, через пять лет, защитили кандидатскую диссертацию на тему «Взаимодействие ультразвуковых колебаний с твердым телом»...

— После завершения учебы меня распределили на предприятие радиотехнической промышленности, где я стал работать инженером-конструктором. Меня заинтересовали технологические инстру-

ГОВОРЯТ УЧЕНИКИ ЛАБУНОВА



фото Андрея Максимова

Николай КВАСОВ —
заведующий кафедрой физики,
доктор физико-математических наук,
профессор:

— Младшим научным сотрудником в 1980 г. я перешел из НИИСА в голографическую лабораторию, входившую в состав проблемной лаборатории при кафедре микроэлектроники. Под началом Владимира Архиповича мы разрабатывали методы диагностики интегральных микросхем и изучали их надежность. В коллективе царил особенная дружественная атмосфера, мы были охвачены одним порывом, одной целью. Он безусловный лидер, умеющий объединить, подчинить своей воле. Но в то же время с ним всегда можно поспорить, если у тебя есть научная идея, жизнеспособность которой ты в состоянии доказать.

Под его руководством в 1984 г. я защитил кандидатскую диссертацию по теме «Напряженное состояние кристаллической решетки кремния при ионных и фотонных воздействиях», в 1992-м — докторскую.

Что его характеризует? Он мгновенно рождает научную идею, тут же загорается ею и вовлекает всех в ее реализацию. Его удивительное видение «жизни» наномира, создание качественно новых технологических процессов, разработка уникальных способов модификации свойств твердых тел, например идея о поверхностном натяжении кристаллов, играющем важную роль в явлении дальнего действия, делает его общепризнанным лидером и центром притяжения для физиков, химиков, технологов, конструкторов. Ведь не случайно возглавляемая в свое время Владимиром Архиповичем кафедра микроэлектроники со всем научно-технологическим и экспериментально

менты, с помощью которых в твердом теле можно менять свойства — давать нужную проводимость, переводить в термодинамически равновесное состояние, формировать определенные слои. Поступил в аспирантуру БПИ, защитил кандидатскую и был распределен в Минский радиотехнический институт, где и начал свою научную и преподавательскую деятельность в должности ассистента.

— Во времена холодной войны вы попали в США на стажировку в университет Брауна. Уникальное событие для тех времен. По какому принципу отбирали туда ученых?

— Это был так называемый обмен «30 на 30» молодых людей из обеих стран, и оказаться в Америке было непросто. Отбор шел через очень серьезное сито, ведь такое небольшое количество талантливой молодежи отбирали со всего Союза. Мне повезло побывать в одном из старейших и лучших университетов США, в котором работали интересные, яркие, самобытные личности. Хорошо, что, невзирая на политические разногласия, находились мудрые люди, которые и в пору железного занавеса считали, что наука была и остается по сути своей единой для всего мира. Она создавалась и создается учеными, живущими в разных государствах с разными социально-политическими устройствами, культурными традициями, разным уровнем и типами экономического развития.

— Но, для того чтобы чувствовать себя полноценным членом международного научного сообщества, нужно в совершенстве владеть иностранными языками...

— Прежде чем попасть в Америку, я окончил трехлетние интенсивные курсы английского при инязе. По возвращении из Штатов был приглашен во Францию, в Институт фундаментальной электроники Парижского университета. В течение четырех лет, предшествовавших командировке, изучал французский на тех же курсах.

— Какой опыт вы приобрели в Соединенных Штатах?

— Я познал азы совершенно новой для нас науки — микроэлектроники и получил специализацию, о которой и не мечтал. Исследования в данной области были впоследствии реализованы в виде элементов полупроводниковой памяти, логических интегральных микросхем, радиотехнических и вычислительных устройств, новых технологий и даже отраслей производства. Это направление бурно развивалось и вскоре стало одним из самых передовых в отечественной экономике.

Вскоре после защиты докторской диссертации меня избрали заведующим кафедрой микроэлектроники радиотехнического института, по масштабам которой не было равных в Союзе — здесь работали 300 человек, а такой

НАША СПРАВКА

Владимир Лабунов — академик НАН Беларуси, лауреат первой премии Президиума АН СССР за лучшие фундаментальные разработки в области микроэлектроники, Государственной премии Республики Беларусь за цикл работ «Создание и промышленная реализация высокоэффективной схемной технологии массового производства сверхбольших интегральных схем», заслуженный изобретатель Белорусской ССР. Награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, медалью «За трудовую доблесть».

Родился 16 марта 1939 г.

штат, как известно, даже в НИИ не всегда бывает. Из них 12 преподавателей, остальные научные работники. На базе кафедры позже была открыта проблемная лаборатория. Объемы изысканий были так широки, что от нее впоследствии отпочковались 12 научно-исследовательских подразделений.

— Над чем трудился такой огромный коллектив?

— Основным направлением исследований, проводимых под моим руководством, являлось создание полностью автоматизированных интегрированных замкнутых технологий производства интегральных микросхем. В то время общепризнанной была практика делать их при высокой температуре — более тысячи градусов, а мы поставили перед собой совершенно новую задачу — разработать способ их низкотемпературного сухого изготовления. У меня было много оппонентов, некоторые считали, что в таком режиме невозможны диффузия, окисление и целый ряд других химических процессов. Но космическая фирма «Орион» поверила в идею и выделила на ее реализацию колоссальные деньги. Работы было очень много, в нее были вовлечены вся кафедра, десятки лабораторий. В проекте четко распределялись обязанности и направления деятельности, велись научные исследования с материалами, процессами обработки, создавались макетные образцы модулей элементов. К нам приезжали создатель лазера нобелевский лауреат Александр Басов, легендарный Гурий Марчук и другие ученые мировой величины. На основе этих разработок в Советском Союзе впервые, причем на 15 лет раньше, чем на Западе, были продемонстрированы интегрированные системы в одной вакуумной камере, получившей международную известность под названием «бочка Лабунова».

— И что она собой представляла?

— Это большая камера со встроенными в нее специальными инструмента-

ми. С их помощью кристалл, который движется как бы на карусели, подвергается воздействию пучков ионов, фотонов, некогерентного лампового излучения, за счет чего формируются различные заданные структуры. В своих исследованиях мы пошли дальше и создали интегрированные системы линейного типа, в которых вакуумные камеры соединялись единой транспортной системой. Сегодня вся мировая микроэлектроника работает на «бочках Лабунова», ставших прародительницами современных кластеров — оборудования, которое по примеру кубиков может компоноваться в различных конфигурациях, требуемых для производства какого-либо типа изделия. В этой области мной было опубликовано более 400 работ и запатентовано свыше 500 изобретений, под моим руководством защитились 78 кандидатов и 12 докторов наук.

— Каждый ученый прежде всего велик своими учениками, у вас их целая плеяда. Кем из них вы особенно гордитесь?

— Всеми без исключения. Все очень талантливые и хорошие ребята. Это была «могучая кучка», которой многое оказалось по силам.

— На ваш взгляд, для того чтобы готовить научные кадры, нужен талант педагога или же ключевую роль здесь играют какие-то другие подходы?

— Необходимо очень хорошо знать научную среду со многими ее неписаными законами, которые нельзя нарушать. Нельзя ставить личные научные интересы выше общественных. Ты должен пользоваться безусловным уважением коллег и уметь вести диалог с чрезвычайно сложным и талантливым народом, собранным в огромный коллектив. Его нужно сплотить и настроить на определенную цель, поддерживать в нем дух любви, уважения, взаимовыручки, работать плечом к плечу.

исследовательским комплексом насчитывала 360 человек.

В то же время ничто человеческое ему не чуждо — наряду с мощным научным потенциалом он наделен искрометным чувством юмора и страстью ко всевозможным розыгрышам.

Курьезный случай от профессора Квасова:

В конце 70-х, когда первые компьютеры были размером со стол, да и те встречались крайне редко, Владимир Архипович спрашивает у меня:

— Видел ли ты компьютер величиной со спичечный коробок и работающий на человеческий голос?

— Нет, конечно, разве такие бывают?

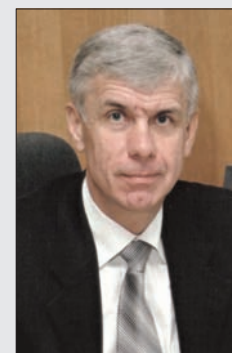
— Да, я купил за границей, могу показать, — и достает маленькую коробочку. — Произнеси вслух два числа и скажи, какую математическую операцию над ними нужно произвести.

Я умножил 2 на 3.

— Ответ знаешь? — спрашивает Лабунов.

— Да.

— Тогда смотри, — он открывает свой мини-«компьютер» — как оказалось, обыкновенную бонбоньерку, на дне которой я прочитал: «Правильно».



Виктор БОРИСЕНКО — проректор по учебной работе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор:

— Я первым среди многочисленных учеников академика под его патронажем защитил докторскую диссертацию и с полным правом могу называть его своим учителем. Однако должен отметить, что под классическое

определение «учитель» он не совсем подпадает. Во всяком случае, не могу вспомнить никаких поучений, назиданий и указаний с его стороны. Учителем он для меня является в том смысле, что я стараюсь походить на него и перенимать лучшие качества: работоспособность, позитивную настроенность в отношениях с коллегами и неумную энергию.

При общении с Владимиром Архиповичем в первую очередь подкупает увлеченность идеями, которые он генерирует. Они захватывают своей необычностью, иногда даже в какой-то степени нереальностью, настолько интересны и привлекательны, что хочется за них браться. Это влияние я испытал на себе, когда, окончивая аспирантуру, резко поменял направление своих изысканий на предложенную Лабуновым тему, которая звучала так: «Научиться легировать полупроводники из плазмы».

Это было предложение, от которого нельзя было отказаться, и формулировалось оно следующим образом: кто за это возьмется? Мне было очень интересно, и я принялся за работу. Была создана установка, проведены эксперименты. На деле все оказалось не так просто, как представлялось вначале, тем не менее толчок, который был дан академиком, оказался крайне позитивным.

Он очень доброжелателен к людям, звездной болезнью не страдает, хотя и достижения свои не прячет. Я не могу назвать ни одного человека, которому Владимир Архипович причинил зло. В худшем случае он не поможет, займет нейтральную позицию. Но козни, подковерные игры — это не о нем. С ним всегда можно обсудить новые идеи, и, даже если они порой не находят отклика, категорически не отвергаются. То есть авторитаризмом он не страдает и дает возможность своим подопечным проверить работоспособность их задумок. Лабунув всегда поддерживает сомнения и сам их высказывает, тем самым формируя всесторонний взгляд на предмет научного исследования. А это, как известно, и есть отличительная черта настоящего ученого, который никогда окончательно не уверен в правильности полученного результата, и именно данное качество двигает науку вперед.



Владимир Лабунув и Хавьер Солано за столом переговоров

— Этот опыт вы приобрели сами или же позаимствовали у кого-то? У вас был учитель, который дал вам путевку в жизнь, с которого вы брали пример?

— В политехническом институте преподавал известный ученый-материаловед академик Василий Северденко. Это был человек с поистине магнетической энергетикой, собравший вокруг себя большое количество единомышленников. Лично и в соавторстве с ними он опубликовал много научных работ, среди которых 29 монографий. Для нас он был кумиром, на которого мы стремились походить.

Я считаю, что в некоторой степени я повторил судьбу своего учителя, по крайней мере, в отношении численности учеников. А если бы на время не оставил науку, их было бы еще больше.

— А по каким причинам вы из нее ушли?

— В 1989 г. меня избрали депутатом Верховного Совета СССР. Я работал в Москве, в Кремле, заместителем председателя Комитета по науке и технологиям СССР — высшей инстанции в этой области, руководил разработкой законодательных актов, призванных

БЛИЦ-ОПРОС

— Занимаетесь ли в настоящее время спортом?

— Нет.

— Делаете ли зарядку?

— Этим я занимался в детстве.

— Есть ли у вас хобби?

— Иногда играю на пианино под настроение.

— Что приносит вам истинное удовлетворение?

— Работа.

— Оставляете ли время на личную жизнь?

— Изредка.

— Что, по-вашему, правит миром?

— А кому интересно мое мнение?

— Да хотя бы вашим ученикам.

— Выставлять подобные сентенции на всеобщее обозрение противопоказано.

— Какие перемены произошли в вашем характере с возрастом?

— Я скрытный человек. Таким был и таким остался.



В проблемной лаборатории БГУИР. Лауреат Нобелевской премии Александр Басов и Президент Сибирского отделения АН СССР Гурий Марчук знакомятся с результатами разработки кластерной системы производства интегральных микросхем

способствовать развитию науки. Она в то время по праву считалась одной из наиболее развитых отраслей народного хозяйства и преимущественно была направлена на оборону страны. После распада Советского Союза я вернулся в Беларусь и стал работать в БГУИР.

— *Но вам суждено было еще раз уйти из науки...*

— Да, с 1994 по 2002 г. я был Чрезвычайным и Полномочным Послом Республики Беларусь в Бельгии, Нидерландах и Люксембурге, постоянным представителем нашей страны при Европейских сообществах и при Организации Североатлантического договора, президентом Ассоциации содействия ООН Беларуси, избирался вице-президентом Научно-технической программы Европейского Союза INTAS. Как политик и дипломат, все свои знания и опыт посвятил защите интересов родины на международной арене.

— *Затем вы опять продолжили научную работу и от микроэлектроники шагнули к нанотехнологиям?*

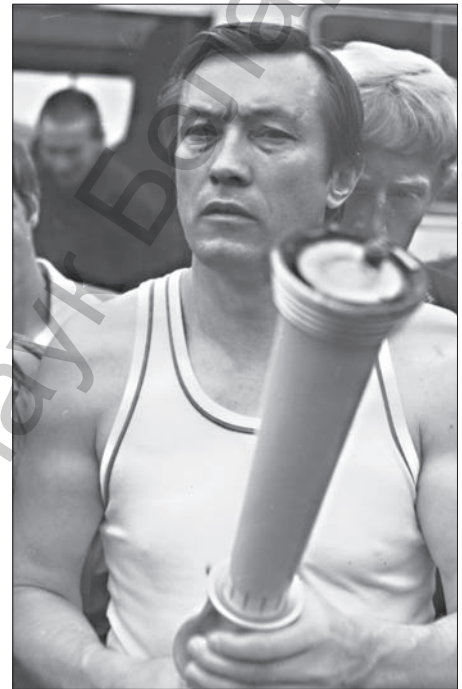
— Постоянной тенденцией микроэлектроники являлось уменьшение размеров приборов и схем. Поэтому

совершенно естественно, что микронные величины, с которыми приходится иметь дело, приводят к разработкам в нанообласти. На кафедре микро- и нанозлектроники БГУИР активно ведутся изыскания в этом направлении. Мы исследуем и создаем элементную базу — транзисторы, дисплеи, сенсоры — для новых поколений и информационных и коммуникационных систем. Осуществляется это путем масштабирования до наноразмеров элементов кремниевой технологии и расширения их функциональных возможностей за счет использования специальных наноструктурированных материалов, таких как нанопроволоки, нанотрубки, наночастицы, монослои, а также биомолекулы. Я являюсь научным руководителем государственных программ «Электроника», «Нанотех», «Инфотех».

— *То есть вы полны сил, энтузиазма и готовы к преодолению очередной высоты?*

— Передо мной много новых задач, жизнь продолжается, и нужно идти вперед.

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ



Владимир Лабунов несет факел с олимпийским огнем во время открытия Олимпиады 1980 г.



Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Беларусь Владимир Лабунов вручает верительные грамоты королю Бельгии

Александр Цыганов

заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси,
член-корреспондент

Александр Клочков

заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии,
доктор технических наук, профессор

Факторы химизации и прогноз урожайности зерна

УДК 631.559:551.5(470.31)

Эффективность сельскохозяйственного производства напрямую зависит от урожайности зерновых культур. Биологический потенциал урожая, например, современных сортов озимой пшеницы, достигает 246 ц/га [1]. В условиях Республики Беларусь, несмотря на высокую потенциальную урожайность новых сортов, уровень ее реализации в среднем по зерновым и зернобобовым культурам составляет лишь 28,9% [2]. Государственной программой возрождения и развития села на 2005—2010 гг. намечен конкретный план мероприятий по развитию

сельхозпроизводства и увеличению продуктивности полей. Практический интерес представляет перспективный прогноз возможной динамики урожаев зерна с выделением существенных факторов влияния. Это позволит своевременно принять конкретные меры по выполнению поставленной задачи увеличения сбора зерна. В значительной мере при этом можно ориентироваться на достижения мирового сельского хозяйства.

К уровню современных урожаев страны Западной Европы шли постепенно, посто-

янно совершенствуя систему земледелия от трехполья в 1770—1890 гг. со сбором зерна около 10 ц/га к севооборотам с применением комплекса минеральных удобрений и средств защиты растений. В Германии за период с 1950 по 1988 гг. средняя урожайность зерновых увеличилась от 26 до 67 ц/га. Основными составляющими, обеспечившими данный рост, являются следующие: сорт и агротехника — 10 ц/га; удобрения — 7; гербициды — 5; фунгициды и инсектициды — 12; регуляторы роста — 7 ц/га [3].



На предприятии «Беларуськалий»



Минералы калийных удобрений



Ассортимент минеральных удобрений, выпускаемых белорусскими предприятиями

Средства химизации сельского хозяйства сыграли основную роль в увеличении урожаев — между сбором зерновых и количеством примененных минеральных удобрений и пестицидов в 1950—1984 гг. прослеживается пропорциональная зависимость (рис. 1).

В последующие годы агротехника и технологии продолжали совершенствоваться, и в 2005 г., к примеру, в Германии на посевной площади около 17 млн га получен средний урожай зерновых 67,3 ц/га.

Наиболее высокие показатели среди европейских государств отмечены в Нидерландах: с 1980-х гг. здесь получают стабильные средние урожаи озимых на уровне 75 ц/га, а яровых — около 50 ц/га (рис. 2) [4].

Степень химизации сельского хозяйства в этой стране также весьма высокая: в 1996—2001 гг. в среднем вносилось 612 кг/га минеральных удобрений.

Аналогичные процессы наблюдались и в США, где за период с 1891 по 1950 гг. урожаи значительно не изменялись, а после использования с 1970-х гг. элементов интенсификации постоянно увеличиваются (рис. 3). При сравнении с динамикой роста этих показателей в Беларуси можно увидеть определенное сходство.

В нашей республике стабильное увеличение урожаев происходит с 1960 г., а темпы роста в 1980—1990 гг. соответствовали отмеченным в США. Снижение урожайности зерна в 1998—2001 гг. до уровня меньше 20 ц/га преодолено, отмечена стабилизация в среднем по стране на цифре 25—30 ц/га. В 2008 г. отмечена рекордная урожайность зерна в 35,2 ц/га.

На данном этапе перед сельским хозяйством Беларуси стоит сложная задача дальнейшего повышения урожаев зерна при одновременном снижении затрат на возделывание. Для этого необходим комплекс количественных и качественных преобразований в сельскохозяйственном производстве. Существенная роль в этом процессе принадлежит средствам химизации [5, 6]. В 1975—1991 гг. дозы внесения минеральных удобрений превышали 250 кг/га (рис. 4). Накопленный потенциал плодородия, очевидно, позволил обес-

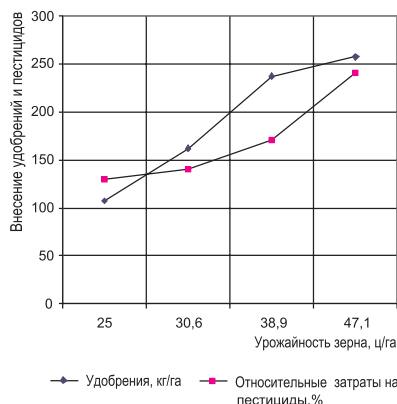


Рис. 1. Взаимосвязь роста урожаев зерна в Германии в период 1950—1984 гг. с внесением удобрений и средств защиты растений

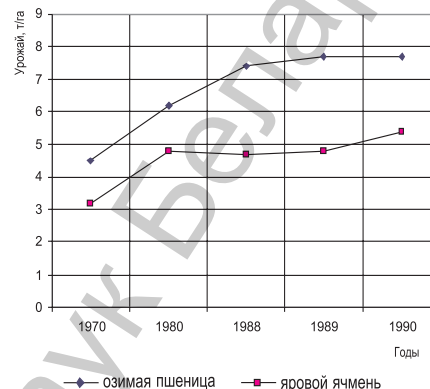


Рис. 2. Динамика урожаев зерна в Нидерландах в 1970—1990 гг.

печить в последующем положительную динамику роста урожаев.

Однако следует учесть общую тенденцию непропорционального изменения урожаев с повышением доз минеральных удобрений: лишь при условии внесения их свыше 275 кг/га гарантированы достаточно высокие сборы зерновых [7].

Еще большая степень корреляции отмечается между полученными средними урожаями зерна и количеством использованных средств защиты растений (рис. 5), которая аппроксимируется линейной зависимостью.

В настоящее время наблюдается пропорциональная зависимость между количеством внесенных пестицидов в расчете на 1 га и урожайностью.

Анализ зарубежного опыта и отмеченные в последние годы тенденции развития сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь позволяют спрогнозировать возможную динамику урожаев зерна с учетом двух основных количественных факторов: доз минеральных удобрений и применением средств защиты растений.

Расчетные зависимости в виде уравнений регрессии составлены с учетом взаимосвязи анализируемых показателей за 1990-й, 1995-й и 2000—2006 гг.:

$$Y = 18,20995 + 0,036595 N;$$

$$Y = 18,97746 + 3,689466 P,$$

где Y — урожайность зерна, ц/га; N — дозы действующего вещества удобрений, кг/га; P — количество пестицидов, кг/га.

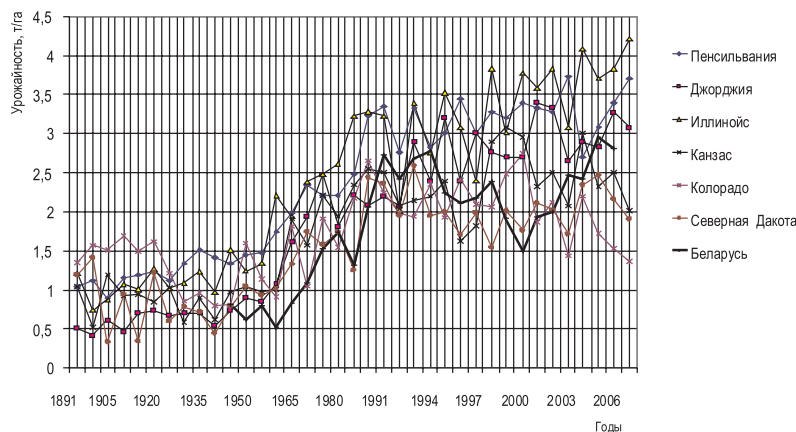


Рис. 3. Динамика урожаев зерна в Республике Беларусь и некоторых регионах США

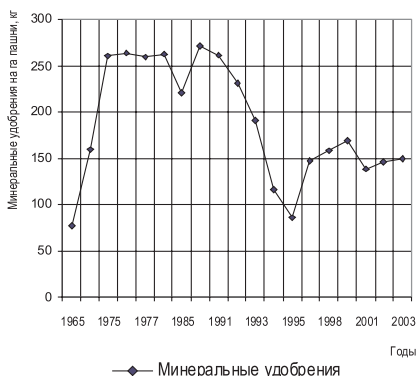


Рис. 4. Средние дозы внесения минеральных удобрений в Республике Беларусь за 1965—2003 гг.

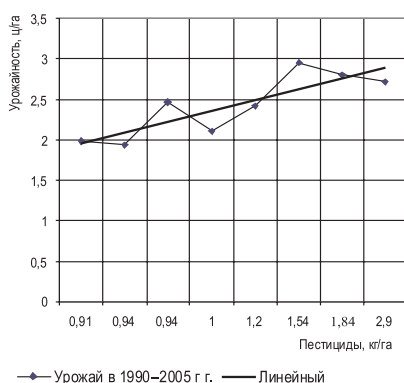


Рис. 5. Урожай зерна в Республике Беларусь в 1990—2005 гг. с изменением количества внесенных средств защиты растений

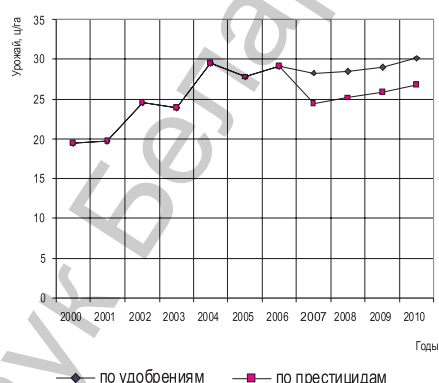


Рис. 6. Существующая и возможная динамика изменения среднего урожая зерна в Республике Беларусь до 2010 г.

Множественные коэффициенты корреляции для данных уравнений составляют 0,504 и 0,667. Результаты расчетов по представленным зависимостям показывают, что при условии выполнения запланированных государственной программой возрождения и развития села уровней использования минеральных удобрений и средств защиты растений в 2007—2010 гг. по первому прогнозу возможно получение урожая зерна 27,7—30,1 ц/га, по второму — 23,9—26,8 ц/га (рис. 6) [8].

Однако необходимо учитывать, что указанные результаты могут проявиться на фоне целой совокупности других факторов практического применения сельскохозяйственных технологий. Прежде всего это климатические условия с высокой степенью влияния, адекватная структура посевных площадей, уровень технического обеспечения производственных процессов и др. [9]. Очевидно, эти факторы и способствовали в 2008 г. существенному повышению урожайности. Проведенные расчеты показывают, что следует уделять больше внимания правильному и эффективному использованию средств химизации. Только в этом случае могут быть обеспечены намеченные уровни урожайности зерна в 38—40 ц/га.

Литература

1. Шпаар Д., Шуманн П., Щербаков В.А. Основы и принципы управления посевами зерновых // Земляробства і ахова раслін. 2002, № 5. С. 17—20.
2. Гриб С.И. О соответствии селекционных технологий уровню систем земледелия и роли сорта в интенсификации растениеводства // Земляробства і ахова раслін. 2006, №4. С. 9—14.
3. Ключков А.В., Цыганов А.Р., Ловкис З.В., Маркевич А.Е. Механизация защиты растений. — Горки, 1999.
4. Facts and Figures. Highlights of Dutch Agriculture, 1991.
5. Лапа В.В. Минеральные и органические удобрения как основа интенсификации растениеводческой отрасли сельского хозяйства // Земляробства і ахова раслін. 2005, №6. С. 17—19.
6. Сорока С.В. Некоторые аспекты повышения эффективности защиты растений в Республике Беларусь (2005—2010 гг.) // Земляробства і ахова раслін. 2005, №3. С. 3—8.
7. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. — М., 1993.
8. Государственная программа возрождения и развития села на 2005—2010 годы. — Мн., 2005.
9. Кадыров М.А., Булавин Л.А., Небышинец С.С. О приоритетах отечественного земледелия // Земляробства і ахова раслін. 2005, №5. С. 3—6.

Summary

The perspective forecast of possible dynamics of grain yields is lead with allocation of factors of use of mineral fertilizers and chemical means of protection of plants. Importance of action of the given factors confirms experience of a world agriculture. Results of calculations on received regression show dependences, that under condition of performance planned by the State program of revival and development of village of levels of application of mineral fertilizers and means of protection of plants in 2007—2010 under the first forecast reception of grain yields of 2,77—3,01 t/hectares, on the second — 2,39—2,68 t/hectares is possible.

The lead calculations call to pay special attention to means of chemicalization, their correct and to an effective utilization. It will allow to take in due time concrete measures on performance of a task in view of increase in manufacture of grain.

Михаил Шишлов
Алла Шишлова
Татьяна Семенова
Валентина Гурецкая

заведующий лабораторией генетики и биотехнологии НПЦ НАН Беларуси по земледелию, кандидат биологических наук

ведущий научный сотрудник НПЦ НАН Беларуси по земледелию, кандидат биологических наук

научный сотрудник НПЦ НАН Беларуси по земледелию

научный сотрудник НПЦ НАН Беларуси по земледелию

Голозерный ячмень: создание, перспективы и использование

УДК 633.13+633.253

История культуры ячменя уходит в глубокую древность. Ее первое описание, датированое IV в. до н. э., принадлежит древнегреческому естествоиспытателю и философу Теофрасту. Началом введения ячменя в культуру считается X или даже XV в. до н. э., а родиной — территория Передней Азии, Иран, Ирак и Турция [1].

