

10  
ЛЕТ  
ЖУРНАЛУ

11 РАСПРЕДЕЛЕННОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО  
ЭНЕРГИИ

29 ИНВЕСТИРОВАНИЕ В  
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ  
СЕКТОРЫ

46 К СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОМУ  
ПОДХОДУ  
В ОБУЧЕНИИ

68 ТЕМНАЯ  
СТОРОНА  
ВСЕЛЕННОЙ

# НАУКА И ИННОВАЦИИ

научно-практический журнал



№ 8(126)\_2013



Энергоресурсы  
в ракурсе  
рационального  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



Осипов А. И. **Философия и методология науки** : учеб. пособие / А. И. Осипов. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 286 с. : ил. ISBN 978-985-08-1568-2.

В учебном пособии рассматриваются статус, специфика и функции философии как рационально-критической формы мировоззрения. Особое внимание уделяется пониманию философии как рефлексии над всеми формами и способами практического и духовного освоения мира. Выявляется специфика философско-методологического анализа науки, ее методологического инструментария, структуры и динамики научного познания, социально-аксиологического измерения науки. Раскрываются функции философии в обосновании и развитии научного познания. Структура и тематическое содержание пособия соответствуют типовой программе-минимуму кандидатского экзамена по философии и методологии науки.

*Адресуется магистрантам и соискателям нефилософских специальностей, студентам и преподавателям учреждений высшего образования, а также научным сотрудникам.*

### **Гісторыя філасофскай і грамадска-палітычнай думкі Беларусі.**

У 6 т. Т. 3. Рэфармацыя. Контррэфармацыя. Барока / аўтары тома : В. Б. Евароўскі [і інш.]. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 615 с. ISBN 978-985-08-1561-3.

Трэці том з'яўляецца лагічным працягам двух папярэдніх і прысвечаны другой палове XVI – пачатку XVII ст. у інтэлектуальнай гісторыі Беларусі. У цэнтр увагі аўтараў трапілі рэлігійныя феномены – рэфармацыйныя і контррэфармацыйныя кірункі тагачаснай беларускай думкі. Прааналізавана шматлікая палемічная і выхаваўчая літаратура прадстаўнікоў розных канфесійных напрамкаў і рэканструяваны адметнасці пабудовы тэалагічных сістэм. Кніга змяшчае развагі аўтараў датычна самой сітуацыі мультыканфесійнасці культуры ВКЛ, можна прасачыць, як паступова беларуская культура шукала адказы на выклікі суіснавання некалькіх веравызнаўчых парадыгм у адным часе і прасторы, спараджаючы ўнікальныя мадэлі талерантнасці і сінтэзу. Значная частка тома прысвечана разгляду і аналізу феномена барочнай культуры ў інтэлектуальнай гісторыі Беларусі, тых новых парадыгм мыслення і бачання чалавека і свету, якія запачаткавала Барока на нашых землях.

*Прызначаецца спецыялістам у галінах філасофіі, гісторыі культуры, культуралогіі, палітычных і сацыяльных навук, а таксама ўсім, хто неабыхавы да айчынай інтэлектуальнай спадчыны.*

### **Беларуская мовазнаўчая славістыка на з'ездах славістаў :**

Да XV Міжнароднага з'езда славістаў – Минск : Беларус. навука, 2013. – 483 с. ISBN 978-985-08-1576-7.

У зборнік уключаны тэксты выбраных дакладаў, якія былі прачытаны на I, IV, VII–XIII Міжнародных з'ездах славістаў беларускімі моваведамі.

У дакладах разглядаюцца актуальныя пытанні мовазнаўчай славістыкі: славянскі этна- і глотагенез, фанетычныя працэсы ў праславянскай мове, пытанні фразеалогіі, сінтаксісу, словаўтварэння, графікі і арфаграфіі, арэальнай лінгвістыкі, праблематыка беларускага мовазнаўства на адпаведным славянскім фоне.

*Выданне адрасавана даследчыкам-славістам і беларусістам, выкладчыкам філалагічных спецыяльнасцей, аспірантам.*



## **РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»**

*предлагает литературу*

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

*принимает заказы на печать*

- бланки формата А<sub>5</sub>, А<sub>4</sub>, А<sub>3</sub>
  - грамоты ● дипломы
  - канцелярские книги
  - блокноты ● блоки для записей
  - календари ● буклеты
  - проспекты (с разработкой дизайна)
- тираж от 1 экземпляра*

*Получить информацию об изданиях и оформить заказы можно по телефону:*

*(+37517) 263-23-27,  
263 50 98, 267-03-74  
Адрес: ул. Ф. Скорины, 40,  
220141, г. Минск,  
Республика Беларусь  
belnauka@infonet.by  
www.belnauka.by*



**Ваше  
решение –  
наше  
воплощение**

Конкурс эскизов дизайн-проектов  
«Карьерные самосвалы 2020 – 2030»

# КАРЬЕРНЫЕ САМОСВАЛЫ

## Задача

Найти композиционное и стилевое решение карьерного самосвала БелАЗ 2020 – 2030 с его последующей реализацией в промышленных масштабах.

## Задание

Проработать и представить эскизы дизайн-проектов, трехмерную модель карьерного самосвала «БелАЗ» грузоподъемностью 30–36 т, опираясь на представленный прототип с учетом существующих в мире тенденций развития данного транспортного средства для горнодобывающей промышленности.

## К участию приглашаются

Профессиональные промышленные дизайнеры, студенты профильных учебных заведений, а также любители, готовые предложить свое видение развития конструкции будущего большегрузного транспортного средства.

1 августа -  
30 ноября  
2013 года

Генеральный партнер  
ОАО «БЕЛАЗ»

Подробности на сайте:  
[innosfera.org](http://innosfera.org)



↓ прототип ↓



# НАУКА И ИННОВАЦИИ

научно-практический журнал

№8(126)\_2013

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

**Учредитель:**  
Национальная академия наук Беларуси

**Издатель:**  
РУП «Издательский дом «Белорусская наука»

**Главный редактор:**  
Жанна Комарова

**Редакционный совет:**

А.М. Русецкий – председатель совета  
П.А. Витязь – зам. председателя  
С.В. Абрамчук  
И.В. Войтов  
И.Д. Волотовский  
В.Г. Гусаков  
С.А. Жданок  
О.А. Ивашкевич  
Ж.В. Комарова  
Н.П. Крутько  
В.А. Кульчицкий  
М.И. Михадюк  
Р.В. Михайлова  
А.Г. Мрочек  
М.В. Мясникович  
П.Г. Никитенко  
Г.Б. Свицерский  
С.П. Ткачев  
Б.М. Хрусталев  
И.П. Шейко  
А.П. Шкадаревич

**Ведущие рубрик:**  
Энергосбережение – Ольга Киевлякис  
Инновации – Павел Дик  
Синергия знаний – Ирина Емельянович  
В мире науки – Алеся Касьян

**Компьютерный дизайн:**  
Алексей Петров  
на обложке: иллюстрация с сайта  
<http://geographyofrussia.ru>

**Отдел маркетинга и рекламы:**  
Елена Верниковская

**Адрес редакции:**  
220072, г. Минск,  
ул. Академическая, 1-129.  
Тел.: (017) 284-14-46  
e-mail: [nii2003@mail.ru](mailto:nii2003@mail.ru),  
<http://innosfera.org>

**Подписные индексы:**  
007532 (ведомственная)  
00753 (индивидуальная). Формат 60x84 1/8.  
Бумага мелованная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,37.  
Тираж  
Цена договорная. Подписано в печать  
26.07.2013. Отпечатано в типографии  
РУП «Минсктиппроект»: 220123, Минск,  
ул. В. Хоружей, 13, тел. 288-60-88.  
Лицензия ЛП №02330/0494102 от 11.03.2009.  
Заказ №1686

© «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.

Ирина Емельянович  
4, 40 Новости



## Тема номера

### Энергосбережение

Валерий Гуревич,  
Инна Примакова

5 **Интеграция  
энергоменеджмента  
в практику управления  
организацией**

Ольга Киевлякис

8 **Секреты  
энергосбережения**

Татьяна Зорина

11 **Распределенное  
производство энергии**

Жанна Комарова

18 **Строители  
комфортной жизни**

Александр Мазаник,  
Николай Малащенко,  
Евгений Стрельцов

21 **Материалы для создания  
солнечных элементов  
третьего поколения**

## Инновации и инвестиции

Анализ

Анна Сенько

26 **Финансовые  
факторы активизации  
инновационной  
деятельности**

Светлана Боган

29 **Инвестирование  
в высокотехнологичные  
секторы**

Ирина Парамонова,  
Максим Войтешонок

33 **Информационная  
составляющая  
инновационной  
восприимчивости субъек-  
тов хозяйствования**

Научная публикация

Ирина Прилуцкая

36 **Проблемы оценки  
эффективности  
функционирования  
инновационной  
инфраструктуры**

## Синергия знаний

Стратегии развития

Дмитрий Береснев,  
Нина Абрамчук

41 **Эффективность товарной  
структуры внешней  
торговли Беларуси**

Образование

Сергей Максимов

46 **К сетцентрическому  
подходу в обучении**

Инструменты бизнеса

Ирина Емельянович

50 **Пространство  
творческих идей**

Виктор Яшин,  
Александр Семенов

## 53 Теория ограничений: новая управленческая парадигма

Егор Гусаков

## 57 Механизм развития кооперации и интеграции

### В мире науки

Мария Дубровская

## 61 Аллергия на рутину

Валерий Архипенко,  
Евгений Гусаков,  
Леонид Симончик

## 63 Параметрические распадные неустойчивости в неоднородной плазме

Александр Поплавский

## 68 Темная сторона Вселенной



## Contents

Valery Gurevich, Inna Primakova

### 5 Integration of energy management into organization administration

The article deals with the standard ISO 50001 that sets conditions how to create, introduce, support and improve the system of energy management.

Olga Kiyeliak

### 8 Secrets of energy saving

The head of the Energy Efficiency Department Sergei Semashko is interviewed about the amount of energy consumption in the prime cost of domestic goods, investments projects in the field of renewable energy sources, new technologies and equipment.

Tatyana Zorina

### 11 Distributed power generation

The analysis conducted by the author makes it possible to determine constraints and opportunities concerning the implementation of distributed power generation concept in Belarus and identify primary local fuel types for electric power generation.

Zhanna Komarova

### 18 Constructors of comfortable life

The paper is dedicated to energy saving house building in Belarus.

Alexander Mazanik, Nikolai Malashchenok,  
Evgeny Streltsov

### 21 Data for creation of solar cells of the third generation

In the article the authors prove high information content of Raman scattering spectroscopy for the research of semiconducting nanoparticles in photosensitive structures.

Anna Senko

### 26 Investment factors in innovations

The article deals with investment factors in innovations.

Svetlana Bogan

### 29 Investments into high technology sectors

The author of the article analyses the peculiarities of investments into high technology sectors of economy.

Irina Paramonova, Maxim Voyteshonok

### 33 A piece of information in the system of factors of innovative sensitivity of economic entities

The article deals with the necessity to create an information system that makes it possible to organize finding information and unite scientific organizations for promotion of high tech products.

Irina Prilutskaya

### 36 Problems of assessment of the effectiveness of innovative infrastructure functioning

The paper studies the theoretical basis for the development of innovative infrastructure and problems of the assessment of its effectiveness. The study analyses three science parks in Ukraine, Belarus and the UK using Topsis and linear profiles methods. The paper presents recommendations on the improvement of the innovative infrastructure in Ukraine.

Dmitry Beresnev, Nina Abramchuk

### 41 Effectiveness of the commodity structure of foreign trade of Belarus

The article presents the analysis of the effectiveness of the commodity structure of foreign trade of the Republic of Belarus for the period 2005-2012 using the method that includes the approaches based on the evaluation of changes of the structure and stability of export and import.