Род *Hordeum* L. включает 2 подрода: ячмень *Hordeum* L. и ячменные травы *Hordeastrum* Doell. Подрод *Hordeum* L. представлен двумя видами: ячмень культурный *H. vulgare* L. и ячмень дикий *H. spontaneum* C. Koch. В состав *H. vulgare* L. входит подвид многорядного голозерного *convar. coleste* и двурядного голозерного *convar. nudum* ячменя.

Установлено, что голозерность определяется отсутствием срастания цветковых чешуй с зерновкой и детерминируется рецессивным геном *n*. Поэтому зерно голозерного ячменя не имеет пленки, тогда как у пленчатых форм ее содержание может достигать более 15%. Натура и плотность зерна у них выше, а бороздка менее глубокая, чем у пленчатых ячменей, что обеспечивает более высокие технологические свойства и снижение по-

тер в процессе переработки на крупу [2]. Биологическая ценность белка пленчатого ячменя — 51,2%, что по сравнению с пшеницей (59,9%) и овсом (83,4%) является довольно низким показателем, поэтому создание продуктивных голозерных образцов ячменя с высоким качеством зерна — актуальная задача. В России интерес к данной культуре возник в 1900—1910 гг., интенсивная работа в этом направлении велась в 30—60-х гг. [3]. За этот период был получен ряд дву- и шестирядных селекционно-ценных голозерных образцов. В начале XXI ст. интерес к голозерным ячменям в России возобновился, были созданы выдающиеся по продуктивности образцы [4].

Для Беларуси голозерный ячмень — относительно новая культура. Первые исследования в республике по ее изучению и созданию можно отнести к 70-м гг. XX ст. В то время в БелНИИ земледелия и кормов (ныне НПЦ НАН Беларуси по земледелию) были получены сортообразцы Голозерный 76, Белорусский 76 и Голозерный 94. Работа в этом направлении велась также в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, где были созданы перспективные формы, превышающие

по урожайности пленчатый сорт Роланд [5]. Однако они не были районированы из-за недостаточно высокой урожайности и невысокого содержания в зерне белка.

Целенаправленные исследования по получению голозерных сортов ячменя в настоящее время проводятся в Канаде, Японии, США, Швеции и эпизодические — в Беларуси и России. Возрастающий интерес к использованию голозерных ячменей для питания человека и кормления животных стимулировал создание в Канаде сортов Scout и Tupper (1980 г.), Condor (1988 г.), Buck и Richard (1990 г.), которые высеваются на площади 350 тыс. га при валовом сборе зерна почти 1 млн т. В Японии этот показатель составляет 17 тыс. т, а в США — 5 тыс. т [6]. В настоящее время в Юго-Восточной и Центральной Азии голозерные ячмени занимают 95% площадей, в Китае, Корее, Японии — 50%. В Италии, Голландии и Чехии данная культура выращивается для переработки в диетические продукты [4].

Основной недостаток данной культуры — низкая по сравнению с пленчатыми ячменями устойчивость к неблагоприятным факторам среды, что и обуславливает их



невысокую урожайность. Но низкое содержание клетчатки в связи с отсутствием пленок обеспечивает более высокую питательную ценность зерна. По содержанию белка голозерные ячмени можно разделить на две группы: высоко- и низкобелковые [7]. Доказано, что при 75—80% ной урожайности голозерных ячменей по отношению к пленчатым их производство будет экономически целесообразно при условии, что содержание белка и незаменимых аминокислот в зерне будет достоверно выше, чем у пленчатых [6].

Целью настоящего исследования было создание голозерных образцов ячменя, объединяющих адаптивный потенциал пленчатых ячменей и качество голозерных, и определение основных направлений их использования. Для ее достижения были привлечены формы из Всесоюзного селекционно-генетического института (г. Одесса), коллекция Польского генбанка и образцы из Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. В качестве отцовской формы использовали генетический источник голозерности высокого содержания белка и лизина — образец Хайпроли. В Белорусском НИИ земледелия и кормов была проведена обработка в светопроницаемой герметической камере растений F_1 гибридной комбинации Мазурка на Хайпроли, нахо-

дящихся на 4-м этапе органогенеза радиоактивным изотопом углерода ($^{14}\text{CO}_2$). Включение радиоактивного изотопа углерода ^{14}C в ДНК гибридов и облучение ее β -частицами произошло через процессы фотосинтеза. В F_2 – R_2 поколении была выделена рекомбинантная голозерная форма, названная МР-1. В питомнике конкурсного сортоиспытания этот образец по урожайности конкурировал с пленчатым сортом Роланд и был передан в Государственное сортоиспытание. В дальнейшем, из-за его не совсем удовлетворительных агробиологической и биохимической характеристик, возникла необходимость его улучшения. Для этого семена образца МР-1 облучили дозой γ -лучей 100 Гр от источника ^{60}Co и воздействовали в течение 6 часов на прорастающие семена хлорамфениколом и ультразвуком с частотой колебаний 44 кГц при мощности излучения 50 мвт/см². Из полученной муторекомбинантной популяции в 1993 г. было выделено растение с плотнопиримидальным типом колоса (у МР-1 колос нормального типа). Данный образец под названием МР-2 (муторекомбинант второго поколения, в дальнейшем Дублет) после селекционного изучения был передан в Госсортоиспытание.

Изучение мировой коллекции голозерных образцов ячменя выявило низкий уровень

их агробиологических свойств и показателей, обуславливающий невозможность прямого использования их как претендентов на будущие сорта. Даже применение их как генетических источников в комбинационной селекции было проблематично из-за комплекса отрицательных признаков: они имели урожайность 40—70% от пленчатых форм, поражались болезнями и полегали. Испытания в условиях Беларуси голозерных образцов Польского генбанка и сортов из Канады также дали отрицательные результаты. Полученные с применением лазерной радиации в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси образцы голозерного ячменя изучались в БелНИИ земледелия и кормов, они тоже имели невысокую урожайность (60—75% к пленчатому стандарту), полегали и поражались болезнями. Кроме того, у большинства образцов содержание белка в зерне было 13—14%, как и у пленчатых ячменей. На основании анализа результатов исследования и данных мировой литературы нами была сформулирована рекомбинантная концепция создания голозерных аналогов пленчатых образцов ячменя, основанная на использовании высокобелковых, с большим содержанием лизина генетических источников и объединении методов индуцированного рекомбиногенеза и гибридизации. Поэтому в качестве отцовского компонента был взят образец Хайпроли, имеющий подобные характеристики. Учитывая положительную корреляцию в группе высокобелковых форм белка с лизином $r = 0,81$ — $0,84$ [8], можно было предположить, что эти признаки у гибридов будут наследоваться сцепленно. Низкая урожайность высоколизиновых источников объясняется такими признаками, как дефектный или уплощенный эндосперм и восприимчивость к болезням, гены которых локализованы в 7-й хромосоме (рис. 1) [9]. Игнорирование методов индуцированного рекомбиногенеза в селекции подтверждается более чем 30-летними неудачными попытками создания высоколизиновых сортов ячменя с использованием источников Hiproly и Riso-1508. Сцепление генов высокого содержания лизина (*lys*) с генами дефектности эндосперма (*m*), восприимчивости к болез-

ням и низкой жизнеспособности семян не позволило получить коммерческие высоколизиновые сорта ячменя.

Необходимо было избавиться от нежелательного гена (*m*), что и предопределило применение сложных методов рекомбинативной генетики, с помощью которых в БелНИИ земледелия и кормов был создан муторекombинантный сорт голозерного ячменя МР-2 (Дублет). Он обладает высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию, болезням и уникальным качеством зерна. В 1997 г. в экологическом испытании на Гомельской ГОСХОС МР-2 при выращи-

вании по обычной технологии показал урожайность 47 ц/га (92% от стандарта). При оценке реакции сорта на средства интенсификации оказалось, что урожайность МР-2 при выращивании по интенсивной технологии составила 56,4 ц/га (94,6% от стандарта). В 1998 г. он показал близкую урожайность как при обычной (35 ц/га), так и при интенсивной (39 ц/га) технологии выращивания. В 2000 г. в экологическом испытании уровень урожайности МР-2 был равен 74% к плечатому сорту Гонар и, что особенно важно, снова дал одинаковую урожайность (58 ц/га) как при обычной, так и интенсивной техно-

логии возделывания. Полученные данные свидетельствуют о том, что при уровнях урожайности 35–55 ц/га для этого сорта средства интенсификации не являются предметом первой необходимости.

На основании результатов экологического испытания сорт МР-2 был передан в 1998 г. в Госсортоиспытание, где в среднем по всем сортоучасткам имел 77%-ный уровень урожайности от плечатого стандарта. В 1999 г. этот показатель был 74% к плечатому стандарту Гонар при абсолютных значениях 32 и 43 ц/га соответственно, а в 1998–2000 гг. — 75% к уровню урожайности от плечатого сорта Дзівосны при максимальной урожайности 58 ц/га. По южной зоне республики — на Мозырской, Октябрьской, Турской СС, Климовичском и Каменецком ГСУ (рис. 2) — МР-2 показал 88%-ный уровень урожайности, превысив при этом плечатый стандарт по сбору белка (рис. 3). В 2001 г. показатель урожайности МР-2 составил 76% к плечатому стандартному сорту Дзівосны, при этом содержание белка в зерне было 17,1 и 14,4% соответственно.

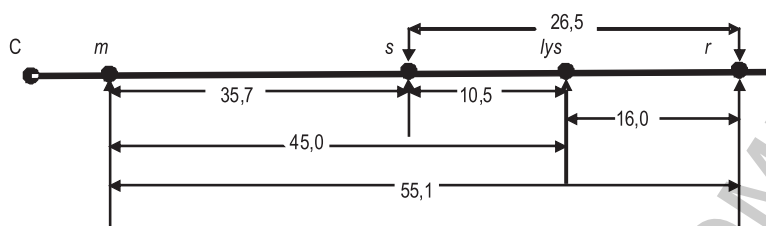


Рис. 1. Локализация в 7-й хромосоме и частота рекомбинации генов у образца ячменя Riso-1508: *m* — дефектный эндосперм, *s* — короткие волоски, *lys* — высокое содержание лизина, *r* — гладкая ость

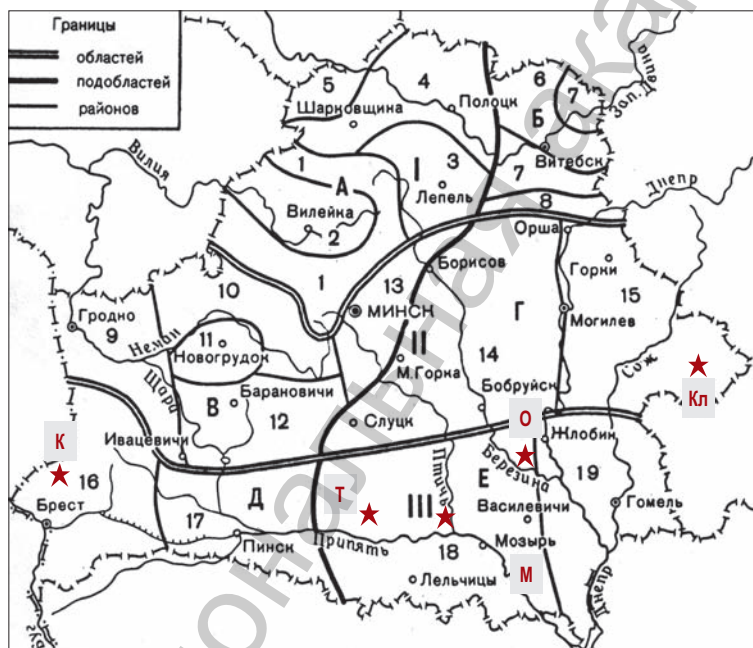


Рис. 2. Схема агроклиматического районирования территории Беларуси: I — северная, II — центральная, III — южная области; ★ — сортоучастки (ГСУ) и сортоиспытательные станции (СС): К — Каменецкий, Кл — Климовичский ГСУ, М — Мозырская, О — Октябрьская, Т — Турская СС

В 2004 г. МР-2 был передан в Госсортоиспытание под названием Дублет и показал по 24 пунктам испытания 72%-ный уровень урожайности к плечатому стандарту при максимальной урожайности 66,8 ц/га. Результаты испытания сорта за 2004–2006 гг. следующие: 73%-ный уровень урожайности по отношению к Гонару при среднем содержании белка в зерне 17,1 и 13,6% соответственно, что выше уровня стандарта на 25,9% (табл. 1).

Необходимо подчеркнуть, что среди зерновых культур это единственный сорт, превысивший за всю историю сортоиспытания зерновых культур 20%-ный уровень содержания белка в зерне, что приближает его к такой культуре, как горох.

При проведении производственного испытания на Мозырской СС в 2005 г. Дублет показал урожайность 47,4 ц/га, что всего лишь на 9% ниже урожайности стандарта — сорта Гонар (52,1 ц/га). Дублет характеризуется достаточно высокой массой 1000 зерен — 40 г (Гонар — 44 г). Обращает на себя внимание высокая

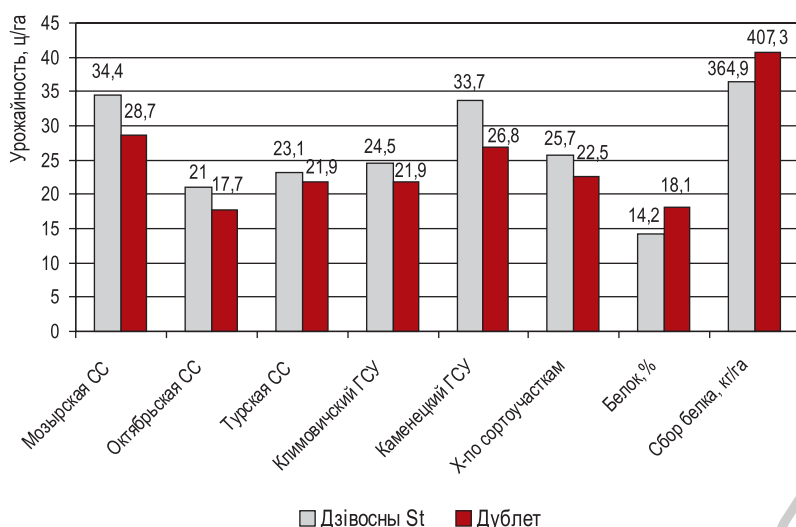


Рис. 3. Урожайность и качество зерна голозерного ячменя сортов Дзівосны и Дублет, 1998—2000 гг. Максимальная урожайность сорта Дублет — 59 ц/га, масса 1000 семян — 50 г, натуральный вес — 785 г/л, содержание белка в зерне — 21,6%

стабильность урожайности этого сорта по годам: 70—75% от пленчатого стандарта. При оценке на инфекционном фоне в 1996—1997 гг. Дублет показал большую устойчивость к корневым гнилям (31,4—47,1%) по сравнению с пленчатым стандартом (49,8—52,1%). Сорт абсолютно устойчив к полеганию, что исключает применение на его посевах ретардантов. Кроме того, он генетически маркирован такими морфологическими и биохимическими признаками, как голозерность, плотнопиримидальный колос, изгиб верхней части подколосночного междоузлия, узкая колосковая чешуя, от чего незакрытая часть зерновки приобретает антоциановую окраску, а также высокое содержание в зерне белка и незаменимых аминокислот, например лизина — 5,4%, метионина — 2,3%, что в относительных цифрах превосходит аналогичные показатели стандарта на 16 и 25% (табл. 2).

В 2002 г. сорт Дублет был передан в Могилевский государственный университет продовольствия для оценки его зерна по технологическим свойствам и показателям. Было установлено, что его зерно

содержит 16,5% белка, 62,6% крахмала, 3,08% сахаров, 2,75% клетчатки, 2,67% жира, зольность составила 1,85%, а обменная энергия — 347 ккал.

Выявлено, что при помолах голозерного ячменя при общем выходе ячменной муки 77% и средневзвешенном значении белизны в 13 ед. прибора выход сеяной и обдирной муки был равен 56,1 и 20,9% соответственно. Пленчатый ячмень при тех же условиях подготовки и измельчения давал выход муки сеяной, обдирной и общий — 73,5; 32,3 и 41,3% соответственно, хотя твердость зерна в среднем была примерно одинакова (9,1—9,4%). Эти результаты указывают на целесообразность использования голозерного ячменя в мукомольной промышленности [10]. В Могилевском государственном университете продовольствия разработана технологическая схема получения крупы из зерна голозерного ячменя.

Таблица 1. Результаты испытания голозерного ячменя сорта Дублет в 2004—2006 гг.

Сортоиспытательные станции (СС) и участки (ГСУ)	Гонар — стандарт		Дзівосны — стандарт		Дублет	
	урожайность, ц/га	содержание белка, %	урожайность, ц/га	содержание белка, %	урожайность, ц/га	содержание белка, %
Кобринская СС	61,8	15,7	61,7	17,0	45,7	18,8
Ивацевичский ГСУ	63,8	—	55,7	—	51,3	—
Каменецкий ГСУ	59,8	—	52,8	—	38,9	—
Лунинецкий ГСУ	61,2	—	64,6	—	41,2	—
Верхнедвинский ГСУ	67,2	—	74,0	—	43,0	—
Лепельская СС	56,1	14,6	61,6	14,7	39,1	18,0
Мозырская СС	74,5	13,8	76,8	14,1	55,0	17,1
Октябрьская СС (торф.)	50,3	13,8	51,6	14,9	38,0	17,0
Октябрьская СС (мин.)	47,8	—	45,4	—	39,0	—
Турская СС	64,6	11,2	68,7	13,6	49,9	15,6
Щучинский ГСУ	82,3	—	84,4	—	62,3	—
Жировичская СС	51,8	10,6	49,6	12,4	41,7	14,1
Вилейская СС	61,2	14,5	57,0	14,9	40,1	19,5
Молодечненская СС	67,3	15,4	71,1	14,9	49,5	18,8
Несвижская СС	69,8	—	65,1	—	50,2	—
Климовичский ГСУ	50,5	—	48,6	—	35,5	—
Горькая СС	66,5	12,7	68,2	12,9	43,8	14,5
Среднее по сортоучасткам	62,1	13,6	62,7	14,4	45,0	17,1
Дублет по отношению к стандарту, %	72,5	125,9	71,7	118,9	—	—

Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот в белке зерна ячменя сортов Дублет и Гонар в 2005 г., %

Аминокислота	Сорт		Отношение к стандарту, %
	Гонар — стандарт	Дублет	
Лизин	4,58	5,27	115,1
Гистидин	2,31	2,55	110,4
Аргинин	4,33	4,85	112,0
Треонин	3,46	3,87	111,9
Аланин	5,83	6,41	110,0
Валин	5,21	5,62	107,9
Метионин	1,87	2,34	125,1
Изолейцин	4,39	4,85	110,5
Лейцин	7,11	7,94	111,7
Фенилаланин	5,63	6,06	107,6

Интересно, что при столь высоких показателях белка в зерне содержание крахмала превышает таковое у пленчатых сортов. Эти уникальные качественные характеристики определяют применение зерна данного сорта для изготовления высокоэнергетических продуктов питания и кормов. Так, на Белорусской зональной опытной станции по птицеводству установили, что кормление птиц зерном сорта Дублет повышает их продуктивные показатели и экономит в среднем 5% кормов [11]. На племзаводе «Порплище» был проведен зоотехнический эксперимент по использованию голозерного ячменя Дублет как ингредиента комбикорма для порослят, показавший свою экономическую целесообразность: высокобелковое и в лучшей степени сбалансированное по аминокислотному составу зерно существенно уменьшает потребность животноводства в белке [12]. Так, при изготовлении комбикорма из ячменя сорта Дублет практически нет необходимости балансировки его по белку, так как 1 кг его зерна содержит около 170—200 г протеина, что полностью соответствует зоотехническим нормам кормления животных. Известно, что дефицит 1 г переваримого протеина в кормовой единице обуславливает перерасход кормов на 2%. Значит, скармливание 1 к. ед., содержащей 95 г переваримого белка, то есть недообеспеченной по зоотехническим нормам 10 г протеина,

влечет перерасход кормов на 20%. Только в Минской области по этой причине бесполезно расходуется около 300 тыс. т к. ед., что ведет к недобору около 15—30% животноводческой продукции при соответственном возрастании ее себестоимости. В этом плане голозерный ячмень может служить хорошей альтернативой пшенице и бобовым культурам как энергетическим и белковым ингредиентам комбикормов. Данная задача имеет реальную научную основу ввиду высокой (71%) наследуемости положительной корреляции ($r = 0,65$) между масличностью и белковостью зерна [13]. По биохимическим критериям зерно сорта Дублет в максимальной степени соответствует стандарту ФАО, предъявляемому к идеальному зерново-

му продукту: клетчатка — не более 3%, отношение белок — крахмал 1:(3—4), повышенное содержание незаменимых аминокислот, в частности лизина — более 5% [14].

Таким образом, в результате применения методов гибридизации, мутагенеза и рекомбиногенеза создан ряд голозерных образцов ячменя, среди которых наиболее перспективным является сорт Дублет, обладающий хорошими агробиологическими характеристиками и высоким качеством зерна. Это предопределяет использование его зерна для изготовления высокоэнергетических продуктов питания человека и в качестве ингредиента комбикормов для кормления моногастрических животных.

Литература

1. Лукьянова М.В., Трофимовская А.Я., Гудкова Г.Н. Культурная флора СССР: Ячмень. Т. 2. Ч. 2. — Л., 1990.
2. Vetoshkina A., Rukshan L., Shishlov M. et al. Hulless barley — new king of raw material // *Konf. Nauk.-tech. «Zboza — maka — pieczywo»*. 28—30 kwietnia, 2003. ICC Polska., 2003. P. 16.
3. Ходьков Л.Е. Голозерные и безостые ячмени. — Л., 1985.
4. Анисков Н.И., Кролевец С.С. Изучение сортов голозерного ячменя мировой коллекции ВИР // *Доклады РАСХН*. 2008, №5. С. 8—10.
5. Хаттаб Л.Б. Использование голозерных и безостых форм в селекции ячменя // *Тез. докл. II съезда Бел. об.-ва. ген. и сел.* — Горки, 1992. С. 76.
6. Bhatti R.S. The potential of hulless barley // *Cereal Chemistry*. 1999. Vol. 76. N 5. P. 589—598.
7. Рядчиков В.Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. — М., 1978.
8. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. — М., 1989.
9. Созинов А.А., Нецветаев В.П., Попереля Ф.А. и др. Локализация гена *m* у ячменя // *Генетика*. Т. 14. 1978, №12. С. 214.
10. Rukshan L., Danilova L., Shishlov M. Hulless barley — alternative raw material for manufacture of flour // *In. sci.-prakt. conf. «Saefy food production for the healthy nutrition»*, Jelgava, 14.05.2003. P. 23—26.
11. Отчет о НИР БелЗСОП. — Заславль, 2001.
12. Бруцкий В.П. Урожайность и кормовые достоинства голозерного ячменя // *Агрэономика*. 1997, № 8. С. 9—10.
13. Губанова Л.В. Качество зерна овса и возможность его улучшения // *Вестник с.-х. науки*. 1991. Т. 3. С. 96—99.
14. Копусь М.М., Игнатъева Н.Г. Хозяйственная ценность — критерий для оценки сортов ячменя // *Селекция и семеноводство*. 1992, №2—3. С. 9—11.

Summary

The methodology of creation, agrobiologic and biochemical characteristics and directions of use of naked barley grain are given in the article. By the chemical criteria naked barley Dublet grain in a maximal degree corresponds to FAO standard as for ideal grain product: cellulose to 3%, protein+starch — 1:(3—4), increased content of essential amino acids privately lysine to 5%.

The results for it test on the fields of the country and the technologic grain parameters are represented here. Technologic plan of naked barley grain receiving is worked out and is shown a perspective of it use in a milling production.

The efficiency of naked barley grain application at birds and pigs feeding is represented. The received data are shown to a perspective of naked barley Dublet grain use for production of a high energy products as for a man as for a monogastric animals.

Николай Шалыго

заведующий лабораторией биофизики и биохимии растительной клетки
Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси,
доктор биологических наук

Станислав Мельников

научный сотрудник лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки
Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси,
кандидат биологических наук

Хозяйственно полезные виды водорослей

УДК 573.6:579.2281

Среди растительных организмов, осуществляющих уникальный процесс запасаения солнечной энергии в продуктах фотосинтеза, водоросли занимают особое место. Именно они являются первичными продуцентами органического вещества в водах Мирового океана и пресных водоемов суши, причем годовая продуктивность морских водорослей сопоставима с продуктивностью всей наземной растительности, включая сельскохозяйственные угодья. В мире насчитывается 35—40 тыс. видов водорослей, из них в Республике Беларусь — 2,3 тыс. [1].

Водоросли — постоянно возобновляемый ресурс, источник получения пищевого и кормового белка и других ценных соединений (углеводов, липидов, витаминов), поэтому во всем мире внимание специалистов приковано к проблеме искусственного разведения макроводорослей и промышленного культивирования микроскопических. По своим пищевым качествам эти растения не только не уступают известным сельскохозяйственным культурам, но в некоторых отношениях даже превосходят их. Они содержат высокий процент белка (до 70% сухой биомассы), включающего все аминокислоты, необходимые для нормального питания человека, в том числе незаменимые. Благодаря этому белки водорослей могут дополнять белки продуктов с малым количеством лизина и треонина. По стандарту ФАО ООН белок водорослей оценивается в 2,2—2,6 балла, что является высоким показателем. Выход белка на единицу площади

за единицу времени при выращивании водорослей на 1—3 порядка превышает таковой по сравнению с другими традиционными источниками (бобовые, злаки, крупный рогатый скот).

Водоросли — богатейший источник витаминов (тиамина, пиридоксина, рибофлавина, кобаламина, фолиевой, никотиновой, аминокислот, пантотеновой и аскорбиновой кислот, β -каротина), микроэлементов и других физиологически активных веществ. Большим преимуществом водорослей является их физиолого-биохимическое разнообразие и лабильность химического состава, позволяющие осуществлять управляемый биосинтез ценных химических природных соединений. Так, в одной и той же культуре в зависимости от условий выращивания в значительной степени изменяется содержание свободных аминокислот, пигментов, витаминов, микроэлементов,

можно получить биомассу с содержанием белков от 9 до 88%, углеводов — от 6 до 37% и жиров — от 4 до 85% [2].

Водоросли, и микроскопические в частности, характеризуются наиболее высоким КПД усвоения световой энергии по сравнению с другими фотосинтезирующими организмами. Многие виды способны к миксотрофизму и эффективной утилизации света низкой интенсивности. Это позволяет снизить энергетические затраты на единицу получаемой продукции. Продуктивность водорослей, особенно микроскопических, приближается к потенциально возможной. Так, у хлореллы в закрытых полностью автоматизированных опытных установках при искусственном освещении она составляет 100—140 г сухого вещества на 1 м² в сутки. Это соответствует 1—1,4 т/га (в сухой массе) в сутки или 360—500 т/га в год. Средняя продуктивность микроводорослей при их массовом культивировании в установках открытого типа при естественном освещении находится в пределах 14—35 г/м² (в сухой массе) в сутки, максимальная достигает 60 г/м² в сутки. Если исходить из средней суточной продуктивности 20 г/м² и продолжительности вегетационного периода 6 месяцев, среднегодовая продуктивность установок этого типа составит 72 т/га (в сухой массе) в год. Практически такой показатель (50—80 т/га в год) достигнут во многих странах в открытых

культиваторах разного типа. Культивирование видов рода *Spirulina* позволяет получать 128 т/га белка в год. Таким образом, продуктивность культуры микроводорослей на порядок выше по сравнению с продуктивностью пшеничного поля [3].

Водоросли не являются конкурентами высших растений, поскольку их можно выращивать в водоемах и искусственных установках на площадях, не пригодных для земледелия; их культура менее зависима от климатических условий, и массовое выращивание для медицинских, пищевых и кормовых целей осуществляется во всех пограничных с Беларусью странах — России, Украине, Прибалтике, и только в нашей стране оно отсутствует.

Среди биотехнологических штаммов водорослей, широко используемых во всем мире для получения ценных медицинских препаратов, пищевых и кормовых добавок, наибольший интерес представляют 3 вида — спирулина, дюналиелла и хлорелла.

СПИРУЛИНА

Клетки сине-зеленой водоросли спирулины соединены в многоклеточную спиралевидно закрученную нить, что и определило ее название. Биомасса спирулины обладает разнообразными полезными свойствами, обусловленными ее химическим составом. Она содержит: 70% белка высокого качества, сопоставимого с белком молока; не менее 13 витаминов; много органических соединений йода (ди- и триодитирозин, тироксин), препятствующих развитию зоба при дефиците йода в питьевой воде, что актуально для Беларуси; β -каротина (провитамина А) в среднем в 20 раз больше, чем в моркови, и значительное количество (1700 межд. ед./г) супероксиддисмутазы — фермента, нейтрализующего свободно-радикальные состояния веществ в организме; большое количество ненасыщенных жирных кислот, препятствующих развитию сердечно-сосудистых заболеваний; около 20 минеральных элементов, необходимых человеку (кальций, железо, магний и др.). Кроме 70% белка в спирулине около 10% липидов, 13% углеводов, 4% нуклеиновых кислот.

Изучение питательной ценности биомассы спирулины, проводившееся во многих странах, показало ее полезность и целесообразность использования в рационах детского и диетического питания здоровых и больных людей и для кормления животных [3—4].

Спирулина — профилактическое и лечебное средство при таких болезнях, как атеросклероз, миокардиосклероз, болезни желудочно-кишечного тракта (гепатит, цирроз печени, панкреатит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки и др.), диабет, глазные болезни (катаракта у пожилых людей, глаукома), анемия, облысение, вызванное нарушением кровообращения и катионами тяжелых металлов, в качестве энтеросорбента токсикантов, в гериатрии и т.д. Особенно важно положительное действие биомассы спирулины при заболеваниях, сопровождающихся поражениями иммунной системы. Из спирулины выделен сульфополисахарид — кальций-спирулан, обладающий антивирусной активностью против герпеса, цитомегаловируса, кори, свинки, гриппа А и ВИЧ-1. Существуют экспериментальные доказательства того, что спирулина эффективно снижает уровень холестерина в организме, содержащиеся в ее клеточной стенке полисахариды освобождают организм человека и животных от радионуклидов и катионов тяжелых металлов [5—9].

Очень хорошие результаты были получены при использовании биомассы спирулины в качестве кормовых добавок к рационам сельскохозяйственных животных. Так, добавки сухой биомассы спирулины к дневному рациону откормочных свиней на свиномкомплексе КРЗ



г. Осиповичи по 4 г в течение 2 месяцев позволили увеличить суточные привесы на 22—25%. На Минском ПО по птицеводству при скармливании цыплятам по 100 мг сухой биомассы спирулины в сутки также прекратился падеж молодняка. Однако вопрос использования спирулины в сельхозпроизводстве республики до сих пор остается открытым. В то же время в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси разработан регламент производства биомассы спирулины, позволяющий существенно сократить расходы на ее выращивание. Минимальная цена 1 кг сухой биомассы спирулины, закупаемой за границей в настоящее время, составляет 50 долл. США, тогда как произведенной в Беларуси была бы 25 долл. или даже меньше, о чем свидетельствуют данные, полученные в рамках проекта «Оптимизация технологических параметров культивирования цианобактерии *Spirulina platensis* для создания эффективного способа получения биомассы, обогащенной биологически активными веществами» в ГППИ «Новые биотехнологии» (2006—2010 гг.). В Институте биофизики и клеточной инженерии уже получены лабораторные образцы сухой биомассы спирулины.

Подсчеты показывают, что для свинофермы в тысячу голов на год необходимо 1460 кг биомассы. Такое количество за год даст установка объемом 26 м³, она же обеспечит кормовой добавкой по 100 мг в сутки 40 тыс. цыплят-бройлеров. Учитывая, что животноводство и птицеводство являются приоритетными отраслями сельского хозяйства в нашей стране, рынок потребления биомассы спирулины неограничен.

Материальный баланс производства 1 кг сухой биомассы спирулины можно представить так:

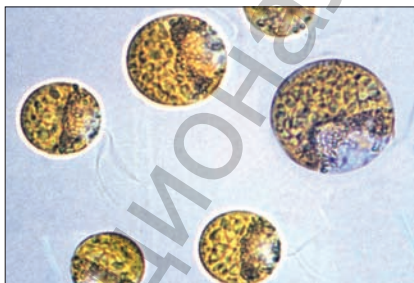
- израсходовано: натрий двууглекислый — 2,5 кг; натрий азотнокислый — 0,7 кг; натрий хлористый — 0,4 кг; калий фосфорнокислый двузамещенный — 0,06 кг; калий сернокислый — 0,1 кг; магний сернокислый — 0,01 кг; кальций хлористый — 0,08 кг; железо лимоннокислое — 0,06 кг; вода — 1,2 м³; электроэнергия — 100 кВт/ч;

- получено: белок высокого качества — 550—650 г; углеводы — 150—200 г; липиды — 50 г; минеральные вещества — 70 г; каротин (провитамин А) — 1,7—2,3 г; витамин С — 1,7—2 г; витамин В₁ — 55 мг; витамин В₂ — 40 мг; витамин В₃ — 11 мг; витамин В₆ — 3 мг; витамин В₁₂ — 2 мг; витамин Е — 190 мг; витамин РР — 119 мг; биотин — 0,4 мг; фолиевая кислота — 0,5 мг; инозит — 350 мг; γ-линоленовая кислота — 550 мг.

ДЮНАЛИЕЛЛА

Одноклеточная зеленая водоросль дюналиелла — объект массового промышленного культивирования для получения витаминов, липидов, спиртов (в частности, этанола) и антибиотиков. Биомасса этой водоросли широко применяется в мировой практике в качестве кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве. Особенно интенсивно эта водоросль используется для получения в промышленных масштабах β-каротина и полиненасыщенных жирных кислот, являющихся предшественниками простагландина и препятствующих развитию атеросклероза и других заболеваний.

Такие крупнейшие биотехнологические фирмы, как Cyanotechnical Corporation и Microbiol. Resources, производят каждая по 1,5 т β-каротина в год из биомассы дюналиеллы. Эта водоросль по своим пищевым качествам не уступает, а в ряде случаев превосходит другие по высокому содержанию жиров (до 28%) и витаминов, полному набору аминокислот, в том числе незаменимых, а также низкому содержанию солевых веществ. В отличие от других водорослей, клетки дюналиеллы лишены целлюлозной или пектиновой оболочки и окружены лишь тонкой эластичной протоплазматической мембраной

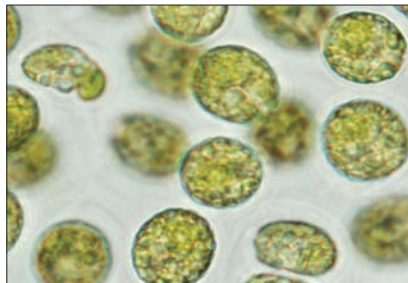


(плазмалеммой), что существенно облегчает усвоение биомассы водоросли животными при кормлении.

Один из видов дюналиеллы — *Dunaliella salina* — единственный представитель водорослей, который может выращиваться на высокосолевых средах. В Институте биофизики и клеточной инженерии на инициативной основе разработаны способы культивирования дюналиеллы на средах, содержащих глинисто-солевые шламootходы ПО «Беларуськалий». Установлено, что в таких условиях происходит модификация пигментного состава клеток водоросли, а именно увеличивается в несколько раз содержание каротиноидов, и суспензия клеток приобретает желтый оттенок. Такая биомасса может с успехом использоваться для получения β-каротина, которого так недостает в Беларуси.

ХЛОРЕЛЛА

Одноклеточная зеленая водоросль хлорелла по содержанию витаминов превосходит все растительные корма и культуры сельскохозяйственного производства. Провитамина А в ней в 7—10 раз больше, чем в шиповнике или сухих абрикосах. Хлорелла — активный продуцент белков, углеводов, липидов, витаминов с легко регулируемым соотношением этих соединений при изменении условий культивирования. При выращивании на обычных минеральных средах в сухой биомассе хлореллы содержится 40—55% белка, 35% углеводов, 5—10% липидов и до 10% минеральных веществ. Хлорелла, растущая на среде, богатой азотом, накапливает преимущественно белок, при дефиците азота она синтезирует главным образом жиры и углеводы, добавление к среде глюкозы и ацетата приводит к по-



вышению содержания каротиноидов и т.д. По качеству продуцируемого белка хлорелла превосходит все известные кормовые и пищевые продукты: в нем имеются все необходимые аминокислоты, в том числе незаменимые.

В 1 г массы сухого вещества водоросли содержится: каротина 1000—1600 мкг, витамина В₁ — 2—18, В₂ — 21—28, В₃ — 12—17, В₆ — 9, В₁₂ — 0,025—0,1, С — 1300—5000, провитамина D — 1000, К — 6, РР — 110—180, Е — 10—350, пантотеновой кислоты — 12—17, фолиевой кислоты — 485, биотина — 0,1, лейковорина — 22 мкг. По содержанию витаминов хлорелла превосходит дрожжи, считающиеся богатым источником этих жизненно важных веществ. В клетках водоросли больше, чем в дрожжах, инозита в 1,5 раза, биотина — в 2, пантотеновой кислоты — в 1,3, пара-аминобензойной кислоты — в 2,9 раза. Витамина В₁₂ нет ни в дрожжах, ни у высших растений, а хлорелла его продуцирует. Если в рыбьем жире содержится 6 витаминов, то в хлорелле не менее 13. Количество витаминов как в клетках, так и в культуральной среде заметно варьирует в зависимости от условий культивирования и фазы развития водоросли.

Среди внеклеточных продуктов хлореллы обнаружены витамины В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, фолиевая кислота и ее производные, пара-аминобензойная кислота, биотин, инозит. Содержание этих витаминов в среде значительно превосходит их количество в клетках. Так, на 6-й день выращивания количество витаминов в среде максимальное и составляет для пантотеновой кислоты, биотина, п-аминобензойной кислоты — 80%, для пиридоксина — 70, тиамина, инозита, никотиновой кислоты — 60% общего содержания в клетках и среде. Затем относительное содержание витаминов в среде снижается, тем не менее и на 14-й день культивирования оно составляет около половины общего количества. Поэтому при использовании биомассы в качестве кормовых добавок следует учитывать это обстоятельство и сплавлять животным суспензию клеток, не теряя находящиеся в среде витамины и другие биологически активные вещества — антибиотики, ферменты, стерины, фитогормоны и т.д.

Так как в белке хлореллы содержатся все незаменимые аминокислоты, его питательная ценность в 2 раза превосходит таковую для соевого белка. Если же сравнивать питательную ценность биомассы в целом, то окажется, что 1 кг биомассы равен 4—5 кг сои. При добавлении к 1 т зерна 5—7 кг массы сухого вещества хлореллы биологическая ценность зерна увеличивается в 1,5 раза. По калорийности хлореллу можно приравнять к шоколаду, а ее белок равноценен белку сухого молока или мяса.

При употреблении хлореллы в виде таблеток или суспензии увеличивается синтез интерферона, снабжение кислородом клеток тела и мозга, происходит очистка крови, печени, почек, желудочно-кишечного тракта от токсинов и тяжелых металлов, улучшается пищеварение, нормализуется рост организма, стимулируется восстановление тканей, pH организма сдвигается в более щелочное состояние, нормализуется сердечно-сосудистая деятельность, в кишечнике более интенсивно развивается полезная микрофлора. Хлорелла рекомендуется при усталости, нарушениях зрения, сердечно-сосудистой деятельности и давления, потере памяти, высоком содержании холестерина, проблемах с пищеварением, тучности, головной боли, инфекциях, дерматитах, токсикозах, аллергиях и как общеукрепляющее средство, повышающее иммунный статус организма.

Хлореллу весьма успешно применяют за рубежом в сельскохозяйственном производстве (в скотоводстве, свиноводстве, звероводстве, птицеводстве, пчеловодстве) в качестве пищевых добавок к рациону различных животных, для улучшения плодородия почв, увеличения всхожести семян, при силосовании и т.д.

Еще в 70—80-х гг. прошлого столетия в совхозе «Пиревичский» Жлобинского района Институтом фотобиологии НАН Беларуси (ныне Институт биофизики и клеточной инженерии) был внедрен способ культивирования хлореллы совместно с хламидомонадой. В бассейнах на 40 м³ выращивали водоросли с последующим смешиванием их с дрожжами для скармливания крупному рогатому скоту.

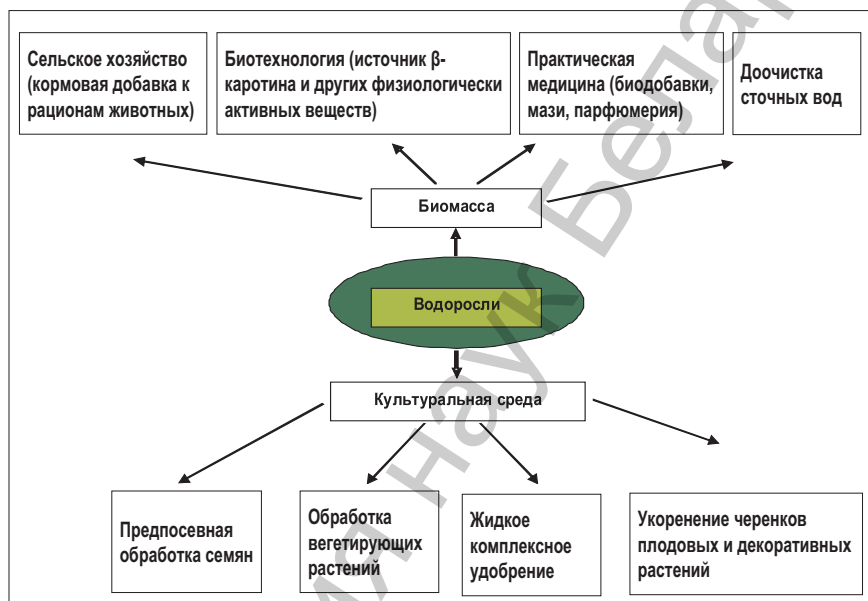
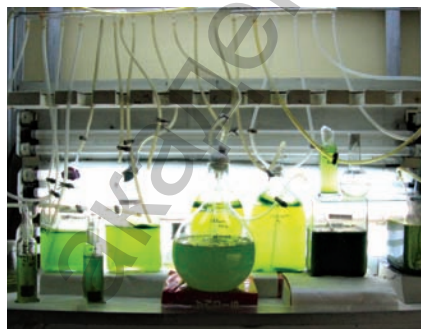
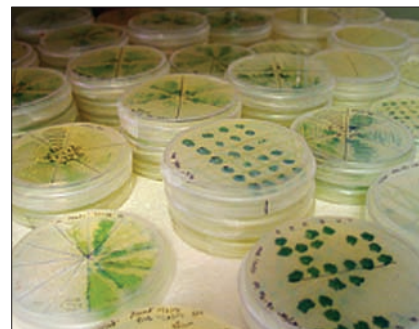


Схема использования биомассы водорослей и их культуральной среды



А



Б

Культивирование водорослей на жидких (А) и твердых (Б) средах

Однако добавление хлореллы при кормлении сельскохозяйственных животных и птиц в республике широкого использования не получило. Есть только отдельные случаи применения биомассы по инициативе руководителей предприятий. В частности, в одном из агропромышленных предприятий Минской области работает культиватор по выращиванию водоросли объемом 120 л. Спаивание суспензии хлореллы удойным коровам позволило увеличить удои и жирность молока.

Водоросли можно применять для доочистки сточных вод. Совместно с ВНИИ по

продуктам питания из картофеля был разработан способ очистки сточных вод производства картофелепродуктов. Очистка отходов производства сухого картофельного пюре в виде муки, крупки и гранул проводилась с помощью миксотрофного штамма хлореллы. В Министерство сельского хозяйства БССР были переданы «Рекомендации по использованию хлореллы для утилизации жидких отходов производства продуктов питания из картофеля» (1982—1984 гг.). Получено авторское свидетельство. В 2007 г. нами совместно с ООО «Флок-тус» была проведена биологическая очист-

тка сточных вод г. Фаниполь и промзоны (Дзержинская птицефабрика, нефтебаза, концерн «Белресурсы», завод ЖБМК, опытно-механический завод, ремонтно-механический завод, ИП «Уномедикал», деревообрабатывающие предприятия, лакокрасочные предприятия) с помощью суспензии хлореллы. При этом удалось эффективно очистить сточные воды даже в самой грязной части очистных сооружений — усреднителе.

Водоросли могут применяться для фотобиологического получения молекулярного водорода. Это было показано исследованиями Института биофизики и клеточной инженерии и работами ряда зарубежных ученых. Наиболее эффективными продуцентами водорода являются *Euglena gracilis*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella kessleri*, *Scenedesmus acutus*. Установлено, что поликультуры выделяют водород более эффективно, чем монокультуры, входящие в их состав.

В народном хозяйстве может использоваться не только биомасса водорослей, но и культуральная среда. Так, в совхозе «Глыбочанский» Ушачского района нами был внедрен способ обработки семян свеклы перед посевом культуральной средой хлореллы, что привело к увеличению урожайности свеклы на 10%. В парниково-тепличном комбинате Министерства торговли был внедрен способ повышения урожая овощных культур. Обработка семян огурцов, томатов, петрушки, лука и т.д. перед посевом растворами физиологически активных веществ — культуральной средой хлореллы и экстрактами торфов — привела к более раннему созреванию плодов и увеличению урожайности культур. Внедрен способ предпосевной обработки семян вико-овсяной смеси и гороха фитогормонами природного происхождения (культуральной средой хлореллы) на полях Минского ПО по птицеводству. Это привело к увеличению биомассы растений и повышенному в них содержанию каротиноидов, белка и хлорофилла (1986 г.). В совхозе «Декоративные культуры» Минскзелентреста использовали культуральную среду хлореллы и торфяные экстракты при укоренении черенков роз,

хризантем и других цветочных культур с целью замены ауксинов и витамина В₁.

Водоросли служат тест-объектом для экологического мониторинга. Их применяют для исследования качества вод, мониторинга ксенобиотиков, в частности пестицидов, катионов тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ (стиральных порошков, шампуней) и др. Для этих целей используют стандартизированный альгоматериал, выращенный в контролируемых условиях. Такой материал поставляют альгологические центры.

В Институте биофизики и клеточной инженерии создана и поддерживается в альгологически чистом виде коллекция хозяйственно-полезных водорослей на жидких и твердых средах.

Коллекция водорослей насчитывает 25 видов и штаммов, среди которых описанные выше спирулина, дюналиелла, хлорелла, а также зеленая водоросль гематококк, клетки которой накапливают большое количество астаксантина — одного из наиболее эффективных антиоксидантов. Эта водоросль может с успехом использоваться для кормления молодых ценных пород рыб, в том числе и осетровых. Водоросли из коллекции используются сотрудниками Белгосуниверситета, Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка, Международного государственного экологического университета им. А.Д. Сахарова для учебных целей, а также в НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Республиканском научно-практическом центре гигиены, природоохранных организациях для научных целей.

Работы по использованию биомассы и культуральной среды водорослей активно проводились в БССР до развала СССР, а затем по разным причинам, главная из которых — дефицит средств, были прекращены. В настоящее время целесообразно вспомнить прошлый опыт и вернуться к этому вопросу в рамках Президентской программы «Возрождение села», направленной на подъем сельского хозяйства страны. Особого внимания заслуживает сезонное производство водорослей. Выращивание их в теплицах в летнее вре-

мя можно осуществлять без отопления и электрического освещения, а стоимость полученной биомассы превысит стоимость любой овощной продукции, произведенной на этой же площади. Следует максимально использовать отходящие теплые воды электростанций — Березовской, Новолукомльской и других для выращивания водорослей. Целесообразно производство установок для массового выращивания водорослей и применение полученной биомассы в качестве натуральных кормовых добавок к рационам сельскохозяйственных животных, в звероводстве. Причем более широко можно использовать как биомассу водорослей, так и культуральную среду.

Литература

1. Михеева Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. — Мн., 1999.
2. Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. Хлорелла. — Ташкент, 1974.
3. Henrikson R. Earth Food Spirulina. Ronore Interprises Inc., Laguna Beach, California. 1989.
4. Belay A. The potential application of Spirulina (Arthrospira) as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management// The Journal of American Nutraceutical Association. 2002. V. 5, N2. P. 27—48.
5. Евец Л.В., Пац Н.В. Использование Spirulina для лечения детей с алопецией, обусловленной свинцовой интоксикацией // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. 1997, №3. С. 30—32.
6. Мельников С.С., Мананкина Е.Е. Медицинские аспекты использования спирулины // Вестн. НАН Беларуси. Сер. мед. наук. 2008, №2. С. 121—126.
7. Берестов В.А. Спирулина — наше здоровье и долголетие. — Николаев, 1997.
8. Евец Л.В., Ляликов С.А., Макарович А.В. и др. Spirulina как средство, нормализующее адаптационные возможности организма детей, подвергающихся длительному действию малых доз радиации // Здоровоохранение Беларуси. 1992, №7. С. 11—12.
9. Евец Л.В., Мадекин А.С., Ляликов С.А. и др. Spirulina в оздоровлении ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Экологическая антропология. Ежегодник. — Мн., 1996. С. 83—88.



Елена Ленчук

заведующая сектором институтов инновационного развития Института экономики РАН,
доктор экономических наук

Проблемы перехода к инновационной модели развития в странах СНГ

Инновационная модель экономики уже стала свершившимся фактом для многих передовых стран Западной Европы, США, Японии — бесспорных лидеров мирового технологического прогресса, монополизировавших основные «прорывные» технологии последних десятилетий, вступивших в этап постиндустриального общества, занявших прочные позиции на глобальных рынках наукоемкой продукции и услуг.

Непрерывный процесс их инновационного обновления оказывает позитивное воздействие на динамику и качество экономического роста, эффективность и конкурентоспособность национальной системы хозяйствования. За счет инноваций обеспечивается до 85% прироста валового внутреннего продукта, а на самые динамичные из них — США, Японию и Германию вместе взятые — приходится сегодня 43% глобального ВВП (в текущих долларовых ценах). Соответственно высока и доля этих государств в мировом разделении труда, которая составляет 36% — у США, 30% — у Японии и 17% — у Германии.

Формирование государственной политики, способной обеспечить инновационное

развитие национальной экономики, является одним из наиболее сложных, но важных вызовов для стран СНГ, за растущей экономической активностью которых в последние годы скрываются тревожные тенденции продолжающегося движения к деиндустриализации производства и нарастающему технологическому отставанию. Структурно-технологические сдвиги в экономике государств Содружества до последнего времени происходили в значительной мере стихийно, под воздействием текущих макроэкономических конкурентных преимуществ. Основные механизмы роста чрезмерно концентрировались в горстке отраслей, чей успех в основном зависит не от инноваций, а от экспорта сырьевых товаров. В то же вре-

мя в регионе непрерывно сокращается количество инновационно активных предприятий, ухудшаются позиции на рынке высокотехнологичных продуктов, суммарная доля которых сегодня не превышает 0,5—0,6%.

Становится очевидным, что без продуманной структурной трансформации народного хозяйства и прежде всего его переориентации с энергосырьевой на инновационную модель развития страны СНГ не в состоянии решить задачи, связанные с необходимостью скорейшего преодоления технологического отставания и существенного повышения конкурентоспособности экономики. Именно такая политика является мощным рычагом, с помощью которого можно преодолеть спад в экономике, обеспечить ее структурную перестройку, технологическую модернизацию и насытить рынок высокотехнологичной продукцией.

Однако переход к подобной модели в странах Содружества осуществляется крайне медленно, принимаемые в этой области решения достаточно фрагментарны, отсутствует системность при построении НИС. Во многом ситуация тормозится

незавершенностью институциональных преобразований, обеспечивающих рыночное ведение хозяйства в регионе. Многие элементы этой системы еще не сформированы или развиты слабо. Так, не закончена приватизация, плохо функционирует кредитно-финансовая система (ограниченные функции выполняет банковский капитал), не развиты фондовые рынки, медленно идет процесс создания крупных высокотехнологических компаний и малых инновационных фирм. В условиях крайнего дефицита денежных средств в странах СНГ до сих пор не действуют механизмы перелива финансовых потоков из сырьевых в высокотехнологические отрасли. Не решены проблемы борьбы с инфляцией. Сложны отношения между государством и бизнесом, по-прежнему высок уровень коррупции, произвольного вмешательства госорганов и должностных лиц в хозяйственную деятельность предприятий. Все это не позволяет образовать здоровую конкурентную среду, в рамках которой только и может формироваться новая экономика.

Построение инновационной модели развития в странах СНГ предполагает активизацию их участия в международном технологическом обмене. Для этого должны быть найдены пути повышения заинтересованности стран Содружества в углублении интеграции в данной области на основе согласованной научно-технической политики, в том числе в формировании общего научно-технологического и инновационного пространства. Ускоренный переход передовых государств к инновационной модели экономики доказывает, что именно совместные действия в решении задач ее модернизации, создании высокотехнологических производств, позиционировании на мировых рынках наукоемкой продукции могут обеспечить повышение конкурентоспособности национальных экономик. Другими словами, только выверенная научно-техническая и инновационная политика, нацеленная на развертывание процессов интеграции научных знаний в инновации и производственную деятельность, позволит странам СНГ выйти из тупика и активнее включиться в мирохозяйственные связи.

Состояние производственно-технологического комплекса в странах СНГ

Переходный период на территории бывшего СССР, начавшийся более 15 лет назад, обернулся для вновь образовавшихся и вошедших в состав Содружества государств серьезными потерями в экономике, науке и технике, вызванными ликвидацией прежней централизованной системы и разрушением некогда единого экономического пространства. Трансформация в регионе происходила более болезненно, чем, например, в Центральной и Восточной Европе (ЦВЕ), которая с помощью Евросоюза и прямых иностранных инвестиций достаточно быстро оправилась. В странах СНГ глубина падения большинства макроэкономических показателей была просто катастрофической. Несмотря на то, что к 2000 г. им удалось достичь некоторой стабилизации и оживления экономики, а темпы роста в среднем достигали 5–6%, по многим пунктам им до сих пор не удалось выйти на уровень 1990-х гг., что чрезвычайно ограничивает возможности решения задач ускорения социально-экономического развития.

В большинстве стран СНГ сохраняется разрыв между ростом ВВП и промышленности, что не позволяет им обеспечить стабильный экономический подъем. По своей структуре они являются исключительно экспортерами сырья или продукции низших переделов, в то время как, например, Великобритания экспортирует главным образом финансовые услуги, Германия — товары средних технологий высокого качества, а Китай — трудоемкую продукцию среднего качества.

Не показывают улучшения хозяйственной ситуации в регионе и рейтинги конкурентоспособности, представленные по итогам 2006 г. Всемирным экономическим форумом (WEF) и охватывающие 125 стран. Члены Содружества находятся во второй половине этого списка: Россия — 62-я, Украина — 78-я, Азербайджан — 64-й, Армения — 82-я, Грузия — 85-я.

Причем некоторые из них существенно ухудшили свои позиции: по сводному индексу глобальной конкурентоспособности по сравнению с предшествующим годом Россия опустилась на 9, Украина — на 10 позиций.

Сложившаяся ситуация прежде всего связана с объективными причинами. Распад СССР привел к резкому снижению степени интегрированности образовавшихся стран, которая до этого была чрезвычайно высокой. Перед новыми независимыми государствами встала проблема создания обособленных национальных экономических систем на базе крайне деформированных производственно-технологических структур, в большинстве случаев характеризующихся чрезмерно высокой долей военно-промышленного производства, тяжелого и среднего машиностроения. Причем она усугублялась и тем, что многие из них одновременно с формированием собственной государственности осуществляли переход к рыночной модели экономики. По сути дела, такая задача была беспрецедентной, так как впервые решалась в истории мирового развития.