Sergei Maksimov

### 46 Network centric approach in education

The paper deals with the new tendencies in education as a result of using «future» information technologies taking into account man's peculiarities as a biological and social type.

Irina Emelyanovich

### 50 Space for big ideas

The deputy director of the Center for Promotion of Development of Youth Innovations and Technology Entrepreneurship of St. Petersburg National Research University ITMO Mikhail Kudinov is interviewed about how to convert an idea into successful start-up and help students to set up their own business.

Victor Yashin, Alexander Semenov

### 53 Theory of constraints: a new management paradigm

The paper deals with a new tool of management – theory of constraints that orients enterprises towards identifying “narrow places” in the system of management and production.

Egor Gusakov

### 57 Mechanism of the development of cooperation and integration

The classification and technique of the integrated definition of factor groups and the assessment of their influence on economic efficiency of cooperative and integrative associations are presented.

Maria Dubrovskaya

### 61 Allergy to routine

The paper presents the information about a young researcher, master of Physical and Mathematical Sciences, Sergei Kashevsky who works at A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus and studies the effect of local low frequency hyperthermy for treatment of cancer.

Valery Arkhipenko, Evgeny Gusakov, Leonid Simonchik

### 63 Physics of parametric decay instability in heterogeneous plasma: development of the method of diagnosis and control

The authors of the article describe the reactions of thermonuclear fusion as a perspective resource for alternative sources of energy. This new method was first used by the Belarusian and Russian researchers, unique checking circuits were developed.

Alexander Poplavsky

### 68 Dark side of the Universe

In the paper the author analyses controversial ideas and researches of the scientists and gives the examples of astrophysical and cosmologic proofs of the presence of dark matter in the Universe. Discussed are the advantages of supersymmetry, a popular theory trying to explain the nature and composition of dark matter.



## Единый порядок управления авторскими и смежными правами

Бразильская экономическая комиссия разработала проект Соглашения о едином порядке управления авторскими и смежными правами на коллективной основе. В нем устанавливается общий для государств — членов Таможенного союза и Единого экономического пространства порядок управления упомянутыми правами, когда их осуществление в индивидуальном порядке правообладателями затруднено или когда законодательством этих стран допускается использование объектов этих прав без согласия обладателей, но с выплатой вознаграждения. Речь идет о получении финансовых средств авторами, исполнителями, производителями фонограмм и аудиовизуальных произведений за использование ОИС в личных целях. Кроме того, документ определяет единые принципы создания баз данных, содержащих информацию об охраняемых объектах авторских и смежных прав, и порядок организации информационного обмена.

Согласно проекту установлены контрольные полномочия государственного органа стороны в отношении организации по коллективному управлению имущественными правами авторов на территории государств — участников соглашения. В частности, она не имеет права использовать объекты авторского права или смежных прав, имущественные права на которые переданы ей в управление. Правообладатели могут самостоятельно выбирать организацию по коллективному управлению на территории государств — членов ТС и ЕЭП, а также отказываться от ее услуг. Последняя может от имени правообладателей и от своего имени предъявлять требования в суде, а также совершать иные юридические действия для защиты нарушенных прав.

В проекте соглашения предлагается унифицировать ставки авторского вознаграждения, порядок сбора и распределения средств за отдельные виды использования произведений; перечень импортируемого оборудования и материальных носителей для свободного воспроизведения в личных целях; требования к формированию реестров, содержащих сведения о правообладателях, объектах авторских и (или) смежных прав и правомочиях.

Впервые предусматривается введение публичной отчетности и обязательного аудита для организаций по управлению авторскими и смежными правами на коллективной основе, в том числе проверка механизма сбора, распределения и выплаты вознаграждения.

## Электронная база патентов

Республиканская научно-техническая библиотека заканчивает работу по созданию общедоступной электронной базы патентов. Этот ресурс поможет оптимизировать и упростить поиск информации о зарегистрированных и официально оформленных международных патентах и изобретениях. Получить сведения о них смогут все читатели РНТБ. Пользоваться базой данных будет легко, для поискового запроса нужно ввести всего несколько слов.

За первое полугодие нынешнего года библиотека обслужила около 135 тыс. читателей и более 1,2 тыс. предприятий и организаций из всех регионов республики. Выдано около 2,6 млн документов. По состоянию на первое полугодие совокупный фонд РНТБ и ее филиалов пополнился на 433 тыс. экземпляров, его объем составил почти 52 млн экземпляров.

## Трансгенный рапс

Трансгенный рапс, содержащий ген куриного интерферона, вывели ученые БГУ и НАН Беларуси. Получены растения, накапливающие белок, на основе которого можно изготовить эффективное средство для повышения иммунитета кур. Распространив его среди птиц аэрозольным путем, можно повысить устойчивость их организма к различным заболеваниям. Сегодня перед разработчиками стоит задача увеличить объем полученного белка и перейти к коммерческому освоению технологии. Это значительный вклад ученых в реализацию заданий Государственной программы «Инновационные биотехнологии» на 2010–2012 гг. и на период до 2015 г., в частности подпрограммы «Малотоннажная биотехнология», согласно которой запланировано разработать новые рациональные подходы к направленному синтезу на основе генно-инженерных штаммов микроорганизмов, методы и средства экспресс-диагностики, создать производства субстанций и конечных продуктов на их основе, изучить направления применения биологически важных соединений для нужд сельского хозяйства. Всего в программу включено более 30 новых мероприятий.

В текущем году намечено открытие четырех предприятий по выпуску препаратов из плазмы крови, получению бактериальных концентратов для молочной промышленности, по производству клеточных продуктов (стволовых клеток) и лечения с их помощью заболеваний человека, а также по глубокой переработке растительного сырья с получением высококачественных белковых продуктов.

## Премия международного электрохимического общества

Премия международного электрохимического общества за исследования в области электрокатализа и новых методов характеристики электрохимических границ раздела фаз присуждена молодому белорусскому ученому — выпускнику химического факультета Белорусского государственного университета Александру Бондаренко. Это подтверждает высокий уровень подготовки студентов в БГУ и признание наших выпускников на международной арене.

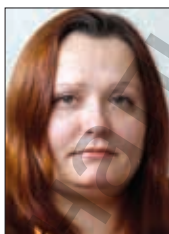
Первую международную премию — от издательства Elsevier за лучшую публикацию в журнале международного электрохимического общества *Electrochimica Acta* — Александр получил в 2006 г. Сейчас он работает руководителем группы молодых исследователей в Рурском университете (Германия).

# Интеграция энергоменеджмента в практику управления организацией

Сбережение энергии, недостаток которой способен ощутимо повлиять на экономику и жизнедеятельность общества, нужно рассматривать как наиболее важную задачу в мировом масштабе. В поиске решения проблем, связанных с энергосбережением и повышением энергоэффективности, активно участвуют международные, национальные и региональные организации по стандартизации. В июне 2011 г. Международной организацией по стандартизации был принят стандарт на энергоменеджмент ISO 50001:2011, призванный помочь предприятиям интегрировать энергоэффективность в повседневную управленческую практику.



**Валерий Гуревич,**  
первый заместитель  
Председателя  
Госстандарта  
Республики Беларусь



**Инна Примакова,**  
начальник отдела  
сертификации систем  
менеджмента  
Белорусского  
государственного  
института  
стандартизации и  
сертификации

Значительный потенциал для экономии энергии, повышения конкурентоспособности и защиты окружающей среды сосредоточен не только во внедрении энергосберегающих технологий, но и в совершенствовании методов и способов управления. За последнее десятилетие во многих странах (Дании, Ирландии, Швеции, США, Испании, Франции, Австралии, Китае, Южной Корее и др.) разработаны и довольно успешно применяются национальные стандарты в области энергоменеджмента. Опыт показал, что предлагаемые подходы эффективны и позволяют добиться экономии энергоресурсов. В ЕС в 2009 г. был принят стандарт EN 16001:2009 «Системы управления энергосбережением. Требования и руководство по применению».

На основе анализа накопленного передового мирового и

отечественного опыта в области энергоменеджмента в нашей стране разработан и действует с 1 сентября 2009 г. СТБ 1777-2009 с аналогичным названием.

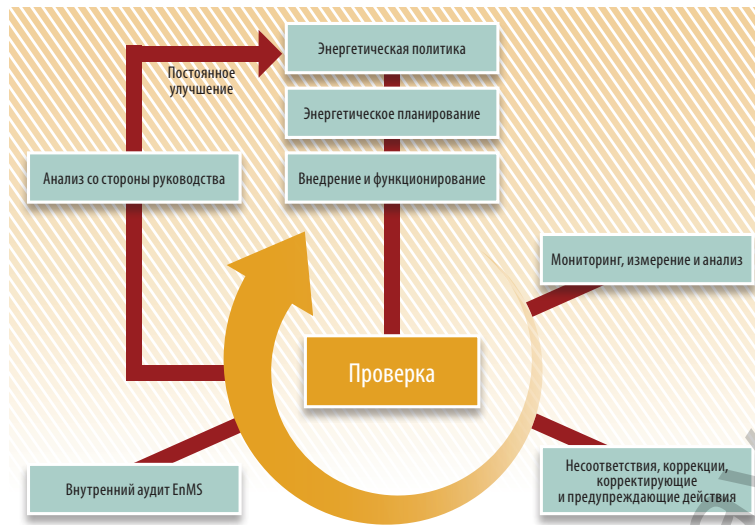
Поскольку национальные стандарты активно развивались, было необходимо гармонизовать правила и нормы на международном уровне. С этой целью в структуре Международной организации по стандартизации в 2008 г. был создан технический комитет ИСО/ТК 242 «Энергоменеджмент», который подготовил ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению».

Сейчас разрабатывается пять новых развивающих положений ISO 50001 международных стандартов, устанавливающих требования к компетенциям и оценке соответствия систем энергоменеджмента, показателям энергоэффективности, энергоаудитам, измерениям и верификации в этой области, а также руководство по внедрению, поддержанию и улучшению систем энергоменеджмента.

## Стандарт ISO 50001

Данный стандарт выдвигает условия к тому, как создавать, внедрять, поддерживать и улучшать систему энергетического менеджмента, которая позволяет организации непрерывно наращивать энергетическую результативность. При этом стандарт не содержит абсолютных требований, выходящих

Рис. 1. Модель системы энергетического менеджмента, соответствующая требованиям ISO 50001



за рамки энергетической политики предприятия и его обязательств по выполнению соответствующих законодательных и других норм. Следует отметить, что правила ISO 50001 применимы для организаций всех видов и размеров, которые желают подтвердить выполнение энергоэффективных мероприятий и продемонстрировать это партнерам и общественности.

При описании требований упомянутого стандарта использована известная концепция постоянного совершенствования «PDCA» («планируй – делай – проверяй – улучшай»), которая лежит в основе

других стандартов на системы менеджмента (ISO 9001, ISO 14001 и др.). Это позволяет говорить о высоком уровне совместимости системы энергоменеджмента с другими системами, благодаря чему возможна их интеграция.

Модель энергетического менеджмента, соответствующая требованиям ISO 50001, представлена на рис. 1. В соответствии со стандартом организация должна, во-первых, создать, задокументировать, внедрить, поддерживать и улучшать систему энергоменеджмента; во-вторых, выделить и задокументировать область

действия и границы своей системы; в-третьих, определить, каким образом будет обеспечен непрерывный рост энергетической результативности.

В ISO 50001 установлены правила использования и потребления энергии, в том числе энергетического планирования, мониторинга и измерений, ведения документации и отчетности, подходов при проектировании, приобретении энергетических услуг, продукции, оборудования и энергии, а также применимые к персоналу, отвечающему за энергетическую результативность (рис. 2).