В то же время многие разочаровывающие итоги рыночных трансформаций на пространстве бывшего СССР связаны с субъективными факторами, выразившимися в недальновидной политике «прорабов» постсоветских технологических преобразований, действовавших в условиях полного отсутствия каких-либо стратегических ориентиров. Большинство из них отдали предпочтение либеральному курсу реформ, центр тяжести которых был сосредоточен на изменении отношений собственности и проблемах финансовой стабилизации, полагая, что рынок сам все расставит по своим местам. В таких условиях государство практически самоустранилось от решения проблем структурно-технологических преобразований экономических комплексов, направленных на создание производств современных технологических укладов, позволяющих формировать конкурентоспособную экономику и обеспечивать ее устойчивый рост.

Структурно-технологические сдвиги в системе хозяйствования стран СНГ происходили в значительной мере стихийно, под воздействием текущих макроэкономических конкурентных преимуществ, что привело к межотраслевым перекосам и изменениям ее структуры, свидетельствующим, по существу, о деиндустриализации производства в регионе. Произошла своеобразная «перестройка наоборот», в сторону доминирования низкотехнологичных энергоемких и экологически небезупречных отраслей.

Гипертрофированно выросла доля топливно-энергетических отраслей при резком снижении (в 1,5—2 раза) доли машиностроения в структуре экономики участников Содружества. Так, например, в России по сравнению 1990 г. последняя в общем объеме производимой техники в 2005 г. сократилась с 28 до 17%, что ниже порогового уровня экономической безопасности, который составляет 20% [1].

Причем, по некоторым оценкам, менее 20% продукции машиностроения в СНГ в настоящее время соответствует мировому уровню [2]. Одновременно происходит ее вытеснение с рынка. В то время как в мировом экспорте удельный вес продукции машиностроения и приборостроения постоянно увеличивается (к 2005 г. он достиг отметки 40%), в экспорте из стран Содружества он, наоборот, сократился до 4—5% (в 1990 г. составлял в среднем 17%). В частности, в Беларуси доля машин и оборудования в общем экспорте страны в период с 1998 по 2005 г. снизилась с 30,2 до 20,3%, а минеральных удобрений выросла почти в 4 раза — с 8,4 до 35,4% [3]. В экспорте Украины удельный вес техники в 1994 г. составлял 18,7%, в 2005 г. — 13,5% [4]. В России этот показатель не превышает 5—8%. Следует также отметить, что машиностроительная продукция этих государств реализуется преимущественно внутри СНГ и на развивающихся рынках, тогда как на Западе она неконкурентоспособна.

Ослаблены позиции стран Содружества на рынке высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Так, по данным Мирового банка, ее доля в России в общем объеме

экспорта промышленных товаров в 2005 г. составила 8,1%. Это предопределило низкую долю страны на международном рынке, которая, по разным оценкам, составляет не более 0,3—0,5%. В Беларуси и Украине доля высокотехнологичной продукции в экспорте не превышает 4—5%.

Свертывание выпуска наукоемких видов продукции, прежде всего в машиностроении, значительно сузило базу для современного обновления машин и оборудования, внедрения новых технологий. Это и стало основной причиной обострения технологического кризиса в постсоветских странах, потери внутренних и внешних рынков, растущей зависимости от зарубежных государств. По существу, проводимые хозяйственные реформы не только не привели к модернизационному рывку, а, наоборот, отбросили страны СНГ далеко назад с точки зрения их возможностей обеспечения качественного экономического роста.

Заметно ухудшились технологические параметры промышленности и других секторов, замедлились темпы снятия с производства устаревших машин, конструкций, технологий, уровень износа техники и оборудования составил 50—70% и выше, что обуславливает высокую затратно-способность и общую неконкурентоспособность продукции, выпускаемой предприятиями Содружества. Его внутренние рынки очень быстро заполняются зарубежными товарами, удушающими такие компании и даже целые отрасли, ослабляя как финансовую, так и технологическую самостоятельность региона.

В настоящее время средняя продолжительность использования определяющих технологий в промышленной сфере стран СНГ составляет от 20 до 30 лет. Для сравнения, в США в целях обеспечения конкурентоспособности продукции замена оборудования на приоритетных наукоемких производствах происходит каждые 5 лет. По этим показателям предприятия постсоветских государств полностью неконкурентоспособны. Более половины определяющих технологий разработаны еще в период до 1985 г., то есть во времена СССР, и только около 20% — в последние 5 лет.

Главной причиной резкого обострения технологического кризиса в СНГ в конце 1990-х гг. в первую очередь стало полное исключение научно-технического фактора из тактики и стратегии проводимых реформ. За годы рыночных трансформаций произошло снижение государственных затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки. В среднем этот показатель упал на 0,4—0,5% от ВВП и сегодня сравним только с отдельными странами третьего мира.

Сокращение объемов финансирования научной сферы привело к разрушению научно-технических потенциалов. Прежде всего это сказалось на кадровом составе, который за период рыночных преобразований в регионе сократился более чем в 2—3 раза. Причем отток специалистов из науки происходил гораздо быстрее, чем в других отраслях экономики. Уменьшилось количество научных организаций, ослабла материально-техническая база, снизилась заработная плата ученых и инженеров, что способствовало падению престижа интеллектуального труда и в науке, и в НИОКР.

Наибольшие потери в период рыночных трансформаций понесла отраслевая наука стран СНГ, которая в советское время преимущественно обслуживала военно-промышленный комплекс. Она оказалась неприспособленной к самостоятельному функционированию на рынке научно-технической продукции гражданского или двойного применения. В этом секторе наблюдалось наибольшее сокращение государственных заказов, высвобождение работников высшей квалификации, повлекшее за собой распад сложившихся научно-технических и производственных коллективов. Разрушение научно-технических потенциалов обострило проблему результативности научно-технической деятельности. Произошло существенное сокращение объема создаваемых и осваиваемых новых промышленных технологий, и сегодня только около 7% из них отличаются принципиальной новизной, а 3,6% — подкрепляются патентами на изобретения.

«Вымывание» инновационных отраслей в структуре экономики привело к существенному снижению спроса на результаты научно-технической деятельности со стороны производственной сферы, резко сокращению масштабов внедрения новых разработок. Промышленность стран СНГ — основной потребитель инноваций — сегодня не имеет финансовых ресурсов для технологического переоснащения и освоения новой продукции: собственные средства предприятий крайне ограничены, бюджетные капиталовложения в производства остаются на низком уровне, инвестиционные возможности национальных банков крайне незначительны. Государственные органы этих стран пока не выработали соответствующих мер, стимулирующих использование новейших технологий. Так, например, по некоторым оценкам, в российской экономике реально используется не более 2% создаваемых научных знаний, что оборачивается крупным экономическим и стратегическим проигрышем [5].

Инновационная деятельность в регионе имеет отрицательную динамику, активность предприятий продолжает падать. Лучший показатель в этой области имеет сегодня Беларусь — около 15%, но и он значительно уступает среднему по ЕС, который составляет 44%. Все это ведет к технологическому застою и дальнейшему прогрессирующему отставанию от стран с развитой экономикой.

Следует отметить, что в отличие от ЦВЕ постсоветским государствам не удалось создать условия для привлечения иностранных инвестиций (ПИИ) в наукоемкий сектор и активно включиться в международные производственные цепочки. С позиций требований ПИИ страны Содружества относятся к региону с относительно высоким уровнем политических, экономических, правовых рисков. Как правило, сфера интересов ТНК в нем ограничивается перерабатывающими отраслями, что закрепляет за участниками СНГ позиции сырьевых доноров.

В то же время мировая практика свидетельствует, что правильно выбранная

политика привлечения иностранных инвестиций способствует устойчивому развитию экономики и росту показателей конкурентоспособности. Наглядным примером на сегодняшний день является опыт ряда стран ЦВЕ. Качественный прорыв в ПИИ в виде денег и технологий в Венгрии, Чехии, Польше и других государствах позволил им довольно быстро и относительно безболезненно вписаться в глобальную мировую экономику, существенно изменив свой технологический облик. Интересна также и политика Китая. Благодаря активному притоку ПИИ в период 1990—2000 гг. ему удалось снизить долю сырьевых товаров в структуре экспорта в 4 раза и до 12% и увеличить количество в нем высокотехнологичной продукции в 7 раз [6].

Многие эксперты полагают, что решение проблемы привлечения иностранных инвестиций для стран СНГ как раз и лежит в русле активного включения в международные технологические цепочки транснациональных корпораций. Именно ТНК способны принести в регион прямые транши, современные технологии, открыть вход на закрытые рынки высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Эта модель дает возможность не только получить стабильный источник инвестиций в поддержание производства, но и существенно обновить основные фонды, принципы менеджмента и т.д. Кроме того, она избавляет отечественные предприятия от проблем, связанных с выходом на мировой рынок.

Существуют довольно успешные, хотя и единичные, примеры реализации такого подхода — например, в случае с украинским судостроительным заводом «Океан», вошедшим в состав голландской корпорации Damen Shipyards Group.

Такую практику можно будет расширить, поскольку эксперты UNCTAD делают благоприятный прогноз в отношении роста ПИИ в страны СНГ на ближайшую перспективу, что объясняется, прежде всего, продолжающимися процессами приватизации, сохраняющимся сравнительно низким уровнем зарплаты и цен на энергоносители в этом регионе. Особую роль может сыграть вступление отдельных участников Содружества в ВТО.

Таким образом, чтобы занять достойное место в современном глобализирующемся мире, страны СНГ должны суметь ответить на вызовы времени: либо они найдут в себе силы, умение и ресурсы для выстраивания сложной конструкции национальной экономики XXI в., осуществив структурную перестройку и технологическую модернизацию промышленности на инновационной основе, либо мировая экономика сама последовательно «выстроит» на территории постсоветских государств свой сегмент, который в полной мере будет отвечать ее интересам и потребностям.

*Продолжение
в следующем номере.*

Литература

1. Инновации. 2007, №7. С. 12.
2. Инновации и экономический рост. — М., 2002. С. 338.
3. Белорусский экономический журнал. 2003, №4. С. 76—78.
4. Статистичні зорічки України за 1995—2005 р. / Державний Комітет статистики України.
5. Инновации. 2007, №7. С. 14.
6. Золотников Л. Экономическая глобализация: мифы и реальность. Глобализация экономики Беларуси: материалы семинара. — Мн., 2003. С. 12.
7. Краснов Л.В. Внешнеэкономические ориентиры инновационной стратегии России в условиях глобализации мировой экономики. В кн. «15 лет Содружеству независимых государств». — Калуга, 2006. С. 143.

Открытые инновации

Становление нового инновационного уклада в современных условиях сопровождается активизацией интеграционных процессов. Происходит трансформация национальных инновационных образований в целостную систему, что подтверждается, к примеру, созданием единого экономического пространства на территории Европейского Союза.

Появление новых информационно-коммуникационных возможностей способствует глобализации, интернационализации хозяйственной деятельности. Но, как показывает практика, эффективность последней значительно снижается при использовании закрытых инновационных процессов. Традиционная модель, когда компании добивались лидерства за счет засекреченных научных исследований и передовых технологий, воплощавшихся впоследствии в новые продукты, не способна справиться с вызовами нового времени. Достойным ответом на них становятся открытые инновации.

Этот термин ввел в научный оборот профессор Гарвардской школы бизнеса Генри Чесбро [1]. Под ними подразумевают использование целевых потоков знаний для ускорения внутренних инновационных процессов, а также расширения рынков для более эффективного применения нововведений.

Открытые инновации базируются на принципах перехода от внутренних закрытых разработок к привлечению внешних знаний, приложения заимствованных идей, которые могут принести прибыль корпорации, создания устойчивой бизнес-модели организации.

В качестве предпосылок, обусловивших появление открытых инноваций, можно назвать следующие:

- полезные знания интенсивно распространяются между субъектами хозяйственной деятельности;
- компании не в состоянии задействовать избыток имеющейся информации;

- многие запатентованные разработки не нашли применения в производстве по причине отсутствия необходимых ресурсов, оборудования и т.д.;
- идеи, которые невозможно использовать в текущий момент, могут быть потеряны;
- ценность знаний или технологий напрямую зависит от типа бизнес-модели предприятия;
- организации активно распространяют и приобретают интеллектуальную собственность [2].

Исходя из перечисленных предпосылок, можно сделать вывод, что современная экономика вступает в новый этап, когда источники потенциала компании находятся за ее пределами. Несмотря на то, что некоторые отрасли остаются закрытыми (ядерная промышленность, военно-промышленный комплекс и т.д.), многие из них все же переходят к использованию открытых инноваций.

Феномен открытых инноваций

Подорвать основы закрытых инноваций стали несколько одновременно действующих факторов. Одним из них является постоянно возрастающая мобильность ученых и высококвалифицированных специалистов. Когда профессионально подготовленные люди покидают компанию, проработав там много лет, они забирают с собой, а затем приносят новому работодателю большой багаж знаний, приобретенный на предыдущем месте работы. Другой фактор — растущее число людей, получивших образование в высшей школе и после ее завершения. Это способствует тому, что знание выходит из узких рамок исследовательских лабораторий.

Новая парадигма исходит из того, что нужно активно вовлекать в оборот компании распространенное, уже известное знание вместо прежнего его игнорирования. Наряду с применением собственных технологий следует зарабатывать на использовании различных, в том числе и внешних путей их вывода на рынок. Исследовательская функция не должна ограничиваться исключительно созданием новых знаний, практика открытых инноваций включает в себя оценку внешних идей и их интеграцию. Вместо управления интеллектуальной собственностью как способом недопущения к ней других организаций и лиц необходимо получать прибыль от использования ее соперниками.

Хотя в ходе открытых инноваций отмечаются ошибочные, неудачные проекты, появившиеся не только изнутри, но и из внешних источников, возможен вариант возврата к тем идеям, которые первоначально показались малополезными, но со временем доказали свою перспективность. Часто эти разработки внедряются на новом рынке, а не на прежнем, иногда их ценность проявляется только после объединения с другими. В формате закрытых инноваций такие возможности часто упускались навсегда.

Чтобы знания могли выходить за пределы крупных лабораторий, отраслевых институтов и свободно циркулировать, необходимо обеспечить их большую ориентированность на работу с внешними заказчиками. Важнейшая задача состоит в том, чтобы обеспечить интеграцию некоторых элементов знаний в конфигурации, которые могли бы оказаться полезными. Когда они широко распространены в экономике, растут возможности для их эффективного использования. И здесь компании, которые будут предлагать услуги в области интеграции знаний и разработки системных решений, могут извлечь значительную выгоду.

Таблица. Сравнение закрытых и открытых инноваций [1]

Принципы закрытых инноваций	Принципы открытых инноваций
Талантливые специалисты, разбирающиеся в этой области, работают на нас	Далеко не все одаренные люди работают на нас. Мы должны взаимодействовать с перспективными работниками, действующими как в нашей компании, так и за ее пределами
Чтобы получить прибыль от НИОКР, мы должны сами совершить открытие, разработать его до уровня продукта и довести до конечного результата	Значительную ценность могут создавать внешние НИОКР; внутренние НИОКР необходимы, чтобы получить часть этой ценности
Если мы сделаем открытие сами, то сможем первыми выйти с ним на рынок	Нам не обязательно самим проводить исследования, чтобы на основе их результатов получить прибыль
Компания, которая доводит инновацию до рынка первой, выигрывает	Создание более совершенной модели бизнеса важнее, чем выход на рынок первым
Если мы сами создадим в отрасли большую часть лучших идей, то выиграем	Если мы наилучшим образом воспользуемся внутренними и внешними идеями, мы выиграем
Мы должны тщательно контролировать нашу интеллектуальную собственность, чтобы конкуренты не воспользовались нашими идеями с прибылью для себя	Мы должны получать прибыль от использования другими нашей интеллектуальной собственности и должны покупать ее у других компаний всякий раз, когда она соответствует нашей бизнес-модели

Открытые инновации как модель управления

В этом качестве они все более активно применяются во многих отраслях. В связи с высокой стоимостью содержания научных лабораторий предприятия все чаще концентрируются на совместных разработках и открытых инновационных центрах. Скрывая результаты проведенных исследований, фирмы недополучают значительную долю прибыли, поскольку иногда растрачивают свои ресурсы, дублируя уже имеющиеся инновации. Принцип, по которому неиспользованные изобретения чаще всего перемещались в архив, устарел, существует риск потери и квалифицированного персонала, и уже сгенерированных инновационных идей.

Как показала практика, ценность инновационного продукта все в большей степени зависит от бизнес-модели, с помощью которой он выходит на рынок. Одна и та же разработка, выведенная «в свет» через более совершенную модель управления, показывает более высокие коммерческие результаты, чем при менее удачной. Именно бизнес-модель определяет, какие потребительские проблемы необходимо решить, и отыскивает для этого нужные внутренние и внешние идеи.

Феномен перехода к сетевым формам получения нового знания широко известен и применяется в практической деятельности известных транснациональных корпораций. Наиболее показателен в этом отношении пример IBM. Как известно, эта компания — родоначальник компьютерной отрасли, что стало основой ее коммерческого успеха в течение полувека. Однако в начале 90-х гг. IBM начала испытывать серьезное конкурентное давление, что заставило руководство коренным образом изменить стратегию фирмы. Ее доминирующей составляющей стала ориентация на запросы своих потребителей. Один из крупнейших заказчиков Citicorp представил в IBM диаграмму цепочки ценности для технологий банковских услуг (схема).

Анализ схемы показал, что большая доля ценности находится в средней и верхней части, а основные расходы на исследование IBM относятся к нижней. Из-за этого задачи, решаемые компанией, не соответствовали запросам заказчика, и она практически не готова была удовлетворить их в верхних уровнях цепочки. Эта ситуация заставила IBM пересмотреть свою политику в области инноваций и наряду с традиционными разработками, предлагаемыми Citicorp, например полупроводниками, создавать для нее новые

товары и услуги в верхней и средней части цепи ценности. IBM переориентировала деятельность на технологии, способные обеспечить системную интеграцию компьютерной инфраструктуры своих клиентов и извлекать из нее как можно больше пользы. Чтобы доставлять ценности потребителям, нужно было обратиться к внешним разработкам, включая и те, которые встроены в Интернет, хотя их созданием не занималась ни одна конкретная компания и ни одна отраслевая лаборатория. Фактически IBM пришлось задействовать инновации, которыми она не владела и которые не могла контролировать, то есть открытыми и для нее, и для конкурентов в одинаковой степени. Чтобы предложить заказчикам лучшее, необходимо было выявлять самые эффективные разработки, независимо от источника их происхождения, и научиться стыковать их так, чтобы получать наиболее результативные решения. IBM смогла создавать ценность для своих клиентов благодаря использованию открытых стандартов из самых разных областей, в том числе операционной системы Linux, языка программирования Java, HTML и протокола http.

Основное конкурентное преимущество современности

Модель открытых инноваций базируется на огромных избыточных знаниях, которые должны быть оперативно внедрены в практику, чтобы компания, их получившая, могла создать дополнительную ценность. Результаты исследовательских и научных работ благодаря современным средствам коммуникации и информации быстро становятся достоянием мировой экономики. Предположим, фармацевтическая компания имеет сайт, на котором обсуждаются проблемы, связанные с химией и биологией. По сути, таким образом ей удается сформировать глобальное сообщество специалистов этого профиля, работающих во всех уголках земного шара. Посещая данную интернет-страничку, они предлагают собственные решения по обсуждаемой теме, таким образом в режиме реального времени делясь своими идеями с остальными участниками форума.

Возникает резонный вопрос: на чем же в таком случае будет базироваться конкурентное преимущество компании, ведь в течение продолжительного промежутка времени именно монополия на разработку выдвигала ее на ведущие позиции в отрасли? По мнению экономистов, лидерство корпорации по-прежнему будет основываться на знаниях, но не квалифицированных или стандартизованных, свободно обращающихся на рынке, а на той действительно специфической информации, доступной только для отдельных организаций, передавать которую не так-то легко. Называют ее по-разному, иногда ноу-хау, иногда неявными знаниями, которые трудно описать, увидеть и которыми невозможно поделиться. Есть также коммерческие тайны, в основном существующие в наукоемких отраслях. Такие знания также будут оставаться источником конкурентного преимущества.

Аутсорсинг как разновидность открытых инноваций

Доля услуг на международном рынке постоянно возрастает. В общем их объеме, в свою очередь, растет роль обмена знаниями и распространяется такое явление, как аутсорсинг — передача организацией определенных бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области. Принцип аутсорсинга — «оставляю себе только то, что могу делать лучше других, передаю внешнему исполнителю то, что он делает

лучше меня». В развивающихся странах эта практика пока не получила широкого распространения. В России, например, на аутсорсинг чаще всего передаются такие функции, как ведение бухгалтерского учета, обеспечение работы офиса, транспортные услуги и т.п.

Однако совершенствование коммуникационных технологий должно расширять количество подобных предложений. Конечно, в каждой ситуации все зависит от конкретных условий. И компании, которые принимают решение все делать своими силами, в течение какого-то времени еще могут использовать старую модель, однако их экономическое процветание напрямую зависит от выхода на международный рынок. И в этом случае предприятия вынуждены все больше специализироваться, поскольку достойное место на глобальном рынке можно занять только при условии высокого качества предлагаемого продукта. Даже если компания — признанный лидер в отрасли, вряд ли она сможет выполнять абсолютно все работы на мировом уровне. Таким образом, фирма, опирающаяся только на собственные силы, обрекает себя на существование в рамках внутреннего рынка. Безусловно, передать все на откуп аутсорсинга невозможно. Управление специфическими знаниями, которые трудно передаются, рациональней осуществлять внутри фирмы, а вот в отношении стандартизированной информации лучший вариант — аутсорсинг.

Открытая модель инноваций в развивающихся странах

Для того чтобы экономика, основанная на знаниях, работала эффективно, необходимы определенные институциональные условия. В развивающихся странах они пока не сформированы в достаточной степени, но одним из главных активов, который позволит создать новую экономику, является уровень подготовки кадров. Постоянные инвестиции в человеческий капитал приведут к тому, что большая часть экономической деятельности будет связана именно со знаниями, а не с физическими активами. В этом плане хороший пример представляет собой Китай,

который исторически развивался так, что главенствующую роль в его экономике играли крупные предприятия. Сейчас центр экономической деятельности перемещается из них в небольшие фирмы, которым более свойственен дух предпринимательства. Именно эти малые предприятия, создаваемые в технологической сфере, стали проводниками инноваций в китайскую экономику.

В условиях переходной экономики ставка часто делается на крупные компании, малому бизнесу не уделяется должного внимания. Последний находится в роли нелюбимой падчерицы и в результате практически не развивается. Эту проблему трудно решить, потому что флагманы индустрии — действительно мощные структуры, они опираются на сильную финансовую базу, им гораздо проще выйти с какой-то инициативой на правительство, чем малым фирмам, которым сложнее координировать совместные действия. В новой экономике, построенной на модели открытых инноваций, нельзя исключать роль государства. Оно должно принимать участие в финансировании исследований, а также инвестировать в образование. Кроме того, весьма велика его роль в защите интеллектуальной собственности. Правоотношения, связанные с разработкой и использованием продуктов интеллектуального труда, должны быть четкими и ясными, охраняться законом. Государство может в значительной степени способствовать обмену информацией, технологиями, если возьмет на себя организацию конференций, конкурсов, вручение премий [3]. Инвестируя в знания, умения, человеческий капитал, поддерживая обмен ими, государство сможет обеспечить достойную жизнь своим гражданам.

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

Схема. Цепочка ценности Citicorp в информационных технологиях [1]



Литература

1. Генри Чесбро. Открытые инновации. Создание прибыльных технологий. — М., 2007.
2. <http://www.ibl.ru/konf/041208/25.html>
3. <http://www.ipnou.ru/article.php?idarticle=000081>



Александр Мрочек

директор Республиканского научно-практического центра «Кардиология»,
академик-секретарь Отделения медицинских наук НАН Беларуси,
член-корреспондент

Инновации в интервенционной кардиологии

Современная медицина характеризуется активным внедрением в клиническую практику высоких технологий диагностики и лечения различных заболеваний. Такими стали интервенционные технологии. Отправной точкой их появления считается 1977 г., когда Андреас Грюнциг впервые выполнил процедуру чрескожной коронарной баллонной ангиопластики. Конец XX ст. знаменателен бурным развитием интервенционных технологий: создаются и непрерывно совершенствуются коронарные стенты, направляющие катетеры, проводники различной степени жесткости, баллонные катетеры, а также разнообразные устройства, позволяющие осуществлять внутрисосудистое разрушение тромбов и атеросклеротических бляшек (устройства для проведения реолитической тромбэктомии, лазерной ангиопластики, ультразвуковой ангиопластики, атерэктомии, ротабляции и т.д.). Все это послужило стимулом для начала интенсивных работ в области микромеханики, материаловедения, фармакологии и др.

Широкомасштабное применение покрытых стентов в клинической практике началось после Европейского конгресса кардиологов (Стокгольм, 2002 г.), когда были озвучены результаты многоцентрового ран-

домизированного исследования RAVEL. Они свидетельствовали о существенном снижении частоты повторного сужения леченного сосуда (рестенозирования) после использования стентов с активным покрытием, выделяющих антипролиферативный препарат сиролимус. Риск развития рестенозирования уменьшился до 5%. Однако появившиеся в 2004—2007 гг. публикации заставили по-иному оценить показания к имплантации стентов данного типа [1—4]. В них отмечается, что стенты 1-го поколения наряду с подавлением миграции гладких миоцитов меди и синтеза неинтимы угнетают покрытие стента эндотелиоцитами, что ведет к развитию поздних (в течение 1—12 месяцев после имплантации) и очень поздних (через 1 год) тромбозов стента с такими клиническими последствиями, как развитие инфаркта миокарда. Исходя из этого ведущие мировые компании-производители предложили принципиально новые подходы, касающиеся изменения конструкции коронарных стентов: модификации сплава и дизайна устройства; покрытия, регулирующего выделение препарата, и собственно выбора наиболее оптимального антипролиферативного агента. Важность сделанных акцентов объясняется тем, что сплав/дизайн стента, особенности покры-

тия и антипролиферативного препарата в определенной степени могут оказывать влияние на развитие негативных реакций со стороны сосудистой стенки (гиперчувствительность сосудистой стенки, воспаление в зоне имплантации стента, замедленная эндотелизация, дисфункция эндотелия) и системы гемостаза (активацию тканевого фактора и ингибирование тканевого активатора плазминогена).

Выбор сплава играет особую роль, так как коррозия стента может привести к воспалительному процессу, а затем к тромбозу и развитию рестеноза. Оксидная пленка, образующаяся *in vivo* из металла, замедляет его коррозию и незначительно препятствует (из-за миграции частичек коррозии) локальной и общей токсичности [5]. Сопоставляя сплавы для коронарных стентов, стоит выделить кобальт-хромовый как наиболее инертный по отношению к элементам сосудистой стенки и крови, а также обладающий достаточной прочностью, что и позволяет уменьшить металлонасыщенность стента, сохранив при этом в полной мере его механические свойства. Данный тип применяется в покрытых стентах семейства Endeavor и Xience V, показал высокую эффективность и безопасность [6].

Тип покрытия стента является еще одной важной составляющей, поскольку, с одной стороны, оно должно адекватно регулировать кинетику выделения антипролиферативного агента, а с другой — не вызывать иммуновоспалительных процессов сосудистой стенки. Следует отметить, что все покрытые стенты 1-го поколения и большинство новых имеют полимерную основу и в зависимости от степени контакта с молекулой воды подразделяются на гидрофильные и гидрофобные.

Последние традиционно использовались в стентах 1-го поколения (Cypher, Taxus), поскольку позволяли обеспечивать более равномерное распределение препарата в их толще и прогнозируемо регулировать кинетику освобождения лекарственного вещества. Однако существенным недостатком гидрофобных полимеров являлась способность индуцировать миграцию миоцитов и воспалительный процесс в зоне имплантации, а также вызывать развитие дисфункции эндотелия в данных участках сосуда.

Применение гидрофильных полимерных покрытий позволило снизить частоту развития негативных процессов, однако у них есть минус — быстрое освобождение антипролиферативных агентов, что в отдельных случаях ассоциируется с увеличением риска развития рестенозов. В связи с этим самой перспективной выглядит разработка «сэндвичной» структуры полимерного покрытия, реализованной в стенте Endeavor Rolute. Она состоит из смеси трех полимеров: гидрофобного C 10, C 19, имеющего как гидрофобные, так и гидрофильные свойства, и гидрофильного полимера поливинилпирролидона. При этом полимеры с гидрофобными свойствами нанесены на металлический каркас стента, тогда как гидрофильные располагаются поверх гидрофобных и непосредственно контактируют с сосудистой стенкой и содержимым кровеносного русла. Таким образом, использование в данном типе стента полимеров с различными свойствами позволяет прогнозируемо осуществлять выделение препарата, минимизировать реакцию со стороны окружающих тканей и улучшить покрытие стента эндотелием.

Альтернативным подходом является рассасывающиеся полимерные покрытия,

используемые в стентах BioMatrix, Nobori и XTENT. Они состоят из полимолочной кислоты, в толще которой распределен антипролиферативный препарат (биолимус A9). В течение 6 месяцев такое покрытие при помощи ферментных систем метаболизируется до диоксида углерода и воды, после чего выделение антипролиферативного агента прекращается и процесс покрытия стента эндотелием протекает быстрее. В то же время полимолочная кислота обладает аллергенными свойствами, что может стимулировать развитие воспалительных процессов со стороны сосудистой стенки в зоне постановки стента и привести к его тромбозу.

Помимо полимерных разрабатываются различные типы неполимерных покрытий. В настоящее время проводятся клинические исследования стентов, покрытых инертными металлами (золото) или их оксидами (оксид иридия, оксид титана и др.), органическими солями (гидроксиапатит) или антителами к определенному типу антигенов (CD 34). Многообещающим является стент Titan 2, покрытый нитридом или оксидом титана. Предполагается, что он снижает адгезию тромбоцитов, образование фибрина на поверхности стента, а также активирует миграцию эндотелиальных клеток, стимулируя таким образом покрытие стента эндотелием. Согласно данным отдельных исследователей, он показал свою эффективность у пациентов с сахарным диабетом, при стентировании сосудов малого диаметра, при стентировании пациентов с острым инфарктом миокарда [7—8].

Компанией MIV Therapeutics Inc. разрабатывается гидроксиапатитное изделие, которое имеет малую толщину (около 200 мкм) и пористую структуру, что теоретически дает возможность существенно уменьшить концентрацию антипролиферативного препарата, отменить реакцию сосудистой стенки и оптимизировать процесс эндотелизации стента. Однако об его эффективности и безопасности можно будет судить только после завершения клинических испытаний.

Существует группа стентов, вообще не содержащих какого-либо покрытия (Genius Taxcor, Optima). Препарат в них связан ковалентно с металлическим каркасом

стента и позволяет минимизировать негативное воздействие на сосудистую стенку в силу большей инертности металла, чем полимера. В стенте Genous реализована биоинженерная технология, заключающаяся в том, что на его поверхности адсорбированы антитела к антигенам CD 34. Поскольку данный тип антигенов локализуется на мембране клеток-предшественников эндотелиоцитов, циркулирующих в кровеносном русле, использование такой технологии направлено на ускорение процесса адсорбции клеток-предшественников на поверхности стента и активизации эндотелизации. Несмотря на предварительные многообещающие результаты [9], об их эффективности и безопасности можно будет судить после завершения многоцентровых исследований TRIAS LR и TRIAS HR.

Помимо особенностей сплава, дизайна стента и типа покрытия существенное значение имеют выбор оптимального антипролиферативного агента, подбор его дозировки и способа распределения на поверхности изделия. Следует отметить, что наиболее перспективным выглядит антипролиферативный препарат сиролимус и его аналоги (зотаролимус, зверолимус, такролимус, биолимус A9, пимекролимус, новолимус), которые, в отличие от другого антипролиферативного агента — паклитакселя, обладают не цитотоксическим, а цитостатическим воздействием на клетку.

Еще одно перспективное направление основано на влиянии антипролиферативного препарата и распределении на поверхности стента нескольких лекарственных веществ, обладающих синергическим эффектом: в частности, цитостатического агента в значительно меньшей концентрации в сочетании с противовоспалительным препаратом (дженестин, траниласт и др.). Также многообещающе выглядит комбинация антипролиферативных агентов и стимуляторов ангиогенеза (VEGF, eNOS, эстрадиол, авастин), антипролиферативных компонентов (агентов) и антикоагулянта (гепарин), предотвращающая тромбообразование на поверхности стента (Synchronium).

Другим способом, направленным на снижение риска развития отрицательной реакции со стороны сосудистой стенки и системы гемостаза, является асимметричное

распределение препарата на поверхности изделия. Учитывая то, что выделение лекарственных агентов необходимо лишь в зоне непосредственного контакта стента с сосудистой стенкой, покрытия и препарат наносятся на наружную поверхность изделия (данная технология реализована в стентах BioMatrix, Nobori и XTENT), оставляя при этом поверхность, контактирующую с содержимым кровеносного русла, свободной от покрытия и препарата. Альтернативным считается создание специальных резервуаров на наружной поверхности препарата (Optima, CoStar), позволяющих локализовать действие антипролиферативного агента.

В последние годы большую популярность приобретает концепция рассасывающегося стента, изготовленного либо из магния, либо из полимолочной кислоты. Вместе с тем она нуждается в существенной доработке, так как магниевые стенты рассасываются слишком быстро (в течение 2 месяцев), а изготовленные из полимолочной кислоты индуцируют иммуновоспалительные реакции в зоне имплантации.

Есть еще один способ доставки лекарственного вещества в зону имплантации стента — использование специальных баллонных катетеров, выделяющих антипролиферативные агенты (баллоны Dior). В процессе раздутия такого баллона происходит доставка антипролиферативного агента в зону поражения, что позволяет локально однократно осуществить введение агента, достигая таким образом определенного терапевтического эффекта и минимизируя риск развития негативных

реакций со стороны сосудистой стенки и системы гемостаза. Применяется также и локальная доставка таких препаратов в зону имплантации обычных стентов при помощи специальных перфузионных интракоронарных катетеров (катетеры Gene).

В мировой кардиологической практике увеличивается использование технологий коронарной ангиопластики и стентирования (рис. 1) и составляет примерно 2 млн процедур в год, причем 50% стентов имплантируется с лекарственным покрытием. Растет количество центров и специалистов, применяющих эти технологии.

Быстро набирает темпы имплантационная и интервенционная аритмология. Первая занимается имплантацией различных автоматических устройств, контролирующих ритм сердца: антитахикардических, электрокардиостимуляторов, кардиовертеров-дефибрилляторов. Она получила интенсивное развитие после разработки способов чрезвенного проведения электродов, и в настоящее время все аппараты имплантируются в эндокардиальном варианте. Вторая подразумевает радикальное лечение тахиаритмий малоинвазивными катетерными способами, ее еще называют катетерной хирургией.

Взрыв инвазивных аритмологических технологий связан с ограниченным резервом медикаментозной терапии. За 28 лет на рынке лекарственных средств появилось более 150 антиаритмических препаратов, однако их широкое применение не привело к ожидаемым результатам. Например, при пароксизмальной мерцательной аритмии первоначальная эффективность

антиаритмической терапии составляет всего 67%, через 2 года — 50%, а после 7—10 лет снижается до 30%. В итоге каждому третьему пациенту не удается подобрать эффективный препарат. Если же пароксизмальная мерцательная аритмия возникает на фоне брадикардии, застойной сердечной недостаточности или сочетается с другими аритмиями, то исходная эффективность падает до 4—30%.

Начало катетерным методам диагностики и лечения нарушений сердечного ритма в мире положено более 30 лет назад, когда впервые в клинике стали использоваться методы внутрисердечной регистрации и электростимуляции. В 70-х гг. прошедшего столетия были определены основные механизмы различных форм сердечных аритмий, созданы приборы и устройства для их диагностической и лечебной электрокардиостимуляции. Период с 1980 по 1990 гг. характеризовался внедрением в клинику методов антитахикардийной электростимуляции, операций имплантации кардиовертеров-дефибрилляторов, разрабатывались и совершенствовались операции на открытом сердце для устранения аритмий и принципиально новые революционные методы внутрисердечной абляции проводящих путей сердца для лечения тахикардий. Последнее десятилетие XX в. ознаменовалось совершенствованием методов электрофизиологической диагностики, появлением уникальных физиологических электрокардиостимуляторов (ЭКС), новых поколений кардиовертеров-дефибрилляторов, разработкой операций на открытом сердце и метода внутрисердечной радиочастотной абляции (РЧА) тахикардий, который сегодня считается самым действенным для радикального устранения различных форм тахикардий и тахиаритмий. Были созданы и широко применяются электроды для абляции, новые устройства и методы для улучшения качества картирования сердца и визуализации, техника для торакоскопической радиочастотной абляции, многофункциональные электрокардиостимуляторы. Все эти достижения способствовали формированию новой специальности — клинической электрофизиологии сердца и электрокардиостимуляции, то есть аритмологии в целом,

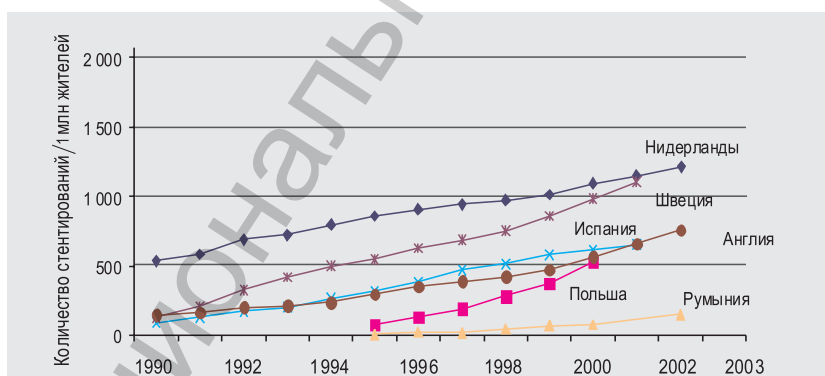


Рис. 1. Динамика количества проводимых манипуляций коронарного стентирования в европейских странах

Таблица. Количество проводимых операций стентирования коронарных артерий и имплантаций ЭКС в Беларуси (2005—2007 гг.)

Учреждения системы Минздрава Республики Беларусь	Число операций, проведенных в стационаре					
	стентирование коронарных артерий			имплантация кардиостимулятора		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
РНПЦ «Кардиология»	171	199	234	738	554	520
УЗО Гомельского облисполкома	38	155	153	210	264	234
Комитет по здравоохранению Мингорисполкома	—	—	159	738	554	88
УЗО Витебского облисполкома	—	—	52	93	129	150
УЗО Гродненского облисполкома	—	—	25	16	50	88
УЗО Могилевского облисполкома	—	—	38	—	115	93
УЗО Минского облисполкома	—	—	—	2	85	208
УЗО Брестского облисполкома	—	—	—	—	5	68
Всего	209	354	661	1795	1202	1449

а методы интервенционной аритмологии позволили эффективно лечить различные нарушения ритма и проводимости сердца. В настоящее время перед аритмологами открываются новые перспективы и задачи по освоению и широкому распространению методов изучения электрофизиологии сердца и интервенционной аритмологии. Прогресс здесь напрямую связан с широким междисциплинарным сотрудничеством исследователей, практических врачей и разработчиков медицинской техники.

В Беларуси должно выполняться до 5 тыс. кардиохирургических операций в год. Реально же при приобретенных пороках сердца проводится лишь 90% операций от необходимого, при врожденных — 100%, при ишемической болезни — 40%, при аритмиях — 42%. А если принимать во внимание количество операций, улучшающих качество жизни, их число составляет 5—7% от потребности.

Данные свидетельствуют, что количество имплантаций ЭКС в Беларуси увеличивается. Но, если судить по показателю расчета числа операций на 1 млн жителей, в странах Западной Европы и США имплантируется более 500 аппаратов при минимальной потребности 350/млн населения (данные ВОЗ). У нас эта цифра составляет 150 операций (2007 г.).

Структура имплантаций и реимплантаций ЭКС отражена в регистрах электрокардио-

стимуляции, которые ведутся после имплантации аппарата хирургом, где кодируется режим работы аппарата, причина имплантации, симптоматика на момент операции и т.д. Каждая страна имеет свой регистр, помимо этого, существуют европейский, североамериканский и азиатский регистры. Олицетворением идеальной базы данных считается датский — он отличается 100%-ной заполняемостью. Что касается России, то долгое время он находился на уровне 30—50% и лишь в 2000 г. достиг 74%.

В отношении имплантаций кардиовертеров-дефибрилляторов самый высокий показатель на 1 млн населения имеют США (130), на втором месте Израиль, на третьем Дания.

По оценкам экспертов NASPE, на 1 млн жителей необходимо 3 хирурга, имплантирующих ЭКС, 2—3 специалиста для выполнения РЧА и 6 — по программированию аппаратов. Потребность нашей страны — 100 специалистов хирургической аритмологии. На сегодняшний момент их не более 20. К сожалению, пока нет и специальности «интервенционная кардиология» (аритмология). Имплантация ЭКС выполняется во всех областных центрах (табл.), катетерные аблации — пока только в РНПЦ «Кардиология» и городском центре интервенционной кардиологии Минска. Эти показатели очень важны, поскольку доказано, что лишь проведение более 100 процедур в год обеспечивает

минимальное количество осложнений (менее 1%).

Реальный показатель оперативной активности в отношении тахикардий сердца в нашей стране составляет 8 операций на 1 млн населения.

Учитывая вышеизложенное, можно сказать, что, несмотря на начало активного применения современных интервенционных технологий в Беларуси, перед кардиологами нашей республики стоит важная задача по наращиванию темпов как в области их внедрения, так и в организации научных исследований по созданию собственной материально-технической базы.

Литература

1. Virmani R., Guagliumi G., Farb A. at al. Localized hypersensitivity and late coronary thrombosis secondary to a sirolimus-eluting stent: should we be cautious. *Circulation*, 2004. Vol. 109. P. 701—705.
2. Pfisterer M., Brunner-La Rocca HP, Buser PT at al. Late clinical events after clopidogrel discontinuation may limit the benefit of drug-eluting stents. An observational study of drug-eluting versus bare-metal stents (BASKET-LATE) *J Am Coll Cardiol*, 2006. Vol. 48. P. 2584—2591.
3. Daemen J, Wenaweser P, Tsuchida K at al. Early and late coronary stent thrombosis of sirolimus-eluting and paclitaxel-eluting stents in routine clinical practice: data from a large two-institution cohort study *Lancet*, 2007. Vol. 369. P. 667—678.
4. Finn AV, Nakazawa G, Joner M at al. Vascular responses to drug eluting stents. Importance of delayed healing *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2007. Vol. 27. P. 1500—110
5. Robinson K.A., Roubin G.S., King S.B. Long-term intracoronary stent placement: arteriographic and histologic results after 7 years in a dog model *Cathet Cardiovasc Diagn*, 1996. Vol. 38. P. 32—37.
6. Fajadet J. at al. *Circulation*, 2006. Vol. 114. P. 798—806.
7. Giraud-Sauveur Y. Titan 2 bio-active stent (BAS) with titanium NO Eurointerv, 2007. Vol. 3. P. 526—528.
8. Karjalainen P., Ylitalo A., Niemela M. at al. Titanium-Nitride_Oxide Coated stents versus Paclitaxel-Eluting Stents in acute myocardial infarction (a 12-month follow-up report from the TITAXAMI trial). Late breaking clinical trials, TCT, 2007, Washington DC, USA.
9. Co M, Tay E, Lee CH at al. *Am Heart J* 2008. P. 128—132.



Сергей Морозов

аспирант кафедры международных экономических отношений факультета маркетинга, менеджмента и предпринимательства Белорусского национального технического университета, магистр экономических наук

Инновационное развитие систем энергоснабжения

(Продолжение. Начало в №2)

Источники распределенной генерации (ИРГ) на базе углеводородного топлива

Наиболее эффективным применением первичных энергоресурсов является комбинированное производство тепловой и электрической энергии — когенерация. Вместе с тем традиционные централизованные теплофикационные системы не обеспечивают расчетной экономии топлива и общей эффективности. Кроме того, строительство новых крупных ТЭЦ для покрытия дефицита тепловых мощностей связано с проблемой отыскания значительных инвестиционных ресурсов. В связи с этим наметилась тенденция к сооружению децентрализованных комбинированных энергоисточников, что обуславливает, с одной стороны, повышение надежности энергоснабжения потребителей, а с другой — снижение инерционности теплового регулирования и потерь в сетях.

Сегодня возможными приводами генераторов для децентрализованных

мини-ТЭЦ являются газовые поршневые (ГПД) и турбинные двигатели (ГТД). Зарубежный и отечественный опыт их эксплуатации свидетельствует, что первые более эффективны при низких нагрузках, использование же вторых выгоднее на мини-ТЭЦ крупных промышленных предприятий, имеющих значительное (больше 8—10 МВт) потребление энергии.

Еще одна технология распределенной генерации, ориентированная на углеводородное топливо, — реконструкция промышленно-отопительных котельных в мини-ТЭЦ путем установки в них электрогенерирующего оборудования. Номинальное давление пара, на которое рассчитаны промышленные котлы, как правило, значительно превышает требуемое для

Таблица. Установленная мощность ИРГ на базе возобновляемых источников энергии в 2006 г., ГВт

Энерго-технология	Всего в мире	ЕС-25	Китай	Германия	США	Испания	Индия	Япония
Малые ГЭС	66	12	38,5	1,6	3,0	1,7	1,7	3,5
Ветроэнергоустановки	59,0	40,5	1,3	18,4	9,2	10	4,4	1,2
Биозергоустановки	44	8	2	1,7	7,2	0,5	0,9	0,1
Геотермальная энергия	9,3	0,8	0	0	2,8	0	0	0,5
Солнечные ЭС	3,5	1,7	0	1,5	0,6	0,1	0	1,2
Энергия приливов и отливов	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0
Всего	182,1	63,3	41,8	23,2	22,8	12,3	7,0	6,5

Источник: [10]

производственных и теплофикационных нужд предприятий. В настоящее время снижение давления пара происходит посредством его пропуска через многочисленные отверстия-сопла редуциционно-охладительных установок. Однако его невостребованный потенциал может быть реализован путем комбинированного производства двух видов энергии — тепловой и электрической в результате установки в котельной противодавленной турбины.

Большое значение при обосновании экономической целесообразности установки ИРГ в промышленно-отопительной котельной имеет выбор номинальной мощности энергогенерирующего источника. Основной составляющей экономического эффекта от рассматриваемой модернизации является замещение электроэнергии, покупаемой по достаточно высоким тарифам, вырабатываемой в котельной предприятия.

ИРГ на базе возобновляемых источников энергии

Важнейший мотивационный фактор развития ИРГ с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), особенно для государств, зависящих от импорта традиционных энергоресурсов, — обеспечение национальной энергетической безопасности. В качестве основного аргумента активной государственной поддержки ВИЭ рассматривается также экологическая составляющая, в частности обязательства стран по сокращению

эмиссии CO_2 в атмосферу в соответствии с Киотским соглашением. В связи с этим во многих государствах на законодательном уровне предписывается обеспечить за определенный период заданную долю ВИЭ в энергетическом балансе. Кроме того, активно применяются экономические механизмы стимулирования развития ИРГ:

- льготные тарифы для продажи электроэнергии, выработанной с использованием ВИЭ (так называемая «зеленая энергия»);
- налоговые льготы и целевые кредиты на сооружение ИРГ на базе ВИЭ.

В таблице представлены статистические данные по установленной мощности таких ИРГ в Европейском Союзе и странах-лидерах в области возобновляемой энергетики. В 2006 г. их суммарная установленная мощность составляла 182,1 ГВт (для сравнения: этот показатель для всех генерирующих источников в мире в 2006 г. равен 4100 ГВт).

Важнейшим направлением развития ИРГ сегодня является малая гидроэнергетика. Строительство крупных ГЭС, как было указано выше, связано с определенной экологической нагрузкой на окружающую среду, поэтому дальнейшее расширение использования гидроэнергетических ресурсов возможно преимущественно за счет сооружения малых и микро-ГЭС. В соответствии с общепринятой международной классификацией к микро-ГЭС относят гидроэнергетические установки

мощностью до 100 кВт, а к малым — от 100 кВт до 10 МВт.

Согласно мировому опыту, с экономической точки зрения наиболее эффективно их строительство в районах, удаленных от систем централизованного энергообеспечения. Следует отметить, что интенсификация инновационных процессов в сфере малых гидроэнергетических технологий обусловила значительное улучшение технико-экономических характеристик оборудования ГЭС, основными из которых являются: возможность работы гидроэнергоустановок как в автономном режиме, так и на локальную электрическую сеть; автоматизация технологических процессов, постоянное присутствие обслуживающего персонала; увеличение ресурса генераторов малых ГЭС (до 40 лет, при межремонтных периодах до 5 лет) и др.

Инновационно-технологическое развитие ветроэнергетики на современном этапе идет как по пути увеличения единичной мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) и их количества в составе ветроэлектростанций (ВЭС), так и по пути объединения ВЭУ для создания крупных энергосистем, что является основой для получения дешевой конкурентоспособной энергии. На конец 2007 г. установленная мощность ВЭУ во всем мире составляла 66 тыс. МВт, из них в Германии — 18,5 тыс., Испании — 10 тыс., США — 9 тыс., Индии — 4,2 тыс. МВт.

Внедрение новых научно-технических и конструктивно-компоновочных решений



обуславливает снижение стоимости электроэнергии, вырабатываемой на ВЭУ. Так, по данным Европейской ассоциации ветроэнергетики, себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии на современных ВЭС за последние 10 лет понизилась с 15—20 до 5—7 центов и в настоящее время сопоставима с ценой на электроэнергию, получаемую на электростанциях, работающих на углеводородном топливе [1]. Учитывая существующие тенденции к наращиванию средней мощности ВЭУ и повышению коэффициента ее использования, можно ожидать к 2010 г. снижения себестоимости 1 кВт·ч электроэнергии до 2,62 цента при удельных капитальных затратах $I = 600$ долл./кВт, а к 2020 г. — до 2,11 цента/кВт·ч при $I = 450$ долл./кВт.

Таким образом, прогнозируемое уменьшение издержек на производство электроэнергии на ВЭУ является важнейшим показателем экономической эффективности развития ветроэнергетики. Вместе с тем, как свидетельствует зарубежный опыт, обоснование целесообразности сооружения ВЭУ представляет собой сложную технико-экономическую задачу, «требующую учета соотношения цен на замещаемое топливо и стоимости ветроэнергостановок, реальных ветровых условий и режимных особенностей работы ВЭУ в составе энергосистемы» [2].

Во многих странах мира конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе становится биоэнергетика. Отметим, что в настоящее время технико-экономические показатели энергоустановок на биотопливе несколько уступают ТЭС на природном газе и угле, а также АЭС и крупным ГЭС. Использование древесины, биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых растений, лигнина, отходов животноводства, перерабатывающей и пищевой промышленности перспективно и рентабельно. Перечисленные виды биотоплива необходимы для производства электрической и тепловой энергии (биомасса, биогаз), а также для двигателей различных машин и механизмов (этанол, биодизель). Основные направления инновационно-технологического развития данной сферы: замещение ископаемого топлива древесным на старых котельных вблизи ресурсов биомассы; установка

котлоагрегатов малой мощности на предприятиях деревообработки; потребление низкокалорийных высоковлажных видов биотоплива в совместном сжигании с традиционными ТЭС; планомерное формирование инфраструктуры заготовок и поставок топлива из биомассы.

Во многих странах интенсивно развивается солнечная энергетика. Фундаментальные теоретические разработки в данной области сопровождаются созданием пилотных образцов солнечных тепловых электростанций, для которых в качестве наиболее перспективных и целесообразных с экономической точки зрения рассматриваются следующие основные конфигурации:

- с параболическими концентраторами солнечного излучения с высокотемпературным жидким теплоносителем либо прямой генерацией пара в контуре и паровой турбиной;
- башенного типа, с различными аккумуляторами тепла, рабочими телами (водяной пар, воздух) и, соответственно, с использованием разных термодинамических циклов преобразования энергии.

Однако следует отметить, что доля энергопроизводства на базе теплового потока солнечных лучей в среднесрочном периоде будет оставаться незначительной в энергетическом балансе передовых государств, поскольку достижение приемлемых технико-экономических показателей для тепловых СЭС возможно лишь для энергомодулей мощностью 50—100 МВт при условии реализации новых технико-технологических решений, способствующих существенному повышению КПД преобразования энергии солнечного излучения, и освоения крупномасштабного промышленного производства основных компонентов СЭС.

Литература

1. Analysis of wind energy in the EU—25 [Electronic resource] / Ed. H. Chandler. — European wind energy association, 2007. — Mode of access: http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/press_releases/Facts_Summary.pdf. — Date of access: 09.01.2008.
2. Цзянь Ми. Экономическая эффективность развития ветроэнергетики // Вестник БНТУ. 2007, №2. С. 80—85.

Сергей Чижик
Анатолий Свириденко
Андрей Суслев

главный ученый секретарь НАН Беларуси, заведующий лабораторией ИТМО НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор

заведующий лабораторией Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения НАН Беларуси, академик

директор ОДО «Микротестмашины», кандидат технических наук

Глаза и руки нанотехнологий

Нобелевский лауреат Ричард Фейнман в 1959 г. «подогрел» интерес к наномиру, написав: «Насколько я вижу, принципы физики не запрещают манипулировать отдельными атомами». Реализация этих великих предположений стала возможной благодаря методу и приборам сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), включающих сканирующую туннельную (СТМ) и атомно-силовую микроскопию (АСМ), позволяющих увидеть атомы, получить пространственное (трехмерное) изображение их расположения на поверхности и даже перемещать их.

В 1981 г. журнал «Applied Physics Letters» опубликовал идею о технической возможности визуализации атомов, молекул и их структурных объединений с характерным размером менее одной миллиардной доли миллиметра (нанометра). Она была воплощена в жизнь в 1982 г., когда был создан первый сканирующий туннельный микроскоп, принцип работы которого основывался на туннелировании электронов через нанозазор между острием зонда и образцом. Авторы этого гениального изобретения Герд Биннинг и Генрих Рорер — сотрудники исследовательской лаборатории корпорации IBM в Базеле — уже через 4 года после своего открытия были удостоены Нобелевской премии. Им удалось объединить понимание туннельного эффекта, создание сверхточного пьезодвигателя и компьютерную программу, подобную той, которая управляет движением крылатых ракет. Свое великое

детиче они впервые продемонстрировали, визуализировав процесс реконструкции поверхности кремния на атомарном уровне. В 1986 г. появился атомно-силовой микроскоп, который был пригоден для наблюдения поверхностей материалов, не обладающих электропроводными свойствами, поскольку регистрировал силовое взаимодействие острия с образцом. Практически с момента появления СЗМ в научной, а затем и в популярной литературе стали публиковаться надписи и рисунки, «выложенные» из отдельных атомов с помощью острия СТМ, которые продемонстрировали возможность использования зондовых микроскопов как инструмента для наносборок по принципу «снизу вверх», провозглашенному знаменитым физиком Эриком Дрекслером. Однако следует заметить, что производительность таких устройств пока настолько низка, что они не могут рассматриваться всерьез как машины для создания практически значимой продукции.