Огромное значение для успешного внедрения систем энергоменеджмента, как и для введения любой системы управления, имеет заинтересованность высшего руководства организации.

Большинство требований ISO 50001 относятся к энергетической результативности (рис. 3).

Согласно стандарту, предприятию необходимо осуществить и документально оформить процесс энергетического планирования. При этом последнее должно согласовываться с энергетической политикой и включать мероприятия, которые постоянно улучшают энергетическую результативность.

Основными этапами планирования являются:

- сбор и анализ данных для планирования;
- определение наиболее энергоемких видов деятельности организации;
- выделение факторов, влияющих на энергопотребление;
- установление показателей повышения энергетической результативности;
- выявление возможностей для улучшения;
- разработка планов действий в области энергоменеджмента.

Одно из важнейших условий результативного функционирования системы энергоменеджмента – осведомленность и вовлеченность персонала всех уровней, а не только службы главного энергетика. Каждый сотрудник должен понимать свою роль, ответственность

Рис. 2. Структура требований ISO 50001 (раздел 4)





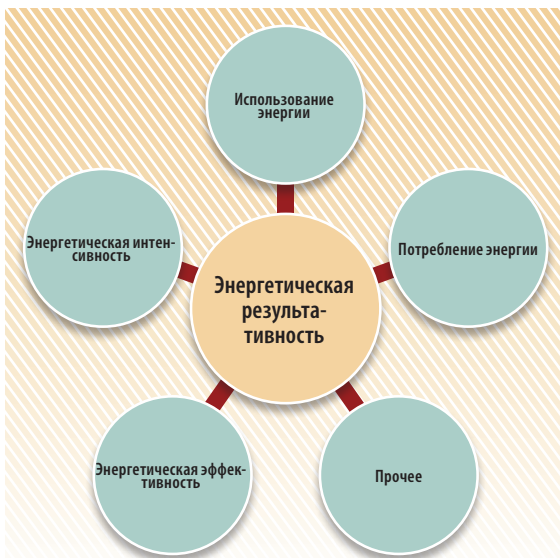


Рис. 3. Концепция энергетической результативности

и полномочия, а также пройти специальную подготовку. При этом персонал должен осознавать, что внедрение и поддержание системы энергоменеджмента – это не временный проект, а постоянный, ежедневный процесс.

Следует отметить, что требования к энергосбережению на этапах проектирования и закупок включены в стандарт ISO 50001 отдельными пунктами. В соответствии с ними организация должна осуществлять энергоэффективное проектирование, то есть рассматривать возможности для улучшения энергетической результативности и управления операциями при проектировании новых, модифицированных, модернизированных устройств, оборудования, систем и процессов, которые могут значительно влиять на ее энергетическую результативность. Также необходимо проинформировать поставщиков, что закупки частично оцениваются с точки зрения энергетической результативности. Кроме того, предприятию нужно утвердить и начать применять критерии оценки потребления энергии, а также энергетической эффективности на планируемый или ожидаемый эксплуатационный срок службы при приобретении продукции, оборудования и услуг, использующих энергию,

в отношении которых ожидается значительное влияние на энергетическую результативность организации.

#### Внедрение систем энергоменеджмента в Беларуси

Ожидается, что благодаря введению ISO 50001 сократятся выбросы парниковых газов и другое вредное воздействие на окружающую среду (из-за систематического управления энергией), эффективнее будут использоваться энергоемкие активы, снизятся затраты на энергоресурсы, энергетическая результативность организаций будет непрерывно улучшаться, при существующем техническом уровне организации ресурсы будут использоваться максимально эффективно, будет демонстрироваться социальная ответственность, повысится конкурентоспособность организаций и будет обеспечена непрерывность и устойчивость бизнеса.

Эти преимущества – важный стимул для внедрения на белорусских предприятиях систем энергоменеджмента. Во многом результативность функционирования последних зависит от баланса трех составляющих (рис. 4).

В нашей республике завершается разработка государственного стандарта СТБ ISO 50001. Это предусмотрено Программой



Рис. 4. Успешное внедрение и результативное функционирование системы энергоменеджмента зависит от баланса трех составляющих

развития системы технического нормирования, стандартизации и подтверждения соответствия в области энергосбережения на 2011–2015 гг.

Отдельные белорусские организации проявляют интерес к новейшим тенденциям – применяют элементы ISO 50001 в рамках корпоративных систем менеджмента.

Орган по сертификации систем управления БелГИСС готовится к расширению своей области аккредитации. Специалисты института отслеживают международные и европейские тенденции развития энергоменеджмента, изучают новые требования и готовы содействовать предприятиям республики во введении и сертификации систем энергетического менеджмента в соответствии с установленными стандартом ISO 50001 нормами. ■

#### Литература

1. Хохлявин С.А. Особенности стандарта ISO 50001 на энергоменеджмент // Мир стандартов. 2011, №6. С. 28–35.
2. Хохлявин С.А. Система энергоменеджмента: от стандартов национальных к стандартам ISO // Мир стандартов. 2007, №10. С. 59–64.
3. Хохлявин С.А. Стандарты в области энергоменеджмента: США, Европа, Корея и другие страны // Энергоаудит. 2009, №2. С. 34–39.
4. Гуревич В.Л., Примакова И.Н. ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» – международный подход к энергоменеджменту // Энергетическая стратегия. 2012, №1. С. 55–57.

# Секреты энергосбережения

В последние годы развитые страны все чаще обращаются к проблеме энергосбережения и открывают все новые пути ее решения. Появляются энергосберегающие лампочки, стеклопакеты, строятся энергоэффективные здания. Используются не только природный газ и нефть, но и вода, ветер, солнечная энергия и даже биологические отходы. На наши вопросы о политике энергосбережения в Беларуси отвечает заместитель Председателя Госстандарта – директор Департамента по энергоэффективности Сергей СЕМАШКО.



**— Беларусь разрабатывает собственный закон об энергосбережении. Он сильно будет отличаться от аналогичных правовых актов других стран?**

— В свое время наша страна одной из первых на постсоветском пространстве, в 1998 г., приняла Закон «Об энергосбережении». Он сыграл положительную роль в деле экономии топливно-энергетических ресурсов, однако назрела необходимость его корректировки. Госстандартом совместно с заинтересованными лицами подготовлен проект нового одноименного Закона, направленного на создание эффективной законодательной основы для дальнейшего снижения энергоемкости национальной экономики и увеличения ее конкурентоспособности. Согласно нормам документа, государственное регулирование в сфере энергосбережения будет основываться на принципах эффективного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов, приоритетности внедрения энергоэффективных технологий, энергосберегающего оборудования и материалов, научно-технической обоснованности реализуемых мероприятий, стимулирования достижения положительных результатов.

Чтобы разработать законопроект, мы провели обзор законодательства в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности ряда государств, который показал, что в этой области далеко продвинулись Германия, Австрия, Словакия и другие европейские страны. Из государств СНГ, на наш взгляд, только на Украине законодательство выстроено комплексно и конкретно. Более всего адаптирован к постсоветским условиям Закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» Российской Федерации. Положения последнего учтены при разработке законопроекта, но в большей степени использован значительный собственный опыт применения действующего Закона «Об энергосбережении» и других нормативных правовых актов, а также реализации мероприятий в данной области.

20 декабря 2012 г. состоялось заседание Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь пятого созыва, в ходе которого в первом чтении был принят новый проект Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении». Теперь его готовят к рассмотрению и принятию во втором чтении.

**— Предусмотрены ли льготы конечному потребителю, использующему более дорогую энергоэффективную продукцию, а также налоговые преференции ее производителям, как это практикуется в Европе и Америке?**

— Главный стимул приобретения такой продукции – более низкое удельное энергопотребление, дополнительных льгот не предусматривается. Однако при производстве такой продукции можно снизить энергетические затраты за счет реализации энергоэффективных мероприятий. Можно использовать государственную поддержку в виде возмещения части процентов по кредитам, бюджетных займов, финансовой помощи, налоговых льгот и др. Кроме того, действует система стимулирования и преференций при осуществлении инвестиционных проектов, направленных на создание объектов, работающих на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

**— Известно, что в ЕС и США налажена четкая координация различных мероприятий по энерго-**

**сбережению, причем не только между странами, но и между отраслями промышленности. А что делается у нас в этом плане?**

– В Беларуси выстроена слаженная система энергосбережения и увеличения использования местных видов топлива, в том числе ВИЭ, а также оценки результатов этой работы.

Основана эта система на проведении обязательных и добровольных энергетических обследований, установлении ежегодных показателей в сфере энергосбережения, нормировании расхода топливно-энергетических ресурсов, разработке и реализации государственных, отраслевых, региональных и других программ в сфере энергосбережения. Одно из ключевых мест в этой системе занимают вопросы технического нормирования, стандартизации, оценки соответствия, а также проведение государственной экспертизы энергетической эффективности. И, конечно же, важнейшая составляющая системы – стимулирование эффективного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов и надзор.

Департамент по энергоэффективности на основании данных государственной статистической отчетности, в том числе формы 4-Энергосбережение, оценивает работу и ежемесячно информирует Правительство.

Годовые задания по увеличению использования местных видов топлива и вторичных энергоресурсов определяются Республиканской программой энергосбережения на 2011–2015 гг. Чтобы их выполнить, внедряются энергоэффективные технологии и оборудование, проводятся энергосберегающие мероприятия в рамках ежегодных отраслевых и региональных программ.

**– Энергорасточительство – проблема многих стран, особенно бывшего СССР. Желаемого уменьшения расхода энергии можно достичь только методом принуждения к экономии или есть механизмы, позволяющие запустить этот процесс быстрее и эффективнее?**

– Бережного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов можно достичь не только методом принуждения. Можно и нужно повышать образованность, информированность населения в вопросах экономии ресурсов, пропагандировать наиболее интересные, эффективные методы и технологии, а также материально и морально поощрять людей за достигнутые результаты. А наиболее эффективным механизмом я считаю разумное сочетание всех этих методов.

**– Сергей Александрович, какова доля энергозатрат в себестоимости отечественной продукции? Какие меры необходимо принять, чтобы уменьшить их, и насколько это возможно?**

– Этот показатель значительно разнится. В отдельных отраслях экономики (строительство, обработка древесины, машиностроение, нефтепере-

работка), где имеются энергоемкие производства, удельный вес затрат на топливно-энергетические ресурсы при производстве продукции достигает 15–17%, а в целом по республике в I квартале 2013 г. – 13,9% (в соответствующий период прошлого года – 15,3%).

Наиболее действенная мера снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции – переоснащение и модернизация энергоемких производств, проведение мероприятий, направленных на сбережение энергии и замещение импортируемых видов топлива местными ресурсами. Для этого реализуются в том числе Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 гг., Программа технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2010–2015 гг., Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг., Государственная программа развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 г., инвестиционные проекты, направленные на развитие цементной, деревообрабатывающей промышленности. Кроме того, введен показатель по снижению уровня затрат на производство продукции, работ, услуг, который Министерство экономики ежегодно доводит министерствам и ведомствам.

**– Будет ли увеличиваться число объектов малой энергетики? Как они будут работать: автономно или в единой системе? В какой мере эти проекты окупаются?**

– В нашей стране функционируют 12 мини-ТЭЦ, которые используют растительную биомассу, суммарной электрической мощностью около 23,8 МВт. В 2010–2015 гг. ее планируется увеличить до 32,65 МВт за счет введения в эксплуатацию 160 энергоисточников, работающих на местных видах топлива. Замещение импортируемых топливно-энергетических ресурсов составит более 456,8 тыс. т.т.