Можно перечислить целый ряд достижений ученых и инженеров, которые в той или иной мере обеспечили научные и технические основы новых приборов. В 1899 г. Роберт Вильямс Вуд описал туннельный эффект. В 1905 г. Альберт Эйнштейн в одной из своих публикаций показал, что размер молекулы сахара — около 1 нм. В 1928 г. Георгий Гамов создал основы теории туннельного переноса зарядов. В 1966 г. Рассел Янг предложил идею

пьезодвигателей, обеспечивающих позиционирование с точностью до 0,1 ангстрема. В 1968 г. Альфред Чо и Джон Артур разработали теоретические основы нанотехнологии обработки поверхностей. Созданы теории контактного взаимодействия сферических тел с учетом поверхностных сил — Джонсона — Кенделла — Робертса (1971), Дерягина — Муллера — Топорова (1975). В 1986 г. Эрик Дрекслер опубликовал книгу «Машины созидания: пришествие эры нанотехнологий». В 70-е гг. прошлого столетия полетели первые низковысотные крылатые ракеты с компьютерным наведением на цели, учитывающим рельеф земной поверхности.

Этот далеко не полный перечень достижений ученых, которые в совокупности с современным уровнем элементной базы электроники и компьютерной техники послужили созданию и становлению СЗМ как нового метода анализа поверхности и наноструктур и последовавшего за этим ускоренного развития нанонауки и нанотехнологий.

Широкая востребованность СЗМ обусловлена следующими факторами: высоким, вплоть до атомарного, пространственным разрешением изображения поверхности; комплексностью и доступностью интерпретации получаемой информации; использованием микрозонда СЗМ в качестве инструмента создания нанообъектов и манипулирования ими; широкими возможностями компьютерной визуализации и

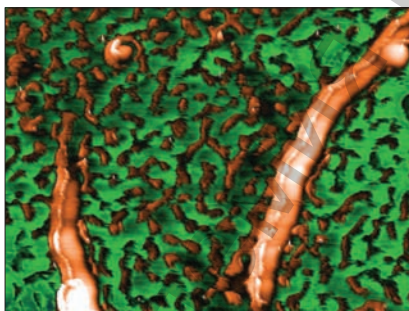
анализа результатов исследовательских и технологических работ.

Не без помощи СЗМ-методов были продемонстрированы возможности формирования и функционирования нанобъектов, способствующие пониманию того, что нанонаука и нанотехнологии по своему потенциалу сравнимы с кибернетикой, атомной энергетикой, биотехнологией, информатикой и космонавтикой. Правительства многих технологически развитых стран мира поддержали разработку специальных нанотехнологических программ. Япония уже в 1998 г. приняла государственную программу «Astroboy» с бюджетом в 10 млн долл. США. Американская администрация в 2000 г. выделила 500 млн долл. на исследования в рамках программы «Национальная нанотехнологическая инициатива», а в 2004 г. поддержала «Наномедицинскую инициативу». Евросоюз для выполнения 7-й Рамочной программы в области нанотехнологий и наноматериалов на 2007—2010 гг. запланировал потратить 3,5 млрд евро.

Правительство Российской Федерации в 2006 г. одобрило концепцию федеральной целевой программы по нанотехнологиям и выделило на ее выполнение более 5 млрд долл., учредив специальную корпорацию «Роснано». В ее рамках формируются 4 научные нанозоны: в Москве, Санкт-Петербурге, Дубне и Томске; 36 университетов будут готовить ученых и специалистов данного профиля; в НИИ и вузах создаются 56 центров коллективного nanoизмерительного и технологического оборудования. Всего в мире государства и корпорации ежегодно инвестируют в развитие нанонауки и нанотехнологий около 10 млрд долл. Ожидается, что через 10 лет в США появится новая отрасль экономики с оборотом более 2 трлн долл. и около 2 млн рабочих мест. Планируется, что объем продаж российской нанотехнологической продукции в 2015 г. составит около 30—40 млрд долл. США. Безусловно, нагрянувший финансово-экономический кризис внесет свои коррективы в этот процесс — он может как замедлить, так и ускорить его в связи с необходимостью снижения материало- и энергоемкости производств.

Сканирующая зондовая микроскопия в Беларуси

Развитие новых научных направлений потребовало создания нового класса диагностических и технологических приборов, способных работать на наноразмере. Возникла такая инновационная востребованность и в нашей стране, в частности в Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси для экспериментального подтверждения новой модели контакта с учетом микро- и наношероховатости поверхностей твердых тел [2], развитой в



Типичное АСМ-изображение наноструктурированной поверхности полимера с «наложением» карты упругих локальных свойств (поле сканирования 500 нм)



Атомно-силовой микроскоп NT-206

монографии — первой в мировой практике публикации в области механики нанотрибологического контакта [3]. Проявился интерес к «задачам наноразмера» и в БГУ, и в Объединенном институте физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси. В отдел трибологии ИММС и лабораторию атомно-молекулярной инженерии БГУ в 1987 г. приобрели первые сканирующие туннельные микроскопы советского производства. Но они были несовершенны, а западные очень дороги. В ИММС возникла идея разработки белорусских зондовых приборов. И в 1994 г. появился первый опытно-промышленный образец отечественного сканирующего атомно-силового микроскопа модели «Нанотоп» [5]. Опыт оказался удачным. Ныне сканирующие зондовые микроскопы разрабатывают и изготавливают в кооперации лаборатория нанопроцессов и нанотехнологий Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси и ОДО «Микротестмашины». В развитии метода и производстве оборудования СЗМ участвуют также отечественные НПО «Планар» и «Интеграл», НПРУП «ЛЭМТ» и «Элкерм», НИИ радиоматериалов, Белорусский государственный институт метрологии.

С 1996 г. регулярно проводится Белорусский методологический семинар по сканирующей зондовой микроскопии, который собирает участников из многих стран — России, Украины, США, Германии, Японии, Польши, КНР, Южной Кореи, Дании, Словакии, Вьетнама. Как показывает анализ отечественных «нанотехнологических» публикаций (их 100—200 в год), СЗМ наиболее активно применяется в материаловедении, электронике, физике и химии тонких пленок, цитологии и трибологии, в проектировании микро- и наноэлектромеханических систем. Например, применительно к исследованию материалов в виде блоков и покрытий зондовая микроскопия позволяет увидеть и измерить на наноразмере топографию поверхностей, строить карты распределения локальных механических и триботехнических свойств, осуществлять силовую спектроскопию поверхности, изучать структуру нанокомпозитов, оптимизировать технологические параметры изготовления нанобъектов,



В лаборатории атомно-силовой микроскопии ИММС НАН Беларуси, 2002 г.

решать многие другие задачи и даже апробировать некоторые нанотехнологические операции [5—8].

Развитию нанонауки и нанотехнологии в Беларуси, в том числе и СЗМ-техники, способствует государственная поддержка через программы «Наноматериалы и нанотехнологии», «Материалы в технике», «Научные приборы» и др.

Сегодня в республике используются десятки приборов серий «Нанотоп» и «Нанотестер» отечественного производства, реализующих методики СЗМ. Метод внедрен во многих лабораториях институтов НАН Беларуси, в вузах, в заводских лабораториях НПО «Интеграл», ПО «Белкард». Наши приборы поставлялись и за рубеж — в Россию, Украину, Казахстан, Азербайджан, Польшу, Литву, Словению, Румынию, Францию, Китай, Индию, Южную Корею, Саудовскую Аравию.

Современные тенденции к совершенствованию методов контроля в нанометровом масштабе требуют адаптации СЗМ-оборудования в зависимости от областей приложения. НПО «Планар» в сотрудничестве с ИТМО НАН Беларуси и ОДО «Микротестмашины» разрабатывают диагностический комплекс, совмещающий самые передовые методики оптической микроскопии и функции

сканирующей зондовой микроскопии для измерений субмикронных элементов в электронике. Комплекс позволит работать с кремниевыми пластинами диаметром 200 мм и будет включать их автоматический загрузчик.

Для изучения биологических объектов ИТМО НАН Беларуси совместно с НПРУП «ЛЭМТ» создали в рамках ГНТП «Научные приборы» экспериментальный комплекс с функциями сканирующей зондовой и оптической микроскопии. Входящая в его комплектацию

специализированная оптическая система дает возможность визуализировать биологические клетки, осуществлять их выбор для анализа и позиционирование зонда в микромасштабе, включая работу в жидкостной ячейке.

В кооперации Института физики и ИТМО НАН Беларуси завершается работа над первым отечественным сканирующим ближнеполевым оптическим микроскопом, в ходе которой была создана модификация АСМ, на базе камертонного датчика, реализующая сканирование в динамическом режиме латеральных сил.

Успешно проводится комплекс исследований специалистами БГУИР и НПО «Интеграл» по разработке зондов АСМ с использованием планарных технологий. Проводятся изыскания по совершенствованию АСМ-зондов, включая модифицирование кремниевых острий коммерческих зондов единичной нанотрубкой и моделирование численными методами молекулярной динамики процессов их контактирования с образцом. Кроме того, идут работы по созданию острий зондов на базе природных и синтетических алмазов.

Следует отметить, что из стран Восточной Европы только в России и Беларуси организовано серийное производство столь наукоемкой продукции, как сканирующие зондовые микроскопы.

Литература

1. Wood J. The top ten advances in materials science // *Materialstoday*. 2008, v. 11, №1—2.
2. Белый В.А., Петроковец М.И., Свириденко А.И. Многоуровневая модель шероховатого контакта. — Новочеркасск, 1980. С. 167—168.
3. Свириденко А.И., Чижик С.А., Петроковец М.И. Механика дискретного фрикционного контакта. — Мн., 1990.
4. Сулов А.А., Чижик С.А. Сканирующие зондовые микроскопы // *Материалы. Технологии. Инструменты*. 1997, №3. С. 78—89.
5. Чижик С.А. Основные направления развития сканирующей зондовой микроскопии в Беларуси // *Методологические аспекты сканирующей зон-*

довой микроскопии. Сборник докладов. — Мн., 2008. С. 27—32.

6. Myshkin N.K., Petrokovets M.I., Chizhik S.A. Basic problems in contact characterization at nanolevel // *Tribology International*. 1999, v. 33. P. 379—385.

7. Chizhik S.A., Rymuza Z., Chikunov V.V., Kusnetsova T.A., Jarzabek D. Micro- and nanoscale testing of tribomechanical properties of surfaces // *Recent advances in mechantronics*. Springer, 2007. P. 541—545.

8. Sviridenok A., Ihnatouski M., Kovalevscaja T., Zhdanok S. Carbon nanotube-filled polyamide: physical and mechanical properties // *Micro- and Nano- Technology*. — Vienna, 2007. P. 73—78.

Когда наноуровень приводит к макроэффекту



Уже более 40 лет в области нанотехнологий, использующих современные достижения физики и химии, происходят бурные исследования, а число публикаций удваивается каждые несколько лет.

Решающее значение малоразмерных объектов в материальном мире отмечал еще в 1960-х гг. в своих знаменитых «Лекциях» нобелевский лауреат физик-теоретик Ричард Фейнман: «Законы физики не запрещают конструирование на атомарно-молекулярном уровне». Однако настоящий переворот в сознании ученых и инженеров произошел тогда, когда при помощи многочисленных экспериментов в лабораторных условиях было установлено, что свойствами материалов действительно можно управлять на атомарном уровне. Это ознаменовало «нанотехнологическую революцию», наступление новой эры развития науки и техники. Интерес к наноматериалам благодаря их уникальным свойствам неуклонно растет, существенно расширилось и само содержание этого понятия. В настоящее время принято рассматривать несколько их разновид-

ностей — консолидированные объекты, полупроводники, нанопористые структуры, нанополимеры, тубулярные объекты, нанобиоматериалы, катализаторы и супрамолекулярные структуры.

Изучены конденсаты наночастиц

В тесном сотрудничестве учеными Московского инженерно-физического института, Института физико-химических проблем Белгосуниверситета, Института биоорганической химии РАН и Института физической химии и электрохимии РАН исследованы фотофизические свойства растворов и пленок с высокими концентрациями наночастиц CdSe/ZnS при воздействии видимого и УФ-лазерного излучения в широком диапазоне плотностей мощности и температур, в том числе при высоком уровне возбуждения. Показано,

что механизм антистоксовой люминесценции наночастиц CdSe/ZnS является чисто тепловым. Изучены режимы нагрева и абляции пленок наночастиц под действием мощного лазерного излучения. Получены и исследованы гетероструктуры на базе органических полупроводников и пленок наночастиц CdSe и CdSe/ZnS. Для ряда гетероструктур наблюдается резкое увеличение проводимости по сравнению со структурами без наночастиц (М.В. Артемьев, С.В. Дайнеко, К.В. Захарченко, В.А. Колесников, В.А. Олейников, М.Г. Тедорадзе, А.А. Чистяков).

Газоплазменное нанесение покрытий

Из существующих технологических приемов формирования полимерных покрытий газотермические методы имеют ряд преимуществ, состоящих в экономичности и простоте реализации, возможности формировать и оплавливать слой в одной технологической операции. Для повышения прочностных свойств и износостойкости полимерных материалов и покрытий применяют их армирование частицами неорганических веществ и металлов. Специалистами Объединенного института машиностроения НАН Беларуси и Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН разработана технологическая схема формирования таких покрытий из экструдированных шнуров, содержащих наноразмерные наполнители. В основе технологии — газоплазменное распыление. В отличие от традиционных способов, схема распыления модифицированных наноконпонентами полимерных шнуров предусматривает их нагрев одной и той же высокотемпературной струей газа. Разработка базируется на исследовании кинетики процесса нагрева полимерных шнуров коаксиально расположенным газопламенным факелом. Сравнительные испытания разных газопламенных покрытий показали, что для их формирования предпочтительней использовать технологию распыления экструдатов (П.А. Витязь, А.В. Чекулаев, М.А. Белоцерковский, В.И. Жорник, С.В. Панин).

Будущее тонкопленочных светоизлучающих структур

Учеными Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники совместно с коллегами из Северо-Кавказского государственного технического университета (Ставрополь) детально исследованы спектрально-оптические характеристики наноструктурированных пленок низковольтных тонкопленочных люминофоров (НВТЛ) в упорядоченных низкопрофильных матрицах анодного оксида алюминия (АОА). Для их практического применения очень важно получать подобного рода покрытия, равномерные по толщине и с малым разбросом зерен по величине и форме. Кроме этого, для повышения интенсивности и равномерности их излучения необходимо структурирование люминофоров. С этой целью были отработаны режимы нанесения НВТЛ на модифицированные матрицы АОА методом пульверизации соединений на основе дитиокарбаматов цинка и меди, нитрата цинка и аммиака. Важность проведенной работы состоит также в отработке режимов нанесения НВТЛ на модифицированные матрицы АОА, в получении люминофоров, излучающих в различных областях видимого спектрального диапазона, в исследовании особенности распределения пленок люминофоров по поверхности ячеисто-пористой структуры АОА в зависимости от ее параметров. Измерена зависимость эффективности высвечивания люминофора от длины волны возбуждающего света. Проведено сравнение параметров различных НВТЛ. Полученные данные будут использованы при экспериментальном моделировании тонкопленочных светоизлучающих структур, возбуждаемых электронными пучками (Г.Г. Горох, В.А. Воробьев, Д.В. Соловей, Б.М. Синельников, Г.Р. Власьянц, В.Н. Сахарук).

Морфология низкоразмерных частиц

Специалистами Гродненского государственного аграрного университета

и Института химии Дальневосточного отделения РАН разработана технология газотермического получения низкоразмерных частиц политетрафторэтилена, предназначенных для использования в качестве многофункциональных модификаторов в композиционных материалах, смазках, тонкопленочных покрытиях, обеспечивающих улучшение триботехнических характеристик узлов трения, эксплуатируемых при повышенных температурах, знакопеременных нагрузках, недостатке внешней смазки. Низкоразмерный продукт, имеющий зарегистрированную торговую марку «Форум», представляет собой сыпучий порошок с частицами преимущественно сферической формы. Проведенный анализ показал, что единичные частицы ультрадисперсного порошка политетрафторэтилена, по-видимому, имеют луковичное строение, в котором сердцевина формируется из наиболее высокомолекулярной фракции, а последующие слои — из олигомерных фракций различной молекулярной массы. Подобное строение частиц «Форума» обуславливает их многофункциональность при использовании в качестве модифицирующих компонентов в различных материалах (А.К. Цветников, В.А. Струк, Е.В. Овчинников, Л.Г. Мартынова).

Металл-полимерные нанокompозитные материалы

Учеными Белорусского государственного университета, Казанского физико-технического института Казанского научного центра РАН и университета в Руре (Германия) изучены температурные (4,2—300 К) зависимости сопротивления и магниторезистивный эффект в металл-полимерных нанокompозитных материалах, полученных путем имплантации ионов Cu^+ и Fe^+ с энергией 40 кэВ и высокими дозами — $(0,25—1,5) \cdot 10^{17}$ ион/см² — в тонкие (~ 40 мкм) пленки полиамида и полиэтилентерефталата. Авторы показали, что в имплантированных медью полимерных пленках зафиксировать магниторезистивный эффект

не удастся даже при гелиевых температурах. Анализ температурных зависимостей электрического сопротивления доказывает, что подобные образцы во всем исследуемом интервале доз облучения находятся на диэлектрической стороне перехода диэлектрик—металл. В то же время при имплантации полимеров ионами железа знак температурного коэффициента сопротивления меняется на положительный, свидетельствуя об образовании перколяционного металлического кластера из наночастиц железа в карбонизированном слое. В образцах, имплантированных железом, находящихся на металлической стороне перехода, наблюдается анизотропное поведение магнитосопротивления, что обусловлено формированием «квазисплошной» пленки железа в модифицированном слое полимерной матрицы (В.С. Волобуев, М.Г. Лукашевич, А.А. Мельников, Р.И. Хайбуллин, В.Ф. Валеев, А. Вайк, В.Б. Оджаев).

Тонкие слои Nd-Fe-B

Специалистами Объединенного института физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, ОАО «Феррит», ИХТТ СО РАН методом вспышки зерен порошка на подложке из оптического стекла нанесены тонкие слои толщиной менее 100 нм и ~ 1 мкм, по составу близкие к $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Отличительной особенностью рентгенограмм пленок является значительное снижение интенсивности рефлексов с уменьшением толщины пленок и превращение их в «гало» над фоном. Измерена удельная намагниченность порошков шихты для синтеза пленок в поле с величиной индукции 0,86 Тесла в интервале температур 80—750 К (А.И. Галяс, О.Ф. Демиденко, Г.И. Маковецкий, К.И. Янушкевич, А.К. Богуш, В.Н. Шамбалева, Б.Б. Бохонов, К.Б. Герасимов).

По материалам научных публикаций подготовил Анатолий ПРИЩЕПОВ

Сорта яблоны для интенсивных садов

Главная задача белорусского садоводства — повышение урожайности плодовых культур при одновременном улучшении качества продукции и снижении ее себестоимости. Среди многих факторов, определяющих высокодоходное развитие этой отрасли, огромное значение имеет сортовой состав. Поэтому при закладке садов, особенно промышленного значения, решающая роль принадлежит внедрению в производство высокопродуктивных сортов яблоны, приспособленных к местным природным условиям и с хорошими качествами плодов. Этим требованиям полностью отвечают стандартные сорта — лучшие местные и селекционные, выведенные на основе зимостойких исходных форм, а также включенные в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь: раннего срока созревания — Елена и Коваленковское, среднего — Лучезарное, позднего — Белорусское сладкое, Весялина, Имант и Память Коваленко, получившие признание и в производственном испытании. Они широко культивируются в Гродненской, Минской и Брестской областях.

Продолжительный срок хранения плодов, хорошие вкусовые и товарные качества сортов Алеся, Антей, Память Сикоры, Память Сябаровой, Чаравница наряду с высокой ежегодной продуктивностью выгодно выделяют их в ассортименте яблоны не только в Беларуси, но и России. Так, в 2002 г. они были районированы по Северо-Западному и Центральному регионам РФ, а Чаравница — и по Центрально-Черноземному.

Новые сорта белорусской селекции столового и десертного назначения с каждым годом занимают все большие площади в садах коллективных хозяйств, на дачных и приусадебных участках не только нашей страны, но и Прибалтики, России.

НОВЕЙШИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ СОРТА ЯБЛОНЫ

Белорусское сладкое — новый сорт зимнего срока созревания, зимостойкий, скороплодный, десертный. Дерево среднерослое, с редкой, пониклой, округло-конусовидной кроной. Плоды крупные — до 200 г, округлые, с гладкой поверхностью. Вкус мякоти сладкий, со слабым ароматом. Срок хранения — до начала февраля, при несоблюдении сроков съема сокращается на 2 месяца.

Имант — сорт позднелиственного срока потребления, плоды могут храниться в обычном хранилище до мая и даже до июня. Зимостойкий, обладает высокой устойчивостью к парше, в настоящее время практически иммунный. Урожайность высокая, ежегодная. Сорт скороплодный, десертный. Яблоки выше средней величины, до 185 г, округло-конической формы, слаборебристые. Мякоть белая, очень плотная, сочная, колющаяся, ароматная, приятного кисло-сладкого вкуса, дегустационная оценка — 4,6 балла.

Надзейны — плоды позднелиственного созревания, могут храниться до мая в обычном хранилище. Зимостойкий, устойчив к весенним заморозкам. Практически иммунный к парше. Урожайность высокая, ежегодная, обладает свойством

партенокарпии. Сорт скороплодный, столовый. Плоды выше средней величины, в отдельные годы крупные, до 205 г, плоскоокругло-конической формы, слаборебристые, иногда асимметричные, средней одномерности. Кожица тонкая, гладкая, маслянистая, со слабым восковым налетом. Мякоть зеленовато-белая, нежная, средней плотности, сочная. Вкус кисло-сладкий с приятным ароматом, дегустационная оценка — 4,3 балла.

Память Коваленко — зимний сорт, яблоки могут храниться до февраля в обычном плодохранилище. Зимостойкий, устойчив к парше, в настоящее время практически иммунный. Урожайность высокая, ежегодная. Сорт скороплодный, столовый. Плоды выше средней величины, в отдельные годы до 215 г, округлой формы, средней одномерности. Кожица плотная, средней толщины, гладкая, маслянистая с восковым налетом. Мякоть белая, средней плотности, сочная, ароматная, приятного кисло-сладкого вкуса, дегустационная оценка — 4,6 балла.

Сябрына — характеризуется высокой зимостойкостью, регулярным плодоношением, устойчивостью к парше и европейскому раку. Плоды выше средней величины (средний вес 155 г), округлой формы, слегка ребристые, высоких вкусовых и товарных качеств. Период оптимального потребления — в течение трех месяцев с ноября по январь при хранении в плодохранилище с естественным охлаждением.

Отдел селекции плодовых культур
Института плодородства НАН Беларуси



Белорусское сладкое



Имант



Сябрына



Память Коваленко

Александр Попович

заведующий межотраслевой лабораторией Центра исследований научно-технического потенциала и истории науки им. Г.М. Доброва НАН Украины, доктор экономических наук

Валерий Прокошин

заместитель директора Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, доктор физико-математических наук, профессор

О динамике социального капитала науки в Украине и Беларуси

Термин «социальный капитал науки» все еще не получил в нашей литературе большого распространения, во всяком случае такого, которого он заслуживает. Мы предложили несколько расширить содержание этого понятия [1] по сравнению с тем, которое вкладывал в него французский ученый Пьер Бурдьё, вводя данный термин в научный обиход. Он квалифицировал его как «особый вид символического капитала (о котором известно, что он всегда основан на актах узнавания и признания), состоящий в признании (или доверии), которое даруется группой коллег-конкурентов внутри научного поля» [2, 3]. Мы выделили последние три слова в приведенной цитате, потому что именно в них и состоит основное отличие нашего подхода.

Ничего не имея против того, чтобы анализировать и принимать во внимание при изучении деятельности научного сообщества взаимоотношения между учеными, мы обратили внимание на то, что в применении к другим сферам термин «социальный капитал» давно употребляется не только как характеристика взаимосвязей между коллегами-конкурентами, но и как показатель отношения к соответствующему субъекту (фирме, компании и т.п.) со стороны всего общества. Именно в таком ключе предлагается ввести социальный капитал в структуру факторов производства и определять его как характеристику внешних и внутренних связей организации [4, 5]. Несколько позже это понятие было обозначено как сумма фактических и потенциальных факторов, возникающих

в результате взаимоотношений индивидуумов и социальных групп [6].

Мы предложили подразумевать под социальным капиталом науки не только возможности, связанные с взаимным признанием ученых внутри научного поля, но и потенциал влияющих на нее факторов, обусловленных всей совокупностью взаимоотношений науки соответствующей страны с обществом. В нашем понимании социальный капитал науки определяется ее реальным местом в общественном сознании, доверием к ней и авторитетом. Это, конечно, капитал символический, и все же к нему с полным основанием можно применять данную сугубо экономическую категорию, ибо он имеет свойство трансформироваться в бюджетные ассигнова-

ния, в заказы на исследования, разработки и т.п. Ведь вряд ли можно отрицать, что первые в значительной степени зависят от общественного мнения, от доверия к науке представителей государственной власти и депутатов парламента, от степени убежденности общественности в том, что наращивание отечественного научного потенциала жизненно необходимо для государства. Этот символический капитал приобретает огромное и вполне материальное значение, воплощаясь также в инновационной культуре общества и прямо влияя на возможности инновационного развития экономики страны. Некоторые исследователи даже возмущаются наблюдающейся в последние десятилетия своего рода «капитализацией социологии» — явным увлечением термином «капитал»: кроме ставшего уже привычным «человеческого капитала» в литературе можно встретить «культурный», «языковой», «религиозный», «юридический», «потребительский» капитал и т.д. [7]. Возможно, здесь отмечается некоторый перебор, но он обусловлен тем, что в реальной экономике мы сплошь и рядом прослеживаем огромное влияние подобного рода нематериальных факторов на эффективность многих начинаний. Они нередко становятся в одних случаях решающей причиной успеха, а в других — досадных неудач при как будто одинаковых начальных условиях и материальных ресурсах.

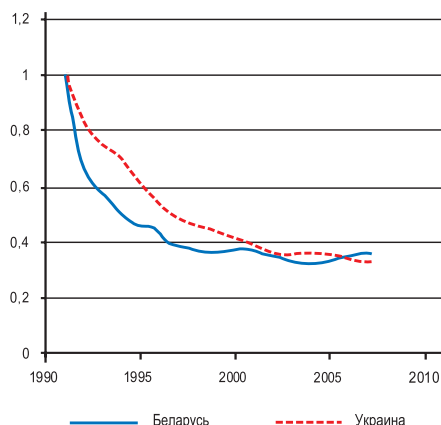


Рис. 1. Сравнение динамики численности исследователей Беларуси и Украины (в относительных единицах)

Именно этот обобщенный социальный капитал, характеризующий отношение общества к науке в целом, в значительной степени определяет возможности ее становления. Если сравнить динамику научного потенциала Беларуси и Украины за последние полтора десятилетия, можно убедиться, что при всех различиях и особенностях развития наших государств в ней немало общего (рис. 1). Приведенные здесь кривые представляют собой значения численности исследователей, деленные на их максимальное количество в 1991 г. (мы произвели такое нормирование, чтобы абстрагироваться от различия абсолютных значений в наших странах).

Как видим, в начале 1990-х гг. количество белорусских ученых уменьшалось несколько быстрее, чем украинских, но в 2002—2003 гг. кривые практически совпали — к этому времени обе страны потеряли примерно по 65% кадрового потенциала, который они имели в 1991 г. В Украине по сей день все еще продолжается его снижение, чего нельзя сказать о Беларуси: здесь после 2004 г. прослеживается медленное, но уверенное нарастание этого показателя.

Основной причиной столь резкого снижения числа научных работников является экономический кризис, вызванный распадом СССР. Он обусловил не только уменьшение возможностей государств финансировать науку, но и резкое паде-

ние платежеспособного спроса на ее результаты со стороны производства. Но, по нашему глубокому убеждению, весьма существенную роль в этом сыграла и крайне неблагоприятная динамика социального капитала в последние несколько десятилетий. Она усугубила влияние на науку кризисных явлений 90-х гг. и стала одним из серьезных факторов, препятствующих ее возрождению в период роста экономики. Сейчас, когда мировой финансовый кризис создает новые угрозы для наших стран, есть все основания опасаться, что для научных учреждений они могут значительно усилиться из-за невнимания к проблемам восстановления социального капитала науки. Известно, что Наполеон во время египетского похода при угрозе окружения врагами заботился о спасении самого необходимого и командовал: «Ученых и ослов в середине!» В нынешний же период не исключена возможность, что опасность потери ученых может показаться несравненно меньшей, чем потеря ослов.