В Беларуси действуют 10 биогазовых комплексов общей электрической мощностью около 15 МВт. Крупнейший (4,8 МВт) находится в СПК «Рассвет» им. К.П. Орловского в Могилевской области. К 2015 г. должны быть открыты 38 биогазовых установок на 37,9 МВт с годовой выработкой электроэнергии около 340 млн кВт·ч, что эквивалентно 145 тыс. т.т. ввозимого топлива.

В республике работают 49 гидроэлектростанций общей установленной мощностью около 33,4 МВт (самая крупная Гродненская – 17 МВт). В 2011–2015 гг. планируется построить и восстановить 33 ГЭС суммарной мощностью 102,1 МВт, в том числе четыре крупные (99 МВт): две на Западной Двине – «Полоцкая» и «Витебская», и две на Немане – «Гродненская» и «Немновская». Суммарная годовая выработка электроэнергии составит около 463 млн кВт·ч, импортозамещение – около 120 тыс. т.т.

Национальной программой развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 гг.



предусматривается строительство объектов, работающих на древесном топливе, ветроэнергетических установок мощностью 440–460 МВт. Также мы планируем внедрить 126 тепловых насосов для использования низкопотенциальных вторичных энергоресурсов и геотермальной энергии мощностью 8,9 МВт, 172 гелиоустановки для нагрева воды и другое оборудование. Это позволит сэкономить в 2015 г. до 2,4 млрд кубометров природного газа, или 2,09 млн т.т.

По предварительной оценке, в результате реализации указанных программ доля ВИЭ в структуре котельно-печного топлива республики к 2015 г. может удвоиться.

Согласно Закону Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», производитель имеет право подключить такой источник к государственному электрическому сетям и продавать выработанную электроэнергию по повышающим и стимулирующим тарифам. Таким образом, объекты малой энергетики могут работать как автономно, так и в единой системе.

Замечу, что экономическая целесообразность их введения, в том числе срок окупаемости, определяется на основании соответствующих технико-экономических расчетов. В настоящее время он равен примерно 10 годам с момента ввода такого объекта в эксплуатацию.

#### **– Какие инвестиционные проекты в области возобновляемых источников энергии осуществляются в Беларуси?**

– Активно реализуются инвестиционные проекты с использованием ВИЭ. Так, Швейцарская компания TelDaFax построила 3 биогазовых установки: на полигоне твердых бытовых отходов «Тростенец» в Минске, в Несвижском районе в СПК «Агрокомбинат Снов» и в СПК «Лань-Несвиж» электрической мощностью 2, 2 и 1,4 МВт соответственно. Совсем недавно открылась первая очередь установки на полигоне «Северный» в Минске. Шведское предприятие VireoEnergy АВ намеревается построить биогазовые установки в Гомеле и Витебске и мини-ТЭЦ на местных видах топлива в Калинковичах электрической мощностью 0,7, 1 и 3,7 МВт соответственно.

Ирландская компания Pure Energy Intelligence Limited собирает средства в строительство солнечных электростанций. Солнечные парки будут возведены на площади более 110 га в Брагинском и Ельском районах Гомельской области. После выхода на промышленные режимы мощность таких электростанций составит около 30 МВт.

В то же время Правительство Республики Беларусь реализует программы в сфере ВИЭ: Национальную программу развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 гг.; Государственную программу строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 гг.; Программу строительства энергоисточников, работающих на биогазе, на 2010–2015 гг.

Выполнение этих программ позволит ввести в эксплуатацию 162 объекта, работающих на местных видах топлива, общей тепловой мощностью 1063 МВт, 38 биогазовых установок (37,9 МВт), 126 тепловых насосов для использования низкопотенциальных вторичных энергоресурсов (8,9 МВт), 172 гелиоустановки.

#### **– Какие новые технологии и оборудование применяются для снижения расхода топлива, уменьшения потерь в тепловых сетях, модернизации энергоисточников?**

– Считаю, что уже сегодня необходимо создавать предпосылки для наращивания производства без значительного роста потребления топливно-энергетических ресурсов, ведь экономика республики становится мощнее в первую очередь за счет реализации высокоэффективных мероприятий.

Среди них развитие современной энергетики на предприятиях, например реконструкция котельных и перевод их в мини-ТЭЦ, внедрение когенерационного оборудования, замена изношенного, производство продукции по новым, энергоэффективным технологиям.

Для снижения доли энергоресурсов в себестоимости продукции вторичное сырье используют в технологических процессах и для производства энергии, прежде всего в организациях нефтехимической отрасли.

Чтобы вырабатывалось больше электроэнергии, оптимизируются схемы теплоснабжения и передача тепловых нагрузок от ведомственных котельных на ТЭЦ ГПО «Белэнерго». В сельской местности теплоснабжение децентрализуют: ликвидируют длинные теплотрассы и устанавливают локальные источники, что позволяет исключить потери энергии в теплосетях, а раньше они иногда даже превышали объем потребления тепла конечным потребителем. Повсеместно используются предварительно изолированные трубы.

Наконец, внедряются регулируемые электроприводы на механизмах с переменной нагрузкой, которые позволяют сократить потребление электроэнергии на 25–40% и, следовательно, снизить ее выработку на конденсационных электростанциях. В результате потребители платят вдвое меньше.

Безусловно, ввести новые энергоэффективные технологии сложно, и окупаются они нескоро, но зато обеспечивают качество, надежность, конкурентоспособность в будущем. Скажу больше – современное предприятие в любой отрасли народного хозяйства может нарастить выпуск конкурентоспособной продукции, только если выйдет на новый уровень энергосбережения за счет внедрения высокоэффективных технологий. ■

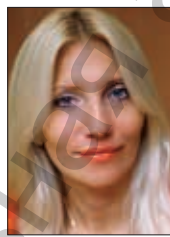
# Распределенное производство энергии



В имеющихся условиях значительных колебаний цен на энергоносители, повышения обеспокоенности относительно возможного истощения ископаемых ресурсов и осознания проблемы выбросов парниковых газов международное сообщество рассматривает повышение эффективности использования энергии как основную задачу на ближайшие годы.

Согласно оценкам, представленным в 2008 г. в документе Европейской Комиссии, в 2007–2020 гг. ЕС может сэкономить до 20% от общего объема потребляемой энергии. Ее основную часть промышленно развитые страны производят централизованно, на больших электростанциях, таких как угольные, атомные, гидроэлектростанции и те, которые работают на природном газе. Современные крупные электростанции имеют довольно высокие показатели, но вынуждены передавать энергию конечным потребителям на больших расстояниях.

Электроэнергетика – наиболее стабильно работающий комплекс белорусской экономики. Общая установленная электрическая мощность энергосистемы



**Татьяна Зорина,**  
доцент кафедры логистики и ценовой политики Белорусского государственного экономического университета, кандидат экономических наук, доцент

составляет около 8247 МВт, из которых 42,7% приходится на крупные конденсационные тепловые электростанции, 53,2% – на большие теплоэлектроцентрали (комбинированное производство электрической и тепловой энергии), а остальные – на малые тепловые и гидравлические электростанции. В энергосистему также входят 35 малых ГЭС и блок-станции промышленных предприятий общей установленной мощностью 14,99 и 336,6 МВт соответственно.

По мнению ведущих специалистов в области мировой энергетики, наиболее серьезный недостаток последней – огромные потери полезной энергии при доставке ее от производителей конечным потребителям (в развитых странах – от 60 до 70% даже при применении последних достижений науки и техники). Кроме того, при возведении крупных электростанций учитываются множество экономических, экологических, географических и геологических факторов, а также требования безопасности и защиты окружающей среды. Природоохранные ограничения, высокая стоимость земли и воды, значительные капитальные затраты, государственное регулирование и различные другие препятствия создают трудности во всем мире для энергокомпаний, имеющих

планы строительства новых мощных электростанций. Сейчас все большую привлекательность приобретает идея создания и объединения под единым управлением тысячи микрогенераторов, расположенных в жилом секторе, больницах, маленьких мастерских или небольших офисах.

В связи с этим одно из перспективных направлений развития мировой энергетики – создание инфраструктуры распределенного производства энергии. Концепция распределенных энергетических ресурсов подразумевает наличие множества потребителей, которые производят тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, а излишки направляют в общую сеть. Благодаря такой схеме сокращаются потери электроэнергии при транспортировке, потому что генераторы максимально приближены к потребителям – вплоть до их расположения в одном здании, а также уменьшаются количество и протяженность линий электропередачи (хотя бы потому, что не нужно будет строить новые).

Распределенное производство энергии характеризуется малыми затратами на обслуживание, низким загрязнением окружающей среды и высокой эффективностью. В рамках этой концепции в качестве генерато-



ров энергии выступают когенерационные установки малой и средней мощности, которые позволяют добиться высокой эффективности использования топлива (до 95% потенциальной энергии). Концепция распределенного производства энергии получила широкое распространение в мировой практике на протяжении последних десятилетий. В результате были выявлены следующие преимущества ее применения.

**Снижение затрат на электроэнергию.** Данное преимущество может проиллюстрировать опыт Калифорнии, США. В 2007 г. Комиссия по вопросам коммунального обслуживания штата начала реализовывать проект «Солнечная Калифорния» («California Solar Initiative») стоимостью 2367 млн долл. на 2007–2016 гг. Основными целями проекта стали внедрение установок, генерирующих электроэнергию из энергии солнечного излучения, общей мощностью 2 ГВт и развитие устойчивой и самокупаемой солнечной энергетики в регионе.

В результате Калифорния в 2011 г. стала первым штатом, в котором общая мощность таких установок составила более 1 ГВт. В ходе осуществления проекта наметились следующие тенденции. Во-первых, увеличивается число потребителей «солнечной» электроэнергии среди населения с низким и средним уровнем дохода. Во-вторых, снижается размер месячных расходов домашних хозяйств на электроэнергию

(на 4,7% за счет перехода на использование энергии солнечного излучения). В-третьих, снижаются затраты на такие установки (на 28% по сравнению с 2007 г.) [2].

**Регулирование пиковой нагрузки в энергосистеме.** В данной области наибольших успехов достигла Франция, где около 80% электроэнергии генерируется на АЭС. Поэтому вопрос о дополнительных энерго мощностях, покрывающих пиковые нагрузки, в этой стране особенно актуален.

В 2010 г. Франция приняла закон о реформировании структуры рынка электроэнергии и тарифов. Министерство энергетики разработало механизм наращивания установленных мощностей для сбалансированной работы энергосистемы, который будет реализован к 2015 г. Он обязывает производителей электроэнергии иметь сертификацию с учетом прогнозируемых пиковых нагрузок.

В рамках реализации данного закона во Франции реформируется структура энергорынка. При этом значительное внимание уделяется развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ, в 2011 г. из них получили 13,1% от общей выработки энергии), в особенности биогазовых установок и ГЭС, а также энергии ветра и солнечного излучения, геотермальной и морской энергии и др. [6].

В то же время Испания, в которой доля электроэнергии, полученной из возобновляемых источников, в 2011 г. составила 26%, пытается сбалансировать ее

производство из разных видов сырьевых источников. Согласно постановлению правительства Испании, такая электроэнергия будет использоваться для обеспечения потребностей локальных потребителей, однако подключение их к общей сети будет осуществляться для покрытия пиковых нагрузок в системе [4].

**Источники выработки электроэнергии максимально приближаются к узлам потребления, что позволяет снизить потери электроэнергии при транспортировке.** Несмотря на то, что Индия занимает пятое место в мире по энерго мощностям после США, Китая, Японии, России, по развитию энергосистемы она значительно уступает названным странам. 289 млн человек (примерно 25% населения) не имеют доступа к электричеству. В сельских районах потребность в электроэнергии удовлетворяется лишь на 67%.

Принимая во внимание экономическую целесообразность и экологические факторы, Министерство энергетики Индии в качестве приоритетного направления развития отрасли определило переход на децентрализованную модель энергосистемы, которая включает использование возобновляемых источников, таких как солнце, ветер, недра земли, гидроресурсы, биомасса, биогаз, водородные топливные элементы. Реализовывает данное направление Министерство новой и возобновляемой энергии – единственное в мире министерство,





занимающееся вопросами нетрадиционных источников энергии. Его цель – увеличить долю электроэнергии, получаемой из ВИЭ, с 8% в 2012 г. до 15% к 2020 г. и улучшить электроснабжение регионов. Для этого Институтом энергии и ресурсов разработана модель Smart Mini-Grid, которая предполагает комбинирование следующих видов ресурсов: ветроэнергетические установки (ВЭУ) (3,3 кВт/пик), фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения (фотовольтаики) (1 кВт/пик, 12,5 кВт), электростанции, работающие на биомассе (100 кВт). Распространение Smart Mini-Grid позволит производить электроэнергию в местах потребления и обеспечит ею сотни сельских населенных пунктов.

Технология Mini-Grid успешно применяется при установке мини-ГЭС мощностью от 2 до 10 МВт на малых реках (появилась возможность контролировать наводнения, создать оросительную систему и электрифицировать горные районы Индии) [6].

**Укрепление энергетической безопасности страны за счет снижения импортных поставок энергоресурсов.** Многие государства ищут пути повышения доли использования собственных энергоресурсов. Так, Гватемала, импортирующая 100% ископаемого топлива для производства электроэнергии, ведет политику по увеличению доли ВИЭ. В 2007 г. 46,1% электроэнергии было выработано из мазута,

полученного из импортируемой нефти, 27,6% – из гидроресурсов, 13,2% – из ввезенного угля, 2,9% – за счет геотермальной энергии. Ежегодное увеличение мировых цен на нефть свидетельствует о неуклонном росте затрат на производство электроэнергии в Гватемале, что ведет к повышению тарифов.

Поскольку в сентябре 2008 г. Национальной комиссией по электроэнергии был одобрен «Технический стандарт по распределенной возобновляемой энергии», десять ГЭС общей установленной мощностью 12 МВт получили доступ к распределительным сетям. В 2008–2012 гг. Ассоциация производителей кофе Гватемалы, чтобы обеспечить собственную выработку электроэнергии, ввела в эксплуатацию ГЭС общей мощностью 500 МВт. Это позволило значительно изменить структуру производства электроэнергии: в 2012 г. 4,3% было получено из мазута, 47,5% – из гидроресурсов, 46,1% – из ввезенного угля, 2,1% – за счет геотермальной энергии. В итоге доля местных возобновляемых источников увеличилась на 19,1% (с 30,5 в 2007 г. до 49,6 в 2012 г.).

Согласно Плану развития альтернативной энергетики Гватемалы, в 2022 г. производство электроэнергии составит 17 772 ГВт·ч. При этом его структура планируется следующим образом: 0,6% электроэнергии – из мазута, полученного из импортируемой нефти, 58,0% – из гидро-

ресурсов, 37,2% – из ввезенного угля и натурального газа, 4,2% – за счет геотермальной энергии. Следовательно, 62,2% электроэнергии будет произведено из местных ВИЭ, что позволит значительно сократить зависимость от импортируемых ресурсов и укрепить энергетическую безопасность страны [6].

**Снижение негативного воздействия на окружающую среду.** Некоторые развитые европейские страны (Бельгия, Австрия, Нидерланды, Испания, Италия) превышают установленные Киотским протоколом в 1997 г. лимиты выбросов [4]. Чтобы уменьшить загрязнение окружающей среды, они в том числе развивают альтернативную энергетику, что позволяет снизить уровень выбросов по сравнению с традиционными технологиями, работающими на ископаемом топливе. Тем не менее, экологические проблемы в энергетической отрасли не ограничиваются рамками Киотского протокола и касаются не только стран, которые его нарушают.

Существующая энергосистема Намибии обеспечивает электроэнергией около 30% сельского и 90% городского населения. Почти 80% сельских жителей используют лесные ресурсы в качестве топлива, что явилось главной причиной сокращения последних. Принимая во внимание экологические проблемы, а также отсутствие собственных запасов нефти, природного газа и угля, руководство делает акцент на

Виды затрат	Централизованное производство энергии	Распределенное производство энергии
Капитальные затраты	Ниже	Выше
Постоянные издержки	Выше	Ниже
Переменные издержки	Ниже	Выше

Таблица 1. Сравнительная характеристика затрат на централизованное и распределенное производство энергии

Вид установки	Непрерывность производства	Возможность покрытия пиковой нагрузки
ВЭУ	Низкая	Низкая
Фотовольтаик	Средняя	Низкая
Мини-ГЭС	Средняя	Средняя

Таблица 2. Качественная характеристика установок, работающих на ВИЭ в рамках распределенного производства энергии

применение ВИЭ – ветра (6–8 м/с вдоль побережья), солнечного излучения (2200 кВт·ч/м в год согласно проекту Атласа Намибии, 2002) и биомассы, получаемой на пастбищных угодьях (более 26 млн га). Использование распределенного производства энергии позволит Намибии сократить вырубку лесов и лучше электрифицировать сельские районы.

В рамках реализации новой энергетической политики в 2010 г. Фондом по исследованию пустыни совместно с Сельскохозяйственным союзом Намибии и Национальным союзом фермеров при финансовой поддержке Европейской Комиссии был осуществлен пилотный проект по уничтожению вредных кустарников. На коммерческой ферме была построена электростанция, работающая на них, установленной мощностью 250 кВт, которая поставляет электричество в общую сеть [6]. В рамках пилотного проекта определяется финансовая осуществимость данного направления, оцениваются применяемые технологии и создается первый независимый производитель электроэнергии страны.

**Повышение надежности и бесперебойности работы энергосистемы.** Многие страны стараются сделать работу энергосистемы надежной и бесперебойной, в том числе за счет интеграции в распределительную сеть возоб-

новляемых источников энергии.

Для стран южного Средиземноморья подготовлен Средиземноморский солнечный план, согласно которому к 2020 г. в регионе начнут использоваться установки, работающие на энергии солнечного излучения, мощностью 20 ГВт. Они будут интегрированы в общую сеть и смогут обеспечить стабильное и безопасное функционирование в условиях падения напряжения в ней [6].

Энергосистема Дании состоит из двух частей: централизованной, где доминируют ТЭЦ общей мощностью 1656 МВт, и децентрализованной, представленной ВЭУ локального значения общей мощностью 2214 МВт. В 2005 г. Министерство климата, энергии и строительства Дании приступило к осуществлению проекта по интеграции ВЭУ в общую распределительную сеть. В случае аварий в ней локальные сети (60 кВт и ниже) могут переключиться в режим автономной работы, используя местные ресурсы, таким образом уменьшая негативные последствия аварии для потребителей и способствуя более быстрому восстановлению работы системы [1].

Уникален в своем роде опыт Бразилии, 80% электроэнергии в которой производится на крупных ГЭС (установленная мощность 85,6 ГВт). Чтобы решить данную проблему, Бразилия ориентируется на развитие малой энергетики, включая ВЭУ и установки по переработке отходов сахарного тростника в качестве резервных мощностей, способствующих повышению надежности поставок электроэнергии конечным потребителям [6].

Несмотря на перечисленные преимущества использования распределенного производства электроэнергии, реализация данной концепции ограничена рядом факторов.

*Отсутствие необходимой законодательной базы.* Препятствует развитию проектов в данной области отсутствие нормативно-правовых актов, касающихся использования возобновляемых

источников. Так, среди производителей электроэнергии Гватемалы бытовало заблуждение, что установки мощностью менее или равной 5 МВт не могут поставлять электроэнергию в общую сеть. Это послужило причиной отсутствия интереса со стороны инвесторов к проектам в области малой энергетики.

*Необходимость значительных финансовых инвестиций в развитие распределенного производства энергии.* Внедрение этого процесса требует значительных инвестиций как со стороны государств, так и со стороны частных – собственников бизнеса. К примеру, реализация проекта «Солнечная Калифорния» предусматривает получение помощи в размере 3551 млн долл., в том числе 2367 млн долл. – от Комиссии по вопросам коммунального обслуживания штата, 400 млн долл. – от Энергетической комиссии штата и 784 млн долл. – от местных органов власти [2].

Такие высокие расходы обусловлены капитальными затратами на распределенное производство энергии. В частности, в Европе установленная мощность 1 МВт ВЭУ оценивается в пределах 800–3000 евро, фотовольтаика – 3000–7000 евро [1]. Кроме того, достаточно высокими остаются переменные издержки. Сравнительная характеристика затрат на централизованное и распределенное производство энергии приведена в табл. 1 [5].

*Технические проблемы, связанные с интеграцией установок, работающих на ВИЭ, в общую систему.* В странах – членах ЕС увеличилось производство электроэнергии с помощью ВЭУ, поэтому системные операторы передающих сетей несут высокие дополнительные издержки при балансировании работы системы [1]. При значительном увеличении производства электроэнергии на ВЭУ системные операторы передающих сетей не в состоянии осуществить ее преобразование и передать в распределительные сети, в результате чего они вынуждены отправлять запросы

ВЭУ на уменьшение производства электроэнергии.

В Италии с 2009 г. количество таких запросов значительно увеличилось, несмотря на то что производство электроэнергии – одно из приоритетных направлений энергетики. Причиной этой ситуации стало отсутствие необходимой инфраструктуры в местах нахождения ВЭУ. В результате в 2010 г. 130–140 ГВт·ч электроэнергии, которую можно было бы произвести на них (2% от ежегодного производства электроэнергии ВЭУ), не поступило в распределительную сеть страны.

В последние годы в Германии остро стояла проблема технической интеграции ВЭУ в общую распределительную сеть, обусловленная несовпадением частоты и напряжения установок и сети. В связи с этим было принято решение, что ВЭУ, выпущенные после 30 марта 2011 г., должны соответствовать определенным техническим стандартам. В противном случае они не могут претендовать на применение льготного тарифа при отпуске электроэнергии в распределительную сеть [6].

*Создание конкуренции традиционным производителям электроэнергии.* В Испании не только растет использование возобновляемых источников энергии, но и возрождаются традиционные установки, работающие на угле и газе. Однако они менее эффективны, чем работающие на ВИЭ, и не окупают вложенные инвестиции в намеченные сроки [6].

*Неравномерность производства электроэнергии отдельными видами установок, использующих ВИЭ.* На некоторых из них электроэнергия производится неравномерно и в распределительную сеть передается нестабильно. Большинство из них имеет невысокий уровень непрерывности производства и низкую способность покрытия пиковых нагрузок (табл. 2) [1].

Скачкообразное поступление электроэнергии от ВЭУ в распределительную сеть негативно влияет на работу энергосистемы, поэтому приходится принимать

дополнительные меры, чтобы устранить отклонения частоты (равные примерно 50 Герц). В Австралии эту проблему решают с помощью генераторов с функцией автоматического контроля, которая позволяет корректировать частотные колебания в реальном времени [6].

Таким образом, применение концепции распределенного производства энергии позволяет шире использовать местные виды топлива.

Согласно Стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь, в 2015 г. за счет увеличения объемов использования местных видов топлива и ВИЭ доля собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива составит не менее 28%, а в 2020 г. – не менее 32% [7].

Наша страна не обладает значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами (нефть, газ, дрова, торф, гидроресурсы и биомасса обеспечивают примерно 15–17% потребности). Поэтому целесообразно увеличивать долю возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны. Предпосылками для их развития являются:

- повышение эффективности энергетики;
- снижение тенденций роста цен на электрическую и тепловую энергию;
- диверсификация источников энергии для укрепления энергетической безопасности, сохранения углеводородного сырья, повышения качества жизни;
- распределенное производство электрической и тепловой энергии;
- уменьшение негативно-го воздействия энергетики на окружающую среду и сокращение выбросов парниковых газов;
- развитие местного производства и появление новых рабочих мест.