Подтверждением тревожных тенденций в динамике социального капитала науки СССР в целом и независимых государств,

которые образовались на постсоветском пространстве, является кривая, представленная на рис. 2 [8].

Она не основана на каких бы то ни было количественных расчетах, ее задача только в том, чтобы сделать выводы о характере этих тенденций более наглядными для читателя. А они сводятся к тому, что начиная с 20-х гг. прошлого столетия и, по крайней мере, до 1970 г. социальный капитал нашей науки нарастал. Этому способствовали создание совершенных образцов оружия, овладение энергией атома, запуск первого спутника Земли, полет Гагарина. Как следствие, профессия ученого-исследователя, особенно в области естественных и технических наук, в 1960-е гг. пользовалась огромной популярностью. Подавляющее большинство способных выпускников средних школ стремились поступить в вузы, ученые были героями любимых фильмов и книг. Это порождало даже определенную ревность со стороны некоторых представителей художественной интеллигенции. Отражением ее стали бурные дискуссии, которые вызвали во всей стране стихи Ярослава Смелякова:

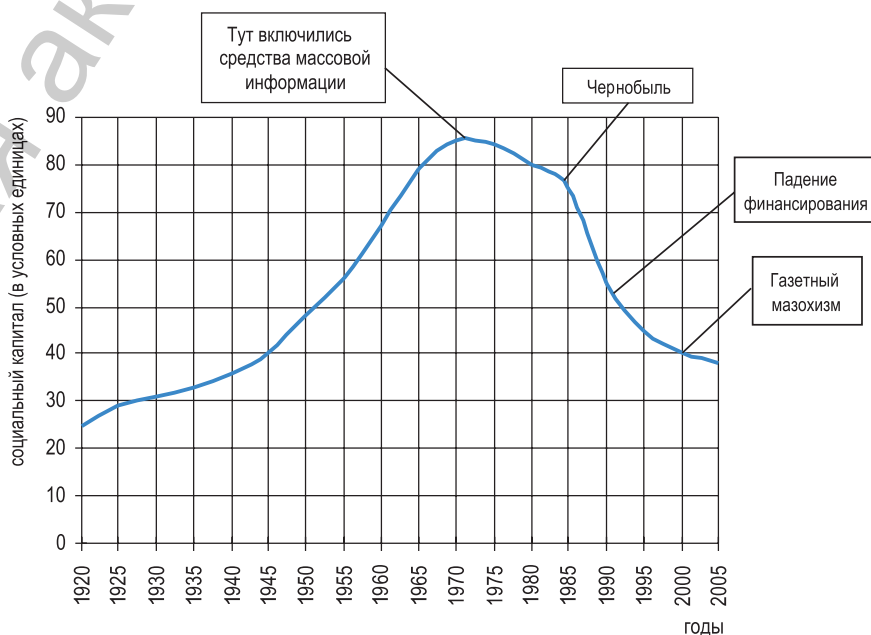


Рис. 2. Попытка наглядно проиллюстрировать основные тенденции динамики социального капитала науки в СССР и в большинстве государств постсоветского пространства

*«Что-то физики в почете,
Что-то лирики в загоне —
Дело не в простом расчете,
Дело в мировом законе...»*

Возможно, именно подобная ревность и стала первым побудительным мотивом кампании по «разоблачению этих хваленых ученых», которая неожиданно вспыхнула в 1980-е гг. практически во всем Союзе, начавшись с нескольких фельетонов в очень популярных в те годы «Литературной газете» и «Комсомольской правде», а затем дружно подхваченная многими периодическими изданиями. Некоторые из этих публикаций основывались на достоверных фактах и реальных злоупотреблениях — с тех пор как наука стала массовой профессией, в ее среде появилось определенное количество, мягко говоря, не очень высокоморальных людей. Но почему-то интонация многих газетных статей того времени была такова, что воспринимались они не как свидетельства очищения науки от мусора и грязи, а как доказательство того, что ученые, в общем-то, народ довольно сомнительный и вряд ли заслуживающий особого уважения.

Были, конечно, и другие факторы: обострение экологических проблем, тревоги, связанные с нарастанием мощностей оружия массового уничтожения. Колоссальным ударом по престижу науки и доверию к ней стала чернобыльская катастрофа. Получается, что научные работники не настолько всеведущи, раз не смогли создать безопасный реактор и не осознавали, что он опасен, — так подумали тогда многие.

Далее — 90-е гг.: резкое падение финансирования, а значит, и заработной платы ученых (а разве может быть престижной профессия, которая очень непрестижно оплачивается?!). На пороге нового века ко всем бедам, по крайней мере в Украине, добавился еще один фактор, которому трудно придумать иное название, кроме как «газетный мазохизм». Почему-то некоторые журналисты начали убеждать общественность в ущербности отечественной науки. С учетом того, что навязывание таких стереотипов широкой читательской аудитории крайне отрицательно влияет на шансы и темпы инновационного развития, подобные действия сродни мазохизму.

Можно спорить, так ли круто пошла вниз эта кривая, в точности ли она соответствует тому, как на самом деле падал авторитет науки, но тенденцию она, на наш взгляд, отражает в основном верно.

Косвенно об авторитете науки в глазах общества можно судить по тиражам научно-популярных журналов. Понятно, что они не всегда строго отвечали популярности издания, а тем более — науки. На рис. 3 представлена кривая, отражающая изменение тиражей наиболее массового в СССР журнала «Наука и жизнь». В 60 — 80-е гг. его тираж просто не в состоянии был обеспечить спрос, и во многих учреждениях (в том числе и в научно-исследовательских институтах) подписку на него разыгрывали в лотерею.

Весьма показательным, что представленный на рисунке график подобен умозрительной кривой на рис. 2. Особенно разительна спад тиража «Науки и жизни» во второй половине 80-х — начале 90-х: в 1987 г. — 3450 тыс. экз., в 1990-м — 2650 тыс., а в 1991-м — 1133 тыс. Заметим, что в конце 80-х уже не было ограничений на подписку, и не приходится сомневаться, что тиражи здесь однозначно коррелируют с популярностью журналов, а значит — и с общественным интересом к науке.

Последнее утверждение уже не столь справедливо по отношению к последующим годам. Причиной того, что подписка на «Науку и жизнь» в 1992 г. (117 тыс. экз.) была на порядок меньше, чем в 1991-м, стало прежде всего резкое падение покупательной способности на фоне подорожания услуг по доставке и т.п. Падение тиража продолжалось до 1999 г., а с 2000 г. начинается медленное его нарастание. При этом «Наука и жизнь» в 2000 г. еще не вышла даже на уровень тяжелейшего 1943 г. — 35 тыс. экз.

Поводом для сдержанного оптимизма может служить то, что журнал в последнее время организовал свой интернет-сайт. Несомненно, это позволит сделать его содержание доступным гораздо большему кругу читателей. А вот возродится ли прежний интерес к нему — это еще вопрос.

В Украине достаточно крупными тиражами издавались два научно-популярных

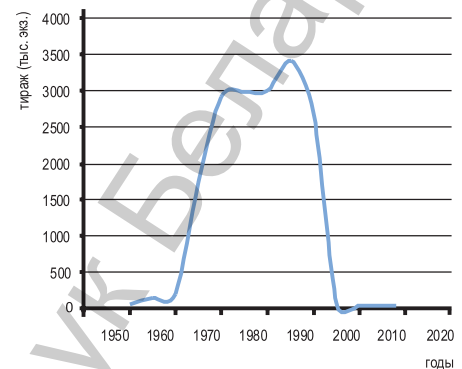


Рис. 3. Изменение тиража журнала «Наука и жизнь» за вторую половину прошлого столетия и последние 8 лет

журнала «Наука и суспільство» (более 60 тыс. экз.) и «Знання та праця» (около 60 тыс. экз.). Тираж первого из них к 1995 г. упал до 2 тыс. Далее редакция перестала указывать количество выпущенных экземпляров, но, судя по тому, что он стал вдвоенным и даже строенным (печатался 1 раз в 2—3 месяца), существенно уменьшив к тому же и объем, возникли очень большие трудности с подпиской. «Знання та праця» с 1991 г. изменил название на «Наука — фантастика», но это не помогло ему избежать катастрофического падения тиража. Он продержался еще несколько лет, но после 2000 г. прекратил свое существование.

В последние годы выпускается немало новых научно-популярных изданий, неплохих как в отношении содержания, так и оформления. Но тиражи их очень невелики, о миллионных «Науки и жизни» им нечего и мечтать. Так, в Республике Беларусь в последние годы появилось несколько научно-практических и производственно-экономических журналов, казалось бы, массового воздействия и потребления, среди них «Инженер-механик», который издается с 1998 г. По сведениям Республиканской научно-технической библиотеки, за прошедшие 10 лет его сравнительно небольшой тираж уменьшился с 600 до 475 экз. В 2000 г. стал выходить журнал научно-популярного плана «Изобретатель». Динамика изменения его тиража также незначительна: с 1500 до 550 шт. в 2008 г.

К сожалению, и здесь подтверждается та печальная истина, что интерес и доверие к науке в нашем обществе резко упали, то есть ее социальный капитал явно недостаточен и механизмы его наращивания практически не задействованы. Резко уменьшилось число каналов общения ученых с широкой общественностью, вышли из моды научно-популярные лекции, практически исчезли ученые с экранов телевизоров и т.д. Если учесть, что это происходит на фоне нарастающего наступления лженауки и клерикализма, стоит задуматься над тем, куда же мы движемся. Правда, в Беларуси в последнее время начало наблюдаться определенное возрождение интереса СМИ к достижениям науки и деятельности ученых. Прежде всего нельзя не отметить весьма положительную роль в этом деле журнала «Наука и инновации», хотя тираж его (около 800 экз.) пока оставляет желать лучшего.

Конечно, постсоветское пространство в силу того, что наука и ее авторитет подверглись в течение последних десятилетий тяжелым испытаниям, находится в особом положении. К примеру, исследования, проведенные в ряде стран мира, показывают, что в США, Китае, Южной Корее, Японии и Западной Европе 91% опрошенных граждан согласились с утверждением, что наука и технологии делают нашу жизнь более здоровой, легкой и комфортабельной [9], в России же таких оказалось только 50%. Но есть основания утверждать, что некоторое падение социального капитала науки — это мировая тенденция. Несмотря на то что правительство США тратит на исследования большие средства, некоторые американские ученые начинают бить тревогу по поводу того, что значение науки в их стране недооценивается, а трудности в развитии экономики в большой степени связаны с тем, что задел фундаментальных изысканий прежних лет практически исчерпан, а для приобретения нового отводится мало средств [10, 11]. В США, как и во многих других государствах, наблюдается небезуспешное наступление на общественное мнение клерикализма. Косвенным подтверждением этому может служить то, что 56% опрошенных американцев согласились с тем, что они слишком зависят от науки и не уделяют достаточно внимания вере [9].

Американский социолог Иммануил Валлерстайн рассматривает возрастающее недоверие к науке как мировое явление и печально констатирует: «Вера в науку как краеугольный камень строительства утопии уступила место скепсису по поводу классической науки и популярного сциентизма» [12]. В то же время есть немало авторов, которые усматривают в такого рода тенденциях угрозу будущему человечества. К примеру, английский ученый Рик Делбридж заявляет: «...Научная рациональность заслуживает того, чтобы быть признанной фундаментальным содержанием человеческой культуры, а институт науки — не просто одним из институтов общества, но фундаментальным институтом, недооценка общественной значимости которого грозит разрушением человеческой культуры» [13].

Все это подтверждает, что авторитет науки и ученого, как ее творца, уже никак нельзя считать сугубо внутренним делом научного сообщества, тем более просто предметом чьих-либо личных амбиций. Это национальное достояние — социальный капитал, весомая составляющая общественного богатства страны, причем чрезвычайно ценная, ведь им в значительной степени определяется будущее не только науки, но и нации.

Ведь не секрет, что даже мировое признание отдельного ученого или исследовательского коллектива совсем не гарантирует достаточной поддержки его деятельности как государством, так и общественным мнением у себя на родине. И дело тут не только в реальной нехватке средств, но и в искреннем неверии некоторых чиновников в возможность серьезного влияния отечественной науки на экономическое развитие. Отсюда рассуждения о чрезмерности научного потенциала, созданного в советское время, сомнения в том, под силу ли нашим не очень богатым странам содержать такой балласт. При этом отдельные (к сожалению, недопустимо редкие!) выступления в защиту науки, попытки объяснить, что в наше время новое научное знание все в большей мере становится основным ресурсом экономического развития, трактуются как желание отстоять свои корпоративные интересы и урвать более лакомый кусочек от «общественного пирога».

Есть все основания полагать, что научное сообщество как у нас, так и во многих других странах явно недооценивает тревожную ситуацию с социальным капиталом науки. Не пора ли нам на полную мощность включить механизмы ее самоорганизации с тем, чтобы создать и реализовать действенную программу влияния на общественное мнение, найти наконец общий язык со средствами массовой информации.

Литература

1. Попович А.С., Прокошин В.И., Щербин В.К., Дикусар А.И. Особенности трансформации социального капитала науки в странах с переходной экономикой // Общество, основанное на знаниях: новые вызовы науке и ученым. Материалы международной конференции. Киев, 23—27 ноября 2005 г. — Киев, 2006.
2. Пьер Бурдьё. Поле науки // Социология под вопросом. Социальные науки в постструктуралистской перспективе. — М., 2005.
3. Bourdieu P. Forms of social capital // Richardson J.G. (Ed.) Handbook of Theory and Research in the Sociology of Education. — New York, 1983.
4. Coleman J.S. Social Capital in the Creation of Human Capital // American Journal of Sociology. 1988. Vol. 94.
5. Coleman J.S. Foundation of Social Theory. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
6. Nahapiet J., Ghoshal S. Social Capital, Intellectual Capital, and Organizational Advantage // Academy of Management Review. 1998, №23(2).
7. Нестиж Т. Культурный, социальный и символический капиталы (обзорный материал) // Альманах «Восток», 2004, №2 (14). (http://www.situation.ru/app/j_art_325.htm)
8. Попович О.С. Зупинімо девальвацію соціального капіталу науки // Вісник Національної академії наук України. 2007, №12.
9. Science and technology: Public attitudes and understanding // Science and engineering indicators 2006 / Nat. science board/ Vol. 1., Chapt. 7. (<http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdfstart.htm>)
10. Bonvillian W.B. Science at a Crossroad // Technology in Society [N.Y. etc.]. Vol. 24, № 12.
11. Thorpe Ch. Violence and the scientific vocation // Theory, culture and soc. — Cleveland, 2004. Vol. 21, № 3.
12. Валлерстайн Иммануил. После либерализма / пер. с англ. Под ред. Б.Ю. Кагарлицкого — М., 2003.
13. Delbridge R. Knowledge, innovation and institutional change // Work, employment a. soc. — L., 2003. — Vol. 17, № 1.

Эдуард Фияксель

заведующий кафедрами венчурного менеджмента и маркетинга Нижегородского филиала государственного университета «Высшая школа экономики», президент ассоциации бизнес-ангелов Поволжского федерального округа «Стартовые инвестиции», президент группы компаний «Нижегородский проект», доктор экономических наук, профессор

Наталья Бутрюмова

студентка II курса магистерской программы «Инновационный менеджмент» Нижегородского филиала государственного университета «Высшая школа экономики»

Технопарки: перспективы развития

Технологический парк — новая форма территориальной интеграции науки, образования и производства в виде объединения научных организаций, проектно-конструкторских бюро, учебных заведений, промышленных предприятий или их подразделений, которая создается в целях ускорения разработки и применения научно-технических и технико-технологических достижений благодаря локальной концентрации высококвалифицированных специалистов, использование оснащенной производственной, экспериментальной, информационной базы; часто имеет льготное налогообложение. Такая структура может включать также информационные, выставочные комплексы, службы сервиса и жилищный фонд. Технопарки призваны оказывать помощь малым инновационным предприятиям в поисках инвесторов, новых технологий и продаже научно-технической продукции, способствовать развитию большого их числа за счет предоставления им производственных и офисных помещений, использования преимуществ системы коллективных услуг, обеспечения связью с университетом или научным центром, а также с финансовыми кругами.

Понятия «технологический», «исследовательский» и «научный» парк признаются эквивалентными. Однако два последних имеют более тесные, чем у технопарков, контакты с учреждениями образования, в них концентрируются высокообразован-

ные кадры и большие объемы наукоемких исследований. В Великобритании обычно применяют термин «научный парк», в США — «исследовательский парк», в России — «технопарк».

Многие считают, что технопарки могут создаваться не только на базе научных, но и промышленных организаций (например, в машиностроении — КамАЗ, АвтоВАЗ), когда крупный бизнес образует кластеры малых и средних компаний, которые используют инфраструктуру основного предприятия и сосуществуют с ним, выступая как поставщики и подрядчики. Однако в данном случае они представляют собой индустриальные парки.

Технопарки могут быть профильными и многопрофильными. Их создание — часть государственной, региональной или городской программ поддержки малых предприятий. Собранные вместе в профильном образовании, они легче налаживают межпроизводственные связи, имеют специализированные помещения, отвечающие необходимым требованиям (высота потолков, освещение), могут сокращать издержки и т.д. Как правило, управление такими структурами осуществляется с участием региональных, местных, центральных органов власти. Финансирование происходит за счет государственных и частных инвестиций.

По статистике, более 90% малых инновационных предприятий выживает в ус-

пешных технопарках, поэтому последние могут внести существенный вклад в развитие региона за счет:

- стимулирования его экономического роста;
- диверсификации местной экономики, что делает ее более устойчивой;
- становления успешных компаний малого и среднего бизнеса;
- увеличения доходов местного бюджета.

История

Первый технопарк был открыт в США в первой половине 1950-х гг. на базе Стэндфордского университета (штат Калифорния) и положил начало знаменитой Кремниевой (Силиконовой) долине. На сегодняшний день в Америке насчитывается более 160 образований подобного рода — около 30% общего их числа в мире. В Европе такие бизнес-сообщества появились в 70-х гг., в Канаде, Сингапуре, Австралии, Бразилии, Индии, Малайзии, Китае и Японии — в 80-х.

Во многих странах бизнес-инкубаторы, технологические парки и другие объекты инфраструктуры поддержки малого предпринимательства объединяются в национальные ассоциации и содружества, которые стимулируют предпринимательство, способствуют появлению малых инновационных компаний и сотрудничеству стран.

Основные характеристики современных научно-технологических парков [1]:

- высокий темп роста их количества;
- содействие региональному и местному развитию;
- участие в их образовании органов государственной власти (1/3 часть);
- смешанная форма собственности;
- создание рабочих мест;
- привлечение местных и иностранных инвестиций;
- принадлежность к малым формам хозяйствования (50%);
- расположение на территории университетов (50%);
- более половины парков — «зеленые» зоны;
- наличие бизнес-инкубаторов;
- совместное с университетом использование инфраструктуры и услуг;
- специализация на определенных видах деятельности;
- присутствие научного или технологического НИИ, центра;
- наличие образовательных программ для вузов;
- существование жилого фонда.

В КНР в Пекинской экспериментальной зоне развития новых технологий общей площадью свыше 100 км² находится около 50 высших учебных заведений, 130 научно-исследовательских институтов и лабораторий, в которых трудятся более 100 тыс. специалистов. Сейчас в Китае количество таких зон превышает 400, в том числе 53 из них — государственного значения [2]. Правительство осуществляет стартовое финансирование высокотехнологичных проектов и страхует риски иностранных инвесторов. Для привлечения венчурного капитала внедряются системы инвестиций. Компании, зарегистрированные в зонах развития, пользуются различными льготами, например выплачивают подоходный налог в размере 10—15% от его обычной величины; освобождаются от экспортных налогов при выходе на внешние рынки; имеют специальные преференции для определенных видов деятельности, таких как фармацевтика, сельское хозяйство и т.д.

В мае 2006 г. в городе Чанчунь провинции Цилинь был официально учрежден Китайско-Российский научно-технический

парк, на строительство офисных и производственных помещений которого было выделено 70 га земли. Дешевые факторы производства, налоговые льготы, огромный рынок сбыта, благоприятные условия реинвестирования, возможность формирования плацдарма для мониторинга ситуации в КНР и расширения бизнеса, внедрение запатентованных технологий институтов Сибирского отделения РАН, получение доступа к передовым разработкам организаций Академии наук Китая, проведение общих исследований, создание совместных лабораторий, институтов, научно-исследовательских центров, предприятий на территории КНР и РФ делают его работу выгодной для России [3].

Интересна модель образования и управления частными технопарками, разработанная и внедренная группой компаний «Технополис» (Финляндия), поскольку представляет собой высокоэффективный механизм государственно-частного партнерства. Основными принципами деятельности «Технополиса» являются:

- свободная планировка помещений, позволяющая в течение нескольких дней оборудовать площади в соответствии с потребностями арендаторов;
- вся недвижимость подлежит сдаче в аренду;
- для «якорных» резидентов могут быть построены отдельные здания;
- структура площадей: 90% — под офисы, одно строение — под промышленный корпус;
- знание профиля бизнеса резидентов и проектирование под них помещения;
- более низкие цены на услуги в сравнении с ценами поставщиков;
- легкий доступ и высокое качество услуг, четкость и ясность контрактов.

В настоящее время представители «Технополиса» проявляют активный интерес к строительству технопарков в Северо-Западном регионе России, Москве, Тюмени, Казани, Нижнем Новгороде и Пензе.

Российский опыт

Следует отметить, что идеи региональной концентрации науки и производства были реализованы в СССР еще в 1960-х гг. Возникли «наукограды» вокруг Москвы (Фрязино, Черноголовка, Обнинск, Дубна,

Пушино, Зеленоград), академгородок под Новосибирском. В то время такие образования работали достаточно эффективно, однако в основном были ориентированы на выпуск определенной продукции для оборонной промышленности. Первым научно-технологическим парком принято считать Томский, созданный в 1990 г. Сегодня в России их работает около 800, однако в силу законодательной неопределенности так может называться даже торговая сеть или офисное здание, арендаторы которого отчасти связаны со сферой инноваций. На самом деле технопарков гораздо меньше.

В 1990 г. начинает работу ассоциация «Технопарк». Ее зарубежными членами стали многие национальные подразделения.

Создание технопарков требует серьезной господдержки, в том числе финансовой. Такие организации чаще всего являются дотационными. Кроме денежных вливаний нужны также и налоговые льготы, хотя бы в первые 3 года. Сейчас все компании, входящие в технопарки, платят практически те же налоги, что и малые предприятия торговли, но, для того чтобы они жили, необходимо гораздо больше преференций, закрепленных нормативными правовыми документами.

Пока закон о технопарках находится в стадии разработки. Он должен дать четкое определение такого типа организаций, обозначить преимущества, предоставляемые резидентам, установить гарантии инвесторам, а также решить ряд вопросов в налоговом и земельном законодательстве.

Как известно, уже запущена программа создания пилотных технопарков в сфере высоких технологий в 7 регионах страны — Санкт-Петербурге, Московской, Новосибирской, Нижегородской, Калужской, Тюменской областях и в Республике Татарстан. Если проекты окажутся успешными, подобный опыт будет распространен и на другие территории. Основным механизмом господдержки технопарков является софинансирование создания инженерной, транспортной и другой инфраструктуры строящихся объектов. В соответствии с программой планируется сформировать новую модель государственно-частного

партнерства. Предполагается, что компании-резиденты будут специализироваться не только в сфере телекоммуникаций, но и в биотехнологии, фармацевтике, новых технологиях нефтегазодобычи и других наукоемких производствах.

Государство прежде всего создает условия для концентрации капитала и интеллектуальных ресурсов в определенных точках, а также повышения конкурентоспособности российских инновационных предприятий на международном рынке. Это достигается не только за счет введения специального налогового режима, но и путем реализации различных финансово-организационных механизмов, таких как венчурные фонды или бизнес-инкубаторы. На становление 7 технопарков правительство РФ планирует потратить за 4 года 29 млрд руб.

Германия на инновационную деятельность выделяет 32 млрд евро в год, при этом только 10% таких проектов дают прибыль, остальные нерентабельны. Несмотря на столь, казалось бы, незначительную отдачу, правительство продолжает вкладывать деньги, потому что эти 10% обеспечивают появление новых технологий. В итоге Германия в мировом экспорте высокотехнологичной продукции гражданского назначения имеет 16%, а Россия — меньше 1%.

В отличие от особой экономической зоны, являющейся механизмом территориального роста, технопарк — это «двигатель» отраслевого развития, который должен «запускаться» в неразрывной связи с уже действующей инфраструктурой. Например, в топливно-энергетической отрасли особый интерес представляет инновационно-производственный технопарк «ИДЕЯ» (Казань). Это, пожалуй, крупнейшая в России структура, созданная совместно одной из крупнейших нефтяных компаний «Татнефть» и региональным правительством. «ИДЕЯ» расположена в непосредственной близости от ведущих академических и учебных заведений города, включает административный корпус, технологический, сервисный, ресурсный и бизнес-центры, бизнес-инкубатор и специализируется на разработке нового

энергетического оборудования и внедрение энергосберегающих технологий.

Технопарки Нижегородской области «ОРБИТА»

В Нижегородской области планируется принятие программы создания сети IT-парков. Первый из них — «Орбита» — уже функционирует. Это 8-этажное здание площадью 35 тыс. м² со свободной планировкой офисов и торговых площадей. Управление недвижимостью осуществляется фирмой «Ваш офис». Кроме предоставления площадей и инфраструктуры (рис. 1) парк разрабатывает программы финансирования инновационных проектов IT-компаний. Оно может осуществляться в виде безвозмездных и безвозвратных государственных дотаций, взносов в уставный капитал предприятия, кредитных линий.

В поиске возможных источников для привлечения финансирования парк сотрудничает с ОАО КБ «Эллипс-банк», ассоциацией бизнес-ангелов «Стартовые инвестиции», Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другими организациями.

В настоящее время 70% площадей «Орбиты» арендуют IT-компании, в которых

работают 3 тыс. специалистов. Областное правительство выделило земельную площадку для расширения парка, где будет построено новое здание площадью 22 тыс. м² с автомобильной парковкой.

«БИНАР»

Объединение «БИНАР», созданное в 1989 г. сотрудниками Российского федерального ядерного центра — ВНИИЭФ, находится на территории закрытого административно-территориального образования г. Саров Нижегородской области и насчитывает 300 постоянно работающих специалистов, имеет собственные производственные помещения общей площадью 2700 м². Частный технопарк состоит из следующих элементов: бизнес-инкубатора «Опора» (выполнение бухгалтерской, канцелярской, юридической и кадровой работы для всех МИП), модульного лабораторного корпуса, опытного производства, которое также предоставляет снабженческие и транспортные услуги. Объединение включает отделение маркетинга, проектное, конструкторское бюро, приборостроительный завод, подразделение внедрения, осуществляющее на объектах заказчика строительно-монтажные и пуско-наладочные работы, гарантийное и сервисное обслуживание, обучение персонала.



Рис. 1. Распределение площадей IT-парка «Орбита» [4]

Каждый проект, реализуемый «БИНАР», проходит свой цикл развития и получает определенное финансирование. Первоначальный этап, когда вынашиваются идеи и не возникла необходимость во внешних средствах, обеспечивается автором. Далее проект оценивается специалистами технопарка и принимается решение по инвестированию и участию в программе «Старт», проводимой Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. При положительном решении комиссии фонда проект запускается, и создается малое предприятие. В дальнейшем осуществляется поиск внебюджетных инвесторов.

«САТИС»

Проект «Открытого технопарка» г. Сарова («САТИС»), первая очередь которого начала свою работу в 2006 г. на базе технологий Российского федерального ядерного центра — ВНИИЭФ и его партнеров, реализуется в рамках программы «Основы политики РФ в области развития науки и технологий до 2010 г. и дальнейшую перспективу». Он финансируется как из федерального и регионального бюджетов, так и по линии частного капитала. Инвестиции в технопарк площадью 100 тыс. м² оцениваются в 15 млрд руб. Приоритетные направления его деятельности — информационные технологии, энергосбережение и экология, медицинская техника, системы безопасности и противодействия терроризму. Управляющая компания — ООО «Центр трансфера технологий «Система — Саров». «САТИС» призван обеспечить рост инновационной инфраструктуры региона и сформировать материально-техническую, социально-культурную, сервисную и финансовую базы для эффективного развития малых и средних инновационных предприятий.