Беларусь обладает достаточным потенциалом ВИЭ.

*Биогазовые установки сельскохозяйственных организаций.* В Беларуси функционируют 7 биогазовых комплексов: 3 и 2

соответственно – на отходах сельскохозяйственного и промышленного производства и 2 электростанции на свалочном газе.

Общий потенциал производства биогаза на фермах и комплексах по выращиванию крупного рогатого скота, свиней и птицы составляет 3602,9, 332,2 и 223,4 млн кубометров в год соответственно с общим объемом замещения 3,18 млн т.т. В 2013–2015 гг. планируется ввести в эксплуатацию 32 комплекса суммарной электрической мощностью 18,6 МВт, в том числе в Брестской области – 1,2, Витебской – 1,2, Гомельской – 2,2, Гродненской – 0,6, Минской – 9,5 и в Могилевской – 3,9 МВт.

*Биогазовые установки на очистных сооружениях.* В стране действуют около 2450 канализационно-насосных станций. Их потребности в электроэнергии будут полностью удовлетворены к 2020 г. путем открытия 19 объектов с общим потенциалом выхода биогаза 56,2 млн кубометров (45 тыс. т.т.) в год при установленной электрической мощности когенерационных установок 19 МВт.

*Биогазовые установки на коммунальных отходах.* В республике действуют 167 объектов захоронения твердых коммунальных отходов с проектным объемом захоронения 239,8 млн кубометров (фактический объем – 206,6 млн кубометров). До 2015 г. планируется осуществить пилотные проекты по внедрению технологий получения биогаза из низкокалорийной органической части коммунальных отходов и остатков сточных вод, сбора и использования биогаза, образующегося на полигонах для захоронения коммунальных отходов.

*Биогазовые установки на отходах производства пищевых продуктов.* В нашей стране действуют 4 сахарных завода, входящих в состав Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром». В общем их энергозатраты составляют свыше 192 тыс. т.т., а объем отходов производства (барды) – около 350 тыс. т. При



анаэробном сбраживании этих отходов возможно получение 64 тыс. кубометров биогаза в сутки.

Технически возможно установить 4 биогазовых комплекса суммарной мощностью 12 МВт, что позволит заместить 28 млн кубометров природного газа (32 тыс. т.у.т.), – по одному комплексу мощностью 3 МВт в открытых акционерных обществах «Скидельский сахарный завод» – в 2013 г., «Слущкий сахарный завод» – в 2014 г., «Городейский сахарный завод» и «Жабинковский сахарный завод» – в 2015 г. [8].

Кроме биотоплива в Республике Беларусь есть достаточный потенциал в виде древесных, гидро- и ветроресурсов.

*Древесное топливо.* Планируется ввести в эксплуатацию объекты, работающие на местных видах топлива, электрической мощностью 41–49 МВт, тепловой – 1063 МВт с планируемым эффектом импортозамещения 557,66 тыс. т.у.т. Согласно Государственной программе строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 гг., нужно будет построить и модернизировать 164 объекта: 125 – электрической мощностью 37–45 МВт, тепловой – 820 МВт, 39 – электрической мощностью 4 МВт, тепловой – 243 МВт [9].

*Гидроэнергетический потенциал.* По данным на 2012 г. в Беларуси эксплуатируются 41 ГЭС суммарной мощностью 16,1 МВт (около 3% от технически доступного потенциала). Примерно 60% мощности приходится на долю 22 ГЭС организаций Министерства энергетики. Самая крупная – Осиковичская, введенная в эксплуатацию в 1953 г. (мощность – 2,175 МВт).

В соответствии с Государственной программой строительства в 2011–2015 гг. гидроэлектростанций в Республике Беларусь, утвержденной постановлением Совета Министров от 17.12.2010 г. №1838, планируется соорудить и реконструировать 33 ГЭС суммарной мощностью 102,1 МВт, в том числе 20 микроГЭС (мощность до 100 кВт), 9 малых и мини-ГЭС

(мощность от 100 кВт до 10 МВт), 4 крупные ГЭС (мощность свыше 10 МВт).

С учетом ежегодного производства на существующих гидроэлектростанциях (48,6 млн кВт·ч в 2010 г.) добыча электроэнергии на ГЭС республики к 2015 г. будет равняться около 510 млн кВт·ч, что позволит заместить 140 тыс. т.у.т. [10].

*Ветроэнергетический потенциал.* На территории Беларуси выявлено 1840 площадок для размещения ВЭУ с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 2,4 млрд кВт·ч. На 1 января 2011 г. суммарная установленная мощность таких установок равнялась 1,56 МВт, а объем замещения – 0,4 тыс. т.у.т. Планируется ввести в эксплуатацию ВЭУ суммарной мощностью 440–460 МВт.

По данным государственной сети гидрометеорологических наблюдений, скорость среднегодового фонового ветра на высоте установки датчиков (10–12 м) составляет 3–4 м/с, поэтому, выбирая площадки для ВЭУ, нужно проводить специальные исследования и тщательно прорабатывать технико-экономическое обоснование строительства.

Участие ВИЭ в топливно-энергетическом балансе нашей страны пока остается на низком уровне, но вместе с тем они имеют достаточный потенциал. Создание и комплексное использование возобновляемых источников энергии, прежде всего, для потребителей, расположенных достаточно далеко от действующих энергоустановок.

Непостоянство ВИЭ не позволяет обеспечить надежное энергоснабжение потребителей, что говорит о низкой конкурентоспособности нетрадиционной энергетики по сравнению с традиционной. Поэтому чтобы выровнять графики производства энергии из возобновляемых источников и обеспечить гарантированное снабжение ею, перспективно использовать комбинацию энергоустановок на

основе нескольких видов ВИЭ (для этого нужно создать Smart Mini-Grid, управляемые посредством интеллектуальных электрических сетей). Последние интегрируют производителей, потребителей электроэнергии и электрические сети, образуя единое информационное и коммуникационное пространство – единую автоматизированную систему, которая в режиме реального времени позволяет отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса выработки, передачи и потребления электроэнергии.

Эти сети в автоматическом режиме оперативно реагируют на изменения различных параметров и позволяют осуществить бесперебойное электроснабжение потребителей с максимальной экономической эффективностью при одновременном снижении влияния человеческого фактора. Таким образом, проведенный анализ преимуществ и ограничений распределенного производства энергии показал, что целесообразно использовать ВИЭ в рамках данной концепции. ■

## Литература

1. L'Abbate A., Fulli G., Petevs S.D. Distributed Power Generation in Europe: technical issues for further integration. Luxembourg: European Communities, 2008.
2. California Solar Initiative – Annual Program Assessment. June 2012. Sacramento: California Public Utilities Commission, 2012.
3. Hadley S.W., Van Dyke J.W., Poore III W.P., Stovall T.K. Quantitative Assessment of Distributed Energy Resource Benefits. Springfield, 2003.
4. Klose F., Kofluk M., Lerhke S., Rubner H. Toward a Distributed-Power World: Renewables and Smart Grids Will Reshape the Energy Sector. Boston: The Boston Consulting Group, 2010.
5. Momoh J.A., Meliopoulos S., Saint R. Centralized and Distributed Generated Power Systems – A Comparison Approach. Howard: Howard University, 2012.
6. Renewable Energy and Distributed Generation: International Case Studies on Technical and Economic Considerations. Brussels: International Confederation of Energy Regulators, 2012.
7. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.08.2010 г. №1180 «Об утверждении стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь».
8. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.05.2011 г. №586 «Об утверждении Национальной программы развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 годы и признании утратившим силу постановления Совета Министров Республики Беларусь от 7 декабря 2009 г. № 1593».
9. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19.07.2010 г. №1076 «Об утверждении Государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 годах».
10. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.12.2010 г. №1838 «Об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь».

# Универсальная экологическая система очистки масла ВУ



Частное предприятие «Оптимтехсистем» представляет систему тонкой очистки масла, разработанную тайваньской компанией Bao Yo Jei Co., Ltd. (BYJ). Компания основана в 2001 г. и с тех пор завоевала большую известность как производитель системы очистки масла, который может раз и навсегда решить проблему так называемого «старения» масла и окупить расходы на него.

Применение в составе производственного оборудования системы тонкой очистки масла ВУJ позволит удалять из масла два главных загрязнителя – твердые частицы и воду, тем самым существенно замедляя срок деградации масла и продлевая период его эксплуатации без замены до 10 лет.

Система очистки масла ВУJ основана на использовании уникальных фильтров, которые изготавливаются из целлюлозного полотна высокой плотности. Структура фильтров обеспечивает высокоэффективную трехступенчатую очистку от частиц размером до 0,1 микрона с одновременным удалением влаги из системы рециркуляции масла. Фильтр позволяет обеспечить уровень чистоты масла, соответствующий классу 6 по стандарту NAS (-/14/12 по ISO), что даже лучше характеристик нового масла. Фильтры могут применяться для различных типов масел: гидравлического, смазочного, электроэрозионного, антикоррозионного, изоляционного, дизельного, смазочно-охлаждающего, трансмиссионного, холодильного.

Встроенный в систему масляный насос позволяет производить непрерывную очистку масла из резервуара основного оборудования через байпасную линию, не оказывая влияния на производственный процесс.

Благодаря очистке системой ВУJ вязкость масла сохраняется на идеальном уровне, что противодействует чрезмерному нагреванию. Несмотря на тонкость очистки, все масляные присадки сохраняются, то есть удаляются только нерастворенные в масле частицы и влага. Первоначальный цвет масла не меняется, и все свойства остаются прежними.

В зависимости от объема очищаемого масла разработаны различные модели: для резервуаров от 100 до 2000 литров. Все модели защищены прочным корпусом, легко перемещаются на колесах, имеют соответствующие системы защиты и индикации при перенапряжении или загрязнении фильтров.

Оборудование ВУJ освободит от ненужной утилизации старого масла, что является значительным преимуществом, поскольку переработка – это дополнительные затраты, которых легко можно избежать. Универсальная экологическая система ВУJ – это максимум пользы из каждой капли масла, это ваш вклад не только в собственное благосостояние, но и непосредственно в защиту нашей Земли путем экономии естественных ресурсов.

## Частное предприятие «Оптимтехсистем»

г. Минск, ул. Филимонова 25Б, пом. 506

тел.: (+375 17) 389 71 28

факс: (+375 17) 389 71 29

www.opts.by

e-mail: info@opts.by



**Универсальная экологическая система очистки ВУJ освободит Вас от замены масла на период до 10 лет, сохранит стабильную работу оборудования, повысит качество выпускаемой продукции. Это рациональное вложение средств. Затратив сумму, равную годовой замене масла, на покупку системы очистки масла, Вы получите эффективное прецизионное оборудование с высоким коэффициентом окупаемости, которое является комфортным в эксплуатации и не требует специального обслуживания.**

# Строители комфортной жизни

Немногие строительные компании Беларуси могут похвастаться тем, что являются пионерами энергоэффективного домостроения. ОАО «10-е Управление начальника работ», одна из старейших организаций в сфере строительных услуг, вот уже 8 лет вплотную занимается возведением экодомов.



**П**редседатель наблюдательного совета акционерного общества Василий УСТИНЧИК, увлеченный идеями пассивного дома человек, в беседе с главным редактором журнала «Наука и инновации» рассказал о технологиях, позволяющих создать комфортный микроклимат для жизни.

**– Не могу уйти от соблазна, чтобы не уточнить, почему такое странное название – УНР?**

– «Управление начальника работ» – предприятие, которое было рождено в годы гражданской войны. Тогда активно формировались отделы и управления окружных комиссариатов, в ведении которых было строительство. В 1920 г. такой организацией стало объединенное управление производителя работ 1-го и 2-го районов, которое в скором време-

ни получило название 10-е УНР. До Великой Отечественной войны располагалось в Гомеле, а потом, когда началось восстановление Минска, переместилось в столицу, где стало заниматься не только военной инфраструктурой, но и возведением жилищно-бытовых объектов. После распада СССР встал вопрос: быть или не быть организации как таковой? Решение нашлось в изменении формы собственности. Предприятие было акционировано. Сегодня им владеют порядка 300 человек, в основном бывшие и действующие работники, у которых никогда не было сомнений относительно полного официального названия. Изменить его – перечеркнуть прошлое, изменить судьбу, отпавить богатый и уникальный опыт в историю. Мы оставили фундамент нашего прошлого и на его основе, невзирая на все перипетии времени, продолжаем дело, начатое нашими дедами и отцами.

Достаточно сказать, что с 1945 г. по настоящее время 10-е УНР сдало в эксплуатацию 367 жилых зданий на 21,8 тыс. квартир общей площадью 1,3 млн м<sup>2</sup>, более тысячи объектов соцкультбыта, промышленного и военного назначения.

**– Строительство энергоэффективного жилья – новая страница в истории предприятия?**

– Главное в нашей работе – качество, и от этой данности мы никогда не отступали. Что касается энергоэффективного строи-

тельства, то это не просто тренд, а норма современной жизни. Это только в нашей стране говорят о нем как об инновационном и по-прежнему обращают больше внимания на экономию, чем на экологию. А понятие «пассивный дом» и труднопроизносимые сочетания типа «система вентиляции с рекуперацией тепла» или «вихревой термогенератор» создают образ дорогого и высокотехнологичного здания, которое и строить нужно как космический корабль. А между тем это не так. По сути, энергоэффективным является каркасный дом с достаточным слоем утеплителя.

**– И все-таки речь идет об улучшенных потребительских свойствах жилья. За счет чего они обеспечиваются?**

– Прежде чем прийти к развитию идеи энергоэффективного жилищного строительства, мы многому учились в Германии, Норвегии, Швеции, Швейцарии. В результате были проанализированы строительные технологии, выявлены и ликвидированы слабые места и сформирована система базовых стандартов современного домостроения – сохранение тепла стен, окон, чердака и техподполья, организация системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией.

**– Василий Александрович, неужели все слагаемые энергоэффективного дома – это лишь меры по предотвращению утечки тепла?**



– На самом деле, теплое окно, к примеру, сделать не проблема, и никаких сложных конструктивных изменений проектного решения не требуется. Точно так же и теплую стену с коэффициентом теплопроводности 3,2 мы в своих проектах закладывали еще в 2005 г., а выполнили в строительстве еще в 2006 г. Такой показатель во вновь проектируемых домах введен в обязательном порядке только с 1 июля текущего года. Хотя на Западе он равен 5 и никто его не обсуждает. Более того, там самого понятия энергосберегающего дома уже нет, есть технологии с нулевым потреблением или «энергопроизводящий» дом.

Хочу обратить внимание на тот факт, что простая замена окон, имеющих естественную вентиляцию, что было характерно для недавнего строительства, на пластиковые или деревянные герметичные с двойным или тройным контуром уплотнения не решает всех проблем, а где-то даже создает новые, поскольку затрудняет приток свежего воздуха. По существующим нормам примерно 60 м<sup>3</sup> воздуха в час в квартире должно меняться, то есть прийти с улицы и выйти через вентиляцию.

Если воздухообмена не происходит, трудно дышится, появляется определенный дискомфорт. Мы предлагаем «дышащие» окна, в конструкции которых изначально заложены микроприток, а также систему вентиляции с рекуперацией. Кстати, окна производятся из профиля брестской компании по немецким технологиям нашими давними партнерами ЗАО «Меридиан». Их преимущество еще и в том, что кроме воздушной подушки, создающейся за счет усиления пластмассового профиля металлом, стеклопакет заполняется аргоном, а наружные и внутренние стекла низкоэмиссионные, то есть летом отражают солнечные лучи, а зимой сохраняют тепло. К сожалению, такой вид стекла пока не освоен отечественными производителями, а оно очень нужно потребителю.

**– Теплоизоляция пассивного дома достигается дополнительным утеплением толщиной до 150 мм, да и кровельный пирог доходит до 250 мм, а еще и особая вентиляционная система, ведь это ведет к серьезному удорожанию?**

– Да, но максимум на 15%. С экономической точки зрения это не трата, а выгодное вложение. Деньги, направленные на дополнительное утепление, вернутся в виде сокращения затрат на отопление. К тому же и экологичность такого жилья не стоит сбрасывать со счетов.

**– В чем состоят особенности пассивного дома?**

– Концепция такого жилья – это концепция «энергопроизводящего» здания, которое производит энергии больше, чем потребляет. На примере существующих образцов, введенных нами в эксплуатацию домов, доказано, что это возможно. В своей работе мы полагаемся на интегрированные подходы, включающие в себя новаторские решения в области использования электроэнергии и тепла, например тепловые насосы, иные эффективные строительные технологии, в их числе новые

способы вентиляции, высококачественные приборы и устройства.

Так, система вентиляции не только экономит до 30% тепла, но и имеет КПД порядка 80–90%, а также то, чему потребитель пока не придает значения – высокую комфортность проживания. Оборудование настроено так, что гарантирует постоянный температурный режим, приятный микроклимат, позволяет улавливать пыль. В отдельных случаях при необходимости в него можно встраивать угольную фильтрацию воздуха, что особенно важно для людей, страдающих аллергией. В конечном итоге потребитель получает неоспоримые преимущества – нет шума, нет пыли, нет аллергенов, сохраняются тепло и деньги. А если к этим плюсам добавить еще и экологический – уменьшение количества выбросов CO<sub>2</sub> в окружающую среду, то эффект будет еще больше. Пока в Беларуси таких проектов немного. Радует то, что начало положено, есть единичные решения, когда вентиляционные системы устанавливаются в уже эксплуатируемых зданиях и поквартирно, что успешно делают наши коллеги из Института жилища – НИПТИС им. С.С. Атаева.



Но поквартирные приборы внедрять в панельном доме сложно, да и требуют они от жильцов определенных навыков управления. Умная система устанавливается пока импортная. Правда, есть попытки и отечественного производства. Предприятие «Альтернатива» в Бресте выпускает оборудование по рекуперации, не совсем экономично получается, однако для промышленного строительства их решения уже приемлемы по цене – качеству. Думаю, со временем их освоят и для жилищно-бытового.

**– С какой проблемой могут столкнуться жильцы при эксплуатации квартир, построенных по новым технологиям?**

– Особых трудностей нет, но знания, как пользоваться оборудованием, необходимы. Именно поэтому мы выдаем вместе с ключами от квартиры инструкцию о порядке технической эксплуатации помещения и его инженерных систем, в том числе окон и дверей, где также изложены требования в отношении работы вентиляционного агрегата, в частности, правило не открывать окна для проветривания. Система принудительной приточно-вытяжной вентиляции настроена на оптимальный режим работы, который обеспечивает необходимый температурный режим и воздухообмен. На самом деле управление осуществляется с помощью центрального пульта, который не отличается от телевизионного. Вот и все новшество.

**– Не могли бы вы, Василий Александрович, рассказать о материалах, которые используют строители?**

– К сожалению, в Беларуси до сих пор основным строительным материалом является газосиликатный блок. Его влажность высока, поэтому для выхода на расчетную позицию в 3,5% нужно прожить несколько отопительных сезонов. Недавно Радшковичский керамический завод и Минский завод строительных материалов стали выпускать вы-

сокачественный строительный материал нового поколения – поризованные керамические блоки. С этим материалом уже начали работать белорусские девелоперы. Есть еще и пенобетон – ячеистый материал, имеющий пористую структуру за счет пузырьков по всему объему. Он получается в результате затвердения раствора, состоящего из цемента, воды и пенообразователя. Сочетание этих компонентов позволяет бетону «расти как на дрожжах». Кстати, эта технология использовалась в нормативах 1936 г., но потом как-то ушла, что называется, в историю. И лишь совсем недавно начали создаваться установки по производству пенобетона. По экологичности этот материал сродни дереву. В России его выпускают в Воронеже, Санкт-Петербурге, а в Беларуси эта технология пока ждет своего производителя. Мы также владеем технологией монолитного пенобетона, правда, не можем пока найти объект, на котором можно было бы ее отработать.

**– Пять лет тому назад была принята Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь, рассчитанная на перспективу до 2020 г. Предусмотрены ли в ней преференции со стороны государства, направленные на поддержку такого домостроения?**

– Энергоэффективное строительство в Беларуси пока не получило столь широкого распространения, как в европейских странах. Кстати, 10-е УНР уже сегодня построило 50 тыс. м<sup>2</sup> энергоэффективного жилья с потреблением на отопление и вентиляцию менее 40 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год, а такой показатель обязательным станет только с 2020 г. Отечественные проекты, в которых используются подобные технологии, можно пересчитать по пальцам. Объясняется это тем, что в нашей республике много говорят об экологическом строительстве, экономии энергии, а вот

делают мало. Например, в Европе невозможно получить разрешение на строительство здания, в котором не будут использованы энергоэффективные технологии. Там государство и правительство активно стимулируют тех, кто их применяет, определенными налоговыми льготами. Кроме этого, при продаже любой коммерческой недвижимости в Европе на стоимость здания влияет наличие экологических сертификатов LEED и BREEAM. Способствуют развитию энергоэффективного строительства дешевое кредитование и дорогие энергоносители. Европейским девелоперам выгоднее построить здание с применением пассивных технологий, которые повысят стоимость проекта, но зато в дальнейшем позволят экономить на оплате коммунальных услуг. У нас в стране такая характеристика, как энергоэффективность здания, пока не отражается, например, на величине арендной ставки или цене квадратного метра. Совершенно очевидно, что будущее за пассивным домостроением, но пока сложно сказать, насколько быстро оно будет развиваться. К этой теме стоит вернуться лет через пять, когда на рынке уже будет 10–20 подобных проектов, появится опыт управления такими зданиями, а также расчеты экономии. Если европейские страны делать это заставила жизнь – дорогое топливо, дефицит площадей, то в Беларуси потребность в сбережении еще не назрела. Поэтому только рыночные механизмы, государственное стимулирование и поддержка, а также налоговые льготы могут повлиять на ситуацию. Разработка и строительство энергоэффективных проектов подталкивается госпрограммой, согласно которой к 2015 г. отечественный жилой фонд должен прирасти 6 млн м<sup>2</sup> энергоэффективного жилья. Хотя и заказчики, и застройщики немного пугаются этого слова, видимо боятся увеличения себестоимости. ■



# Материалы для создания солнечных элементов третьего поколения

Исчерпание органических топлив и эмиссия парниковых газов заставляют человечество увеличивать долю возобновляемых источников в структуре топливно-энергетического баланса.

Один из них – поступающая на Землю солнечная энергия, одной десятичной доли которой достаточно для современной цивилизации [1]. Для превращения солнечной энергии в электричество наиболее широко применяют прямое фотоэлектрическое преобразование с помощью солнечных элементов. Последние условно подразделяют на три поколения.