Технопарк обеспечивает условия для формирования интегрированной триады «наука — образование — промышленность»; осваивает в производстве и создает рыночные предпосылки реализации высокотехнологичной конкурентоспособной продукции (услуг); оказывает помощь ученым и специалистам в об-

разовании МИП; гарантирует налоговые преференции.

Функционально «Открытый технопарк» будет состоять из трех зон — деловой, промышленной и социально-бытовой. Первая очередь строительства на сегодняшний день уже завершена. Она представляет собой комплекс на площади 2,5 га. Построены научно-производственное здание, офис компании Intel, лабораторный корпус, парковка на 250 машин, автономная газовая станция и другие объекты. Технопарк рассчитан на функционирование 100—200 небольших инновационных компаний. Некоторые предприятия уже открыли свои офисы. К 2010 г. численность работников будет насчитывать не менее 3 тыс. человек, планируется, что большую их часть составят сотрудники РФЯЦ — ВНИИЭФ.

Одновременно ведутся работы по подготовке к строительству второй очереди, в которую войдут бизнес-центр (место для проживания, размещения офисов и получения консалтинговых консультаций) и центр эффективной энергетики. Первый значительно расширит спектр предлагаемых услуг и количество площадей, доступных для аренды, а второй обеспечит подразделения автономными экологически чистыми источниками электроэнергии и тепла.

«Открытый технопарк» является кластером, использующим потенциал Российского федерального ядерного центра — ВНИИЭФ и других научных учреждений региона, осуществляющим тесную связь с промышленными предприятиями, региональными и местными органами власти. Это позволит сформировать современную инфраструктуру с целью поддержки инновационного предпринимательства путем создания материально-технической, социально-культурной, сервисной, финансовой и иной базы для эффективного становления и подготовки к самостоятельной деятельности малых и средних инновационных предприятий. В случае их развития и расширения необходима другая структура поддержки, к примеру Федеральный инновационный комплекс, но такого рода образований в России пока нет.

«АНКУДИНОВКА»

«Анкудиновка» — самый крупный из семи IT-парков, строительство которых предусмотрено государственной программой «Создание в РФ технопарков в сфере высоких технологий». Это узкоспециализированное предприятие по разработке программного обеспечения общей площадью 514 тыс. м² будет иметь зону деловой активности и высотной жилой застройки, торгово-развлекательный центр, физкультурно-оздоровительный комплекс, школу, детский сад, парковку, гостиницу на 500 мест и общежитие для молодых специалистов. Строительство начнется в текущем году и продлится около пяти лет. Уже к 2011 г. планируется создание 13 тыс. рабочих мест. Общий объем финансирования на возведение технопарка — 15 млрд руб.

Основу «Анкудиновки» составят нижегородские фирмы, лидирующие в своих рыночных сегментах: разработчик программного обеспечения в области телекоммуникаций «Мера.Ру», компании «Тэлма Софт», «Текком» и др. Свою заинтересованность в проекте выразили зарубежные корпорации Intel, Microsoft, IBM. Уже подписано соглашение по строительству в парке производственного офиса французской фирмы Alcatel-Lucent, целью которого будет управление филиалами не только в Нижнем Новгороде, но и в других регионах России.

Для стимулирования IT-компаний стратегия Нижегородской области предусматривает программу продвижения компаний и продуктов, пониженные ставки арендной платы, налоговые льготы, создание на территории технопарка таможенного поста, визовую поддержку.

Литература

1. Инновационная инфраструктура: мировой опыт создания технопарков // Теория и практика управления. 2004, №5.
2. М. Благодравин. От Харькова до Харбина и обратно // Эксперт (Украина). 2006, №28(78).
3. А.Г. Коржубаев. Китайско-российский технопарк в Чанчуне: состояние и перспективы сотрудничества СО РАН с Китаем // Наука в Сибири. 2007, №42 (2627).
4. www.itpark.nnov.ru



Георгий Баранец

эксперт проекта «Содействие развитию регионального потенциала»,
кандидат архитектуры

Программы трансграничного сотрудничества Евросоюза

Новые перспективы для реализации разнообразных инициатив, в том числе в сфере научной и инновационной деятельности, открывает участие заинтересованных отечественных учреждений в программах трансграничного сотрудничества Европейского Союза. В конце прошлого года подписаны важные документы, обеспечивающие полноправное участие нашей страны в этих программах — Рамочное соглашение между Республикой Беларусь и Комиссией Европейских сообществ, которое устанавливает правовые основы формирования и выполнения программ и проектов внешней помощи ЕС, а также Финансовое соглашение, определяющее условия участия наших организаций и открывающее возможность финансирования проектов по программе «Регион Балтийского моря».

В СМИ периодически появляются материалы об инициативах ЕС, однако они зачастую фрагментарны и не позволяют многим организациям соотнести свои возможности с перспективой участия в различных программах. Поэтому основная задача данной статьи — представить информацию о новых программах трансграничного сотрудничества, которые реализуются в рамках Европейского инструмента добрососедства и партнерства (ЕИДП), в предельно кратком, структурированном и доступном виде.

Европейский инструмент добрососедства и партнерства

ЕИДП — это один из девяти инструментов внешней помощи Европейского Союза на 2007—2013 гг., предназначенный для реализации политики добрососедства по отношению к странам, которые расположены вдоль его внешних границ, и обеспечивающий поддержку Азербайджану, Алжиру, Армении, Беларуси, Грузии, Египту, Израилю, Иордании, Ливану, Ливии, Марокко, Молдове, Палестинской Автономии, России, Сирии, Тунису и Ук-

раине. Важнейший приоритет ЕИДП — развитие трансграничного сотрудничества между организациями из стран ЕС и соседних государств.

Программы трансграничного сотрудничества ЕИДП

ЕИДП включает компонент, специально ориентированный на взаимодействие между странами Европейского Союза и странами-партнерами, которые расположены вдоль его внешних границ, и представленный программами трансграничного сотрудничества (ТГС) двух типов:

- между двумя или несколькими регионами с общими сухопутными или морскими границами;
- многосторонние, охватывающие бассейны морей.

В настоящее время насчитывается 9 программ, реализуемых на территории вдоль сухопутных, и 3 — вдоль морских границ ЕС, а также 3 программы, охватывающие бассейны Балтийского, Черного и Средиземного морей. Для Беларуси,



- страны и регионы ЕС
- иные страны и регионы — участники программы

Рис. 1. Программа «Регион Балтийского моря»

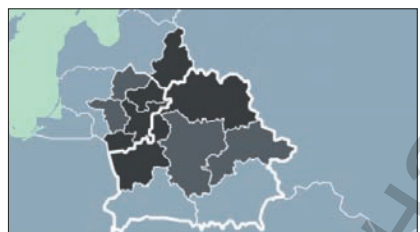


Рис. 2. Программа «Латвия — Литва — Беларусь»



- основные регионы — участники программы
- прилегающие регионы — участники программы

Рис. 3. Программа «Польша — Беларусь — Украина»

Молдовы, России и Украины они во многом являются продолжением Программ добрососедства (ПД), которые действовали в период с 2004 по 2006 г.

Новые программы ЕИДП ТГС основаны на принципах, апробированных в ЕС при использовании структурных фондов, в частности на принципах долгосрочного программирования по годам, партнерства и софинансирования, адаптированных с учетом особенностей международных норм и правил. Беларусь участвует в трех программах ЕИДП ТГС: «Регион Балтийского моря», «Латвия — Литва — Беларусь» и «Польша — Беларусь — Украина», которые находятся на различных стадиях реализации. Так, по состоянию на 01.01.2009 г. все они одобрены, причем по программе «Регион Балтийского моря» первый тур подачи заявок на финансирование совместных проектов состоялся в прошлом году. Ожидается, что по остальным двум прием заявок будет открыт в ближайшем будущем.

Поскольку в Беларуси, Молдове, России и Украине программы ЕИДП ТГС пришли на смену одноименным Программам добрососедства, существует хотя и ограниченный, но тем не менее успешный опыт участия отечественных организаций в реализации совместных проектов с партнерами из стран ЕС. Однако, несмотря на аналогичные названия, программы в рамках ЕИДП ТГС имеют существенные отличия от ПД, которые сводятся к четырем основным положениям.

Совместная разработка программ и управление их реализацией

ЕИДП ТГС — один из компонентов европейской политики добрососедства, направленной на поддержание стабильности и процветания регионов по обе стороны границы и ориентированной на достижение четырех общих целей стратегии ЕС в области трансграничного сотрудничества:

- содействие экономическому и социальному развитию в приграничных регионах;
- решение общих проблем (например, экологических, социальных и пр.);

- обеспечение эффективных и безопасных границ;
- содействие развитию контактов между людьми.

Анализ и определение общих потребностей, формулировка приоритетов и мер каждой программы в соответствии с общими стратегическими целями и местными особенностями рассматривались в качестве функций представителей заинтересованных стран. Поэтому разработка программ осуществлялась рабочими группами, включающими представителей органов государственного управления от каждой страны, с учетом интересов, законодательно-правовой базы и установленных правительствами перспектив развития. Для каждой программы также определены особенности управления и реализации, включая совместный отбор проектов для финансирования.

Единый бюджет и единые правила участия

Если раньше условия участия и финансирования партнеров из стран ЕС и Беларуси существенно отличались, то программы ЕИДП ТГС предполагают выделение средств для всех партнеров по проекту из одного источника на основании общего бюджета в соответствии с едиными правилами, установленными в каждой программе. Важнейшее отличие программ в рамках ЕИДП ТГС заключается также в том, что для регионов, расположенных по разные стороны границы ЕС, создаются совместные структуры управления, действуют общие правовые нормы и правила. Это обеспечивает сбалансированное и равноправное партнерство.

Расширенная география

Программы основаны на территориальном принципе. Право на участие в них имеют только организации, расположенные в определенных регионах. Если программа добрососедства «Регион Балтийского моря» распространялась только на Витебскую, Гродненскую и Минскую области, то одноименная программа ЕИДП ТГС действует на территории всей Беларуси (рис. 1). Дополнительно к Витеб-

ской и Гродненской областям к участию в программе ЕИДП ТГС «Латвия — Литва — Беларусь» подключены Минская и Могилевская области, а также город Минск (рис. 2).

Программа «Польша — Беларусь — Украина», которая в рамках Программ добрососедства охватывала Гродненскую, Брестскую и западные районы Минской области, также расширила свою географию и включила оставшуюся территорию Минской области, город Минск и Гомельскую область (рис. 3). Условия участия каждой административно-территориальной единицы оговорены в соответствующих программных документах.

Увеличенное финансирование

Программы ЕИДП ТГС осуществляют финансирование на грантовой основе проектов, которые имеют некоммерческий характер, строго соответствуют установленным приоритетам, мерам и требованиям. Каждый проект предполагает собственное софинансирование. Оно для партнеров из нашей страны должно составлять не менее 10% от стоимости всех мероприятий, реализуемых на белорусской стороне. Индикативный бюджет программ, доступный до 2013 г., составляет:

- «Регион Балтийского моря» — 22,608 млн евро (вклад ЕС — средства, доступные партнерам из Беларуси и России) плюс собственное софинансирование партнеров;
- «Латвия — Литва — Беларусь» — 41,737 млн евро (вклад ЕС) плюс собственное софинансирование партнеров;
- «Польша — Беларусь — Украина» — 186,201 млн евро (вклад ЕС) плюс собственное софинансирование партнеров.

Таким образом, суммарный вклад ЕС в реализацию программ, предполагающих участие организаций из Беларуси, составляет 250,546 млн евро.

Опыт участия в программах ТГС

Несмотря на продолжительную историю реализации программ трансграничного сотрудничества ЕС в Беларуси и на положительную динамику показателей,

характеризующих участие отечественных организаций, следует отметить, что по сравнению с Украиной и Россией степень их вовлеченности можно оценить как достаточно скромную. Россия участвует в семи программах ТГС. При этом программа «Регион Балтийского моря» — общая для нашей страны и России. Украина участвует в четырех программах, и программа «Польша — Беларусь — Украина» является общей для наших стран. По итогам завершившейся Программы добрососедства «Регион Балтийского моря» число проектов с российскими партнерами составило 78 (всего приняли участие 217 организаций из РФ). В то же время число проектов, реализованных с участием белорусов, составило 13 (всего приняли участие 25 отечественных партнеров, в том числе 16 из Минска и Минской области). В рамках ПД «Польша — Беларусь — Украина» было выполнено 11 проектов с участием украинских организаций, 6 проектов — белорусских и 2 трехсторонних проекта (всего приняли участие 36 организаций из Украины и 16 из Беларуси). Приведенная статистика свидетельствует, что в процессе реализации Программ добрососедства активность белорусской стороны была значительно ниже, чем российской и украинской, но в то же время существуют определенные резервы для активизации ее участия в программах ЕИДП ТГС.

Особенности участия

Программы разработаны в строгом соответствии с четырьмя общими целями стратегии ЕС в области ТГС и содержат определение приоритетов и мер. В рамках каждой меры предполагается финансирование соответствующих действий. Реализация программ осуществляется посредством подготовки, рассмотрения, отбора, финансирования и осуществления проектов с последующим мониторингом и оценкой полученных результатов. В отличие от более знакомой в Беларуси практики разработки и выполнения программ, включающих перечень заранее определенных проектов, программы ЕИДП ТГС ориентированы на инициативу организаций, которые заинтересованы в привлече-

нии внешних источников финансирования для решения собственных проблем и достижения желаемых итогов. Поэтому здесь вместо перечня намечаемых заданий определен механизм подготовки и отбора заявок заинтересованных организаций-партнеров на финансирование инициативных проектов.

Несмотря на общие принципиальные подходы и требования, каждая программа имеет некоторые отличия. Поэтому для потенциальных участников важно ознакомиться с соответствующим комплексом документов и текущей информацией о ходе реализации программы. При этом особое внимание необходимо обратить на следующие позиции:

- финансированию подлежат, как правило, некоммерческие проекты;
- их тематика должна соответствовать приоритетам и мерам программы;
- партнеры-участники должны быть представлены организациями, которые, как правило, осуществляют свою деятельность на некоммерческой основе (органы государственного управления и самоуправления, научно-исследовательские и учебные заведения, общественные объединения и т.п.) на территории, охватываемой программой;
- прием заявок на финансирование проектов проходит в строго установленные сроки.

Приоритеты каждой программы определены следующим образом.

Программа

«Регион Балтийского моря»:

содействие инновациям (стимулирование успешного производства, внедрение и использование новшеств в экономической и социальной сфере);

внутренняя и внешняя доступность (преодоление дисбаланса в развитии транспорта и ограничений беспрепятственной транспортировки пассажиров и грузов);

совершенствование управления ресурсами Балтийского моря для достижения лучшего экологического состояния;

привлекательные и конкурентные города и регионы (повышение их конкурентоспособности в масштабах Европы на основе стратегий устойчивого развития).

Программа «Польша — Беларусь — Украина»:

повышение привлекательности приграничной территории (поддержка инициатив, направленных на улучшение условий развития предпринимательства, туризма и транспортных систем);

рост качества жизни (предотвращение экологических угроз, стимулирование рационального использования природных ресурсов, возобновляемых энергоресурсов и экономии энергии, совершенствование инфраструктуры границы и эффективности пограничных процедур, укрепление безопасности границы);

институциональное сотрудничество и поддержка местных инициатив (создание трансграничной институциональной среды, а также стимулирование взаимодействия между населением приграничных регионов).

Программа

«Латвия — Литва — Беларусь»:

действие устойчивому экономическому и социальному развитию (стимулирование сотрудничества предприятий для повышения конкурентоспособности региона, совместное планирование, каналы связи, транспорт, сопутствующая инфраструктура и сфера услуг, трансграничный туризм, продвижение культурного и исторического наследия, стимулирование инициатив местных и региональных сообществ, а также укрепление социально-культурных связей);

решение общих проблем (охрана и рациональное использование природных ресурсов, развитие образования, здравоохранения, социальной сферы, пограничной инфраструктуры и служб, действие эффективной организации границ).

Поддержка организаций, заинтересованных в участии в программах

Информационная, консультативная и экспертная поддержка потенциальных партнеров проектов по программам ЕИПД ТГС определяется как техническое содействие. Со стороны Европейской Комиссии для стран, не входящих в ЕС, оно в основном осуществляется в ходе реализации проекта «Содействие развитию регионального потенциала (СРРП-II)». Кроме того, такое содействие осуществляется техническими секретариатами каждой программы и Координационным бюро программы ТАСИС Европейского Союза в Республике Беларусь.

Вторая фаза проекта СРРП-II продлится до конца 2009 г. Основная его цель — обеспечить полноценное, активное и равное участие организаций из стран, расположенных вдоль внешних границ ЕС (на востоке и на юге), в разработке, управлении и реализации программ ЕИПД ТГС. В части поддержки организаций, заинтересованных в подготовке заявок на финансирование, деятельность в рамках проекта предполагает:

- распространение информации о возможностях участия;
- оказание помощи при определении тематики, направленности проекта, пояснение особенностей стандартных форм проектных заявок и правил их заполнения;
- поддержку в поиске партнеров;
- обучение разработке проектной идеи и управлению проектом.

В дополнение к проекту СРРП-II Европейская Комиссия осуществляет проект INTERACT ENPI, который обеспечивает поддержку управления и реализации программ ТГС посредством координации, стимулирования сотрудничества и взаимодействия соответствующих структур.

Полезные ссылки в Интернете

Интернет-страница проекта СРРП-II — www.rcbi.info — предлагает информацию на русском, английском, французском и

арабском языках о программах и поддержке, которая оказывается заинтересованным организациям, потенциальным участникам проектов трансграничного сотрудничества. Кроме того, здесь представлены постоянно обновляемые сведения о текущих мероприятиях проекта, можно зарегистрироваться в базе данных партнеров, приведены полезные ссылки, в том числе на интернет-страницы программ, где размещены программные документы, формы проектных заявок, требования к их заполнению, а также постоянно обновляемая информация о ходе реализации программ (сроки приема заявок, результаты их оценки и т.п.):

«Регион Балтийского моря» — www.eu.baltic.net;

«Польша — Беларусь — Украина» — www.interreg.gov.pl/20072013/instrument+sasiedztwa/pl-bl-uk/;

«Латвия — Литва — Беларусь» — <http://www.bsinterreg3a.net/index.php?sec=prg&num=149>.

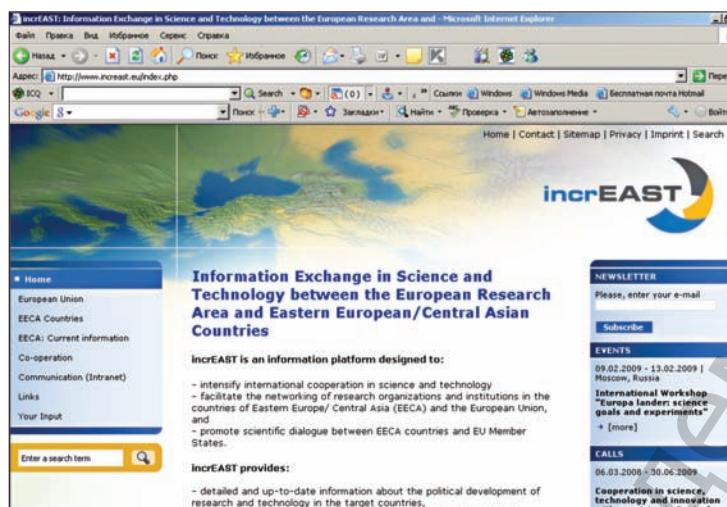
На интернет-странице Координационного бюро Программы ТАСИС Европейского Союза в Республике Беларусь www.si4eu.net содержится важная информация о требованиях национального законодательства в части подготовки, регистрации и реализации проектов.

Общие сведения по вопросам трансграничного сотрудничества ЕС представлены на сайте Европейской Комиссии www.ec.europa.eu, в частности в разделе «Трансграничное сотрудничество в рамках Европейского инструмента добросодействия и партнерства» (http://ec.europa.eu/europeaid/where/neighbourhood/regional-cooperation/enpi-cross-border/index_en.htm) и Представительства Европейской Комиссии в Беларуси — www.delbl.ec.europa.eu.

Таким образом, созданы все необходимые предпосылки для успешного участия организаций из Беларуси в программах ЕИПД ТГС Европейского Союза, но фактические результаты будут во многом зависеть от местной инициативы.

Новый инструмент сотрудничества

Для содействия сотрудничеству в области науки и технологий между странами ЕС, Восточной Европы и Центральной Азии по адресу www.inceast.eu открыта информационная платформа.



Цель ее создания отражена в названии *incrEAST*: *incr* от англ. *increase* — «увеличение, рост», а *EAST* — «восток», причем вторая часть слова — *ST* — это еще и начальные буквы слов *science* («наука») и *technology* («технология»). Разработка, развитие и поддержка сайта осуществляются в рамках проекта Expanding S&T Synergies: S&T International Cooperation Network for Eastern European and Central Asian Countries (IncoNet EECA, <http://www.inco-eeca.net>), который финансируется Европейской комиссией по линии 7-й Рамочной программы научно-технологического развития ЕС (7РП) с января 2008 г. Этот четырехлетний проект объединил 23 организации из 21 страны — Греции, Германии, Австрии, Франции, Швеции, Болгарии, Эстонии, Румынии, Польши, Финляндии (членов Евросоюза), Норвегии и Турции (ассоциированных в 7РП стран), а также России, Беларуси, Украины, Казахстана, Узбекистана, Армении, Азербайджана, Грузии, Молдовы. Курирует

его Международный центр черноморских исследований, штаб-квартира которого находится в Афинах. Партнером IncoNet EECA в Беларуси является Институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы (БелИСА). Как и большинство участников проекта, он уполномочен координировать на национальном уровне сотрудничество с 7РП и осуществлять его информационное сопровождение.

IncoNet EECA и *incrEAST* призваны стимулировать общение ученых на огромном пространстве от Парижа до Алматы на разных уровнях: официальных лиц, формирующих и координирующих государственную научно-техническую политику, научных организаций, исследователей и разработчиков, которые заинтересованы в реализации международных проектов, а также представителей наукоемкого бизнеса. Непременным участником диалога является и Европейская комиссия.

По мнению специалистов из ЕС, один из барьеров для развития взаимодействия с партнерами из СНГ — недостаток информации о национальной политике в области науки и технологий, приоритеты, статистика, основные государственные программы и проекты, международное сотрудничество и инструменты его поддержки) и данных о конкретных научных организациях. Ученые из СНГ и, в частности, из Беларуси сравнительно мало публикуются за рубежом, они нечастые гости на европейских конференциях, а зарубежное представительство на международных научно-технических мероприятиях в нашей республике нередко ограничивается ближайшими соседями. Сообщений о последних достижениях и передовых разработках на английском языке мало и в Интернете.

В то же время развитые государства придуют большое значение информационному обеспечению МНТС, существенным элементом которого являются национальные научно-технические порталы. Обычно они ориентированы на 20 группы пользователей — своих и зарубежных. Это площадка для рекламы отечественного научно-технического потенциала: передовых разработок, научных коллективов и отдельных ученых. Одновременно он извещает научное сообщество страны о возможностях сотрудничества с различными организациями, совместных программах, правилах участия в конкурсах, инициативах, научно-технических мероприятиях и т.д. с целью увеличения количества представителей своего государства в международных проектах. Зарубежных пользователей портал обеспечивает информацией, необходимой для поиска партнеров и организации кооперации. Во всех странах такие сайты являются двуязычными (национальный и английский языки).

В Беларуси нет информационного ресурса с такими функциями, их нет и в других государствах СНГ, за исключением Ка-



Заседание региональных корреспондентов портала incrEAST (Бонн, апрель 2008 г.)

захстана. Задача платформы incrEAST — хотя бы отчасти восполнить недостаток сведений о научно-технической сфере в странах Содружества и в то же время представить в сконцентрированном виде возможности дву- и многосторонней кооперации с членами Евросоюза. Тем самым она содействует целям 7РП — расширению европейского научного пространства и интенсификации сотрудничества с государствами, не входящими в ЕС. Портал incrEAST предоставляет возможность:

- получить обобщенную актуальную информацию о развитии науки, технологий и поддержке научных исследований в Восточной Европе, Центральной Азии и ЕС;
- узнать о совместных проектах, открытых конкурсах, научно-исследовательских программах и программах поддержки науки, разработках в области научной политики, а также о партнерских организациях;
- ознакомиться с новостями, анонсами мероприятий, ссылками на соответствующие публикации и соглашения о сотрудничестве;
- установить контакты с координаторами международного сотрудничества и национальными контактными организациями;
- подписаться на электронные информационные бюллетени.

Наполнением сайта занимается центральный офис — группа партнеров проекта IncoNet EЕCA, в которую входит и представитель Беларуси.

Любой пользователь портала может разместить на нем сведения, которые он

хотел бы сделать доступными широкому кругу научной общественности в ЕС. Это можно оформить через БелИСА либо самостоятельно, заполнив online-форму (см. раздел «Your Input»).

В 2008 г. была запущена англоязычная версия портала, в ближайшее время откроется и русскоязычная.

Для любого информационного ресурса самый большой вопрос — устойчивость: кто и на какие средства будет актуализировать его содержание, когда завершится стадия разработки? В этом отношении платформа incrEAST повезло. С одной стороны, в рамках IncoNet EЕCA она обеспечена финансированием как минимум на ближайшие 3 года — достаточный срок для того, чтобы позаботиться о ее дальнейшей судьбе. С другой стороны, ответственным за создание и поддержку ресурса является Международное бюро Федерального министерства образования и науки Германии (IB BMBF), действующее при Немецком аэрокосмическом центре, — организация, имеющая колоссальный опыт таких работ.

Создатели портала incrEAST в Беларуси надеются, что он станет полезным источником информации для зарубежных партнеров о научном потенциале республики и поможет отечественным ученым в вопросах организации сотрудничества со странами ЕС.

Ольга МЕЕРОВСКАЯ,
руководитель Национального
информационного офиса 7РП ЕС

НОВЫЕ КОНКУРСЫ 7-Й РАМОЧНОЙ ПРОГРАММЫ ЕС

Большинство тематических конкурсов 2009 г., проводимых в формате 7-й Рамочной программы Европейского Союза, уже завершились, проводится экспертиза представленных на них заявок. Серия конкурсов следующего года стартует предположительно будущим летом. Однако и весенний период достаточно насыщен: в это время традиционно объявляются конкурсы проектов по разделу «Люди» — одной из четырех подпрограмм 7РП, которая связана с развитием международной мобильности и научной карьеры ученых. К участию в них с 18 марта по 18 августа 2009 г. приглашаются исследователи из стран, не являющихся членами Евросоюза, которые хотели бы развивать свою карьеру через выполнение краткосрочных проектов в партнерских научных организациях ЕС (International Incoming Fellowships). Обратная схема — International Outgoing Fellowships — предполагает аналогичную стажировку европейских ученых за пределами Сообщества. Эти виды деятельности открыты соответственно для индивидуальных исследователей и научных учреждений из Беларуси. Важно, что в них предусмотрены меры для обеспечения обязательного возвращения стажера в направляющую его структуру.

В период с 24 апреля по 27 июля 2009 г. будет открыт конкурс по еще одной доступной для соотечественников схеме — «Партнерство между научными организациями и промышленностью». И в Евросоюзе, и в нашей республике академические ученые довольно активно вовлечены в решение производственных проблем. Не секрет, однако, что практики — далеко не такие частые гости в научных подразделениях. Для синхронизации обменов персоналом между организациями, генерирующими знания, и компаниями, которые их используют, и придуманы проекты типа Industry-Academia Pathways and Partnership. Подробнее о разделе 7РП «Люди»: http://cordis.europa.eu/fp7/people/home_en.html, открытые конкурсы: <http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm>.