К первому относятся элементы на основе объемного моно- и поликристаллического кремния. Однако кремний не является идеальным материалом для солнечных элементов. Ширина его запрещенной зоны (1,1 эВ) несколько меньше оптимальной для преоб-

разования солнечного излучения (около 1,4 эВ). Кроме того, являясь непрямозонным полупроводником, кремний имеет достаточно малый коэффициент поглощения света, быстро уменьшающийся при переходе в длинноволновую область. Поэтому необходимо использовать достаточно толстые (250–300 мкм) пластины, что приводит к увеличению материалоемкости. Необходимость сбора фотозарядов, генерированных далеко от р-п-перехода, выдвигает повышенные требования к их диффузионной длине и, соответственно, качеству материала. Главным образом, высокая стоимость кремния препятствует удешевлению элементов данного типа.

Ко второму поколению относят тонкопленочные солнечные элементы на основе прямозонных полупроводниковых материалов, характеризующихся высоким оптическим поглощением в широком интервале длин волн. Это, прежде всего, теллурид кадмия (CdTe), дихалькогениды меди-индия-галлия ( $\text{CuInS}_2$ ,  $\text{CuInSe}_2$ ,  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  и др.). К этой же группе относят устройства, работающие на аморфном и нанокристаллическом кремнии. Использование тонких пленок CdTe (единицы микрометров) позволило американской компании First Solar впервые получить исключительно важный с точки зрения коммерческого использования результат: стоимость одного ватта установленной мощности опустилась ниже психологически значимой отметки в один доллар.

Наконец, к третьему поколению относят солнечные элементы, с помощью которых можно преодолеть известный



предел эффективности фотоэлектрического преобразования Шокли-Квейзера [2]. Как известно, при падении на солнечный элемент полихроматического света низкоэнергетичные фотоны с энергией  $h\nu < E_g$  ( $E_g$  – ширина запрещенной зоны полупроводника) не вносят вклад в производимую электрическую энергию. Энергия же коротковолнового излучения используется не полностью, поскольку созданные высокоэнергетичными фотонами носители заряда в течение короткого времени (порядка  $10^{-12}$  с) теряют избыточную энергию за счет взаимодействия с фононами. В результате электрическая энергия, генерируемая солнечным элементом при поглощении высокоэнергетичного фотона, не может превысить значение, равное ширине запрещенной зоны.

Перечислим некоторые современные подходы, направленные на преодоление предела Шокли-Квейзера.

**Создание тандемных солнечных элементов.** Такие структуры состоят из нескольких последовательно соединенных гомо- или гетеропереходов. Верхний (расположенный ближе всего к падающему свету) барьерный переход образован материалами с наибольшими значениями  $E_g$  и предназначен для преобразования энергии высокоэнергетичных фотонов. Фотоны с меньшей энергией проходят через слои, создающие верхний переход, и разделяются барьером, сформированным из полупроводников с меньшей шириной запрещенной зоны. Наконец, для разделения самых низкоэнергетичных фотонов можно сформировать третий барьер (из материалов с еще меньшей шириной запрещенной зоны). Очевидно, что создание тандемных солнечных элементов – исключительно сложная технологическая задача, поскольку необходимо формировать структурно совершенные твердотельные границы между материалами, имеющими разные параметры решетки.

**Преобразование падающего на солнечный элемент солнечного спектра.** В данном случае модифицируется спектральный состав падающего излучения, чтобы сконцентрировать его энергию в области максимальной спектральной фоточувствительности солнечного элемента. С этой целью вблизи лицевой поверхности последнего формируют массив фотолюминесцентных центров.

**Использование квантовых размерных полупроводников.** Еще в начале 1980-х гг. было отмечено, что в квантоворазмерных полупроводниках из-за дискретизации уровней энергии электрон-фононное взаимодействие должно ослабевать. Вследствие этого возрастает относительная вероятность того, что носитель заряда, генерированный высокоэнергетичным фотоном, не отдаст свою избыточную энергию фононам, а посредством Оже-процесса может потратить ее на рождение еще одной электронно-дырочной пары [3]. Таким образом, применение квантоворазмерных полупроводников позволяет повышать эффективность фотоэлектрического преобразования коротковолнового излучения.

Солнечные элементы на основе квантоворазмерных полупроводников активно изучаются во всем мире. В таких структурах полупроводниковые наночастицы (как правило, халькогениды металлов – CdS, CdSe, CdTe, PbS и др.), выступающие в качестве поглотителя света, осаждают на поверхность широкозонного оксидного полупроводника ( $\text{TiO}_2$ , ZnO,  $\text{In}_2\text{O}_3$  и др.) с развитой поверхностью, который играет роль фотоанода. В качестве второго контакта к массиву наночастиц используется электролит, содержащий обратимую редокс-систему. Образующиеся в халькогенидных частицах фотоэлектроны переносятся в оксид, а фотодырки окисляют компоненты электролита. Состав электролита остается неизменным за счет того, что на противоэлектроде протекает реакция восстановления. Максимальная эффективность, достигнутая для солнечных

элементов такого типа, составляет сегодня около 7%. Рассмотренные элементы во многом схожи с так называемыми фотоэлектрохимическими ячейками Гретцеля [4], в которых в качестве спектрального сенсibilизатора вместо квантоворазмерных полупроводников используются молекулярные органические красители.

В последнее десятилетие одним из основных способов формирования халькогенидных полупроводниковых наночастиц на поверхности широкозонных оксидов стал химический метод, использующий стадии специфической ионной адсорбции и ионные реакции между катионами и анионами, образующими халькогенид (Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction – SILAR) [5]. В данном методе электрод-подложка последовательно опускается в растворы, содержащие катионы и анионы необходимых элементов (например,  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{S}^{2-}$ ), причем количеством циклов осаждения определяется размер формирующихся наночастиц [6, 7]. Достоинствами метода SILAR наряду с простотой реализации являются высокая плотность покрытия поверхности наночастицами, а также их хороший контакт с подложкой, что необходимо для эффективного транспорта фотогенерированных носителей.

Традиционные, апробированные методы изучения наночастиц в фоточувствительных структурах – сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, спектроскопия поглощения света, спектроскопия фототока и многие другие. Остановимся на методе, который исследователи зачастую не используют вообще либо используют не в полной мере, – спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС; в англоязычной литературе – Raman spectroscopy).

Как известно, КРС в конденсированных средах есть неупругое рассеяние фотонов на фононах. Поскольку при возбуждении спектров КРС видимым светом длина волны приблизительно на три порядка величины превы-

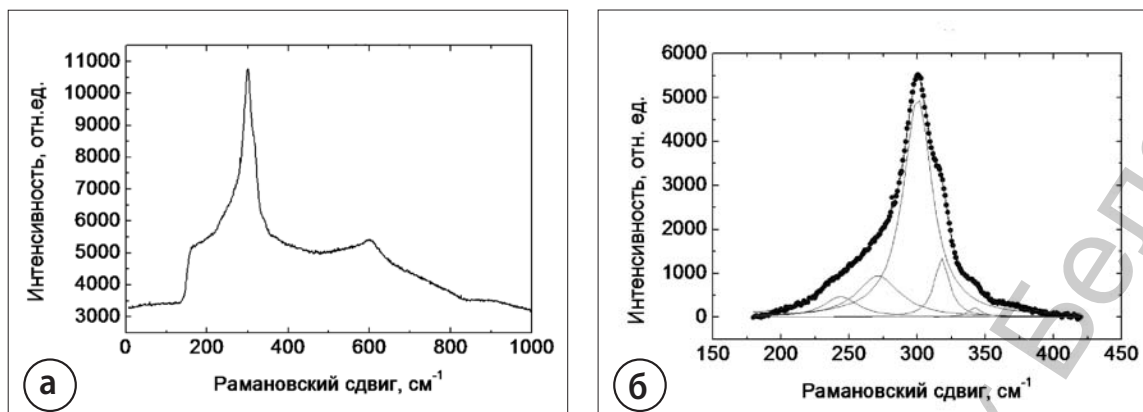


Рис. 1. Спектр КРС структуры  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{CdS}$  (40 циклов осаждения) (а) и аппроксимация его участка кривыми Лоренца (б)

шает параметр решетки, модуль волнового вектора фотона оказывается намного меньше размеров первой зоны Бриллюэна. Поэтому в силу закона сохранения импульса в однофононном рассеянии могут участвовать лишь фононы с волновым вектором  $q$ , близким к нулю. Лишь оптические фононы имеют отличную от нуля энергию при нулевом волновом векторе, поэтому спектры КРС кристаллов содержат набор линий, соответствующих рассеянию на фононах с  $q = 0$ , принадлежащих различным оптическим колебательным модам. Число последних возрастает по мере понижения симметрии кристалла. Например, для решетки типа алмаза частоты всех оптических ветвей при  $q = 0$  одинаковы, поэтому в спектрах КРС регистрируется лишь одна однофононная линия, а для решетки типа сфалерита частоты продольных и поперечных оптических фононов с  $q = 0$  неодинаковы, и в спектре присутствуют две однофононные линии. Поскольку каждый кристалл характеризуется уникальным набором колебательных ветвей (и, соответственно, частот оптических фононов с  $q = 0$ ), измерение спектров КРС может выступать как эффективный метод фазового анализа вещества.

Вместе с тем анализ фазового состава отнюдь не исчерпывает возможности спектроскопии комбинационного рассеяния света. Квантовомеханическое рассмотрение процесса КРС позволяет представить его как последовательность трех стадий:

- фотон с энергией  $h\nu_i$  поглощается электроном;
- возбужденный электрон взаимодействует с фононом с энергией  $h\nu_\phi$  (испускание в случае стоксова рассеяния и поглощение в случае антистоксова);
- электрон переходит в начальное состояние с испусканием кванта с энергией  $h(\nu_i - \nu_\phi)$  либо  $h(\nu_i + \nu_\phi)$  в случае соответственно стоксова и антистоксова процессов.

Таким образом, несмотря на то что состояние электронной подсистемы не изменяется в результате неупругого рассеяния фотона на фононе, электроны являются неотъемлемыми участниками этого процесса.

Из приведенной схемы КРС следует, что его вероятность возрастает, если энергия падающего либо рассеянного фотона соответствует какому-либо разрешенному электронному переходу в системе. В этом случае говорят соответственно о входном либо выходном резонансах, а само рассеяние называют резонансным. Таким образом, интенсивность линий в спектрах КРС полупроводников зависит от соотношения между энергией квантов возбуждающего лазерного излучения и шириной запрещенной зоны. Вероятность процесса КРС определяется также силой электрон-фононного взаимодействия в материале. Очевидно, что данный параметр влияет на соотношение интенсивности однофононных линий и их обертонов, а значит, может быть извлечен из спектров КРС. Наконец, ширина однофононных линий в спектрах КРС

напрямую связана с длиной свободного пробега оптических фононов и благодаря этому может служить мерой дефектности кристалла.

В качестве примера возможностей метода КРС для анализа фоточувствительных материалов приведем результаты исследования ансамблей наночастиц сульфида кадмия  $\text{CdS}$ , синтезированных методом SILAR на поверхности оксида индия.

Химическое осаждение частиц  $\text{CdS}$  на поверхность  $\text{In}_2\text{O}_3$  было выполнено на кафедре электрохимии БГУ методом SILAR: образец погружался попеременно в этанольный раствор  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  и водный раствор  $\text{Na}_2\text{S}$  и после каждой обработки промывался в дистиллированной воде (для удаления избытка реагентов). Длительность выдерживания в каждом растворе и промывки составляла 1 мин. Цикл повторялся 10–50 раз, затем образец промывался дистиллированной водой и сушился на воздухе.

Спектры комбинационного рассеяния света измерялись с помощью конфокального спектрометра Nanofinder High End (Lotis ТП, Беларусь – Япония). В качестве источников возбуждения использовались твердотельные лазеры, работающие на длинах волн 473 и 532 нм. Мощность излучения, падающего на образец, ослаблялась до 25–250 Вт для минимизации теплового повреждения исследуемых объектов. Обратнорассеянный свет диспергировался однорешеточным спектрометром с разрешением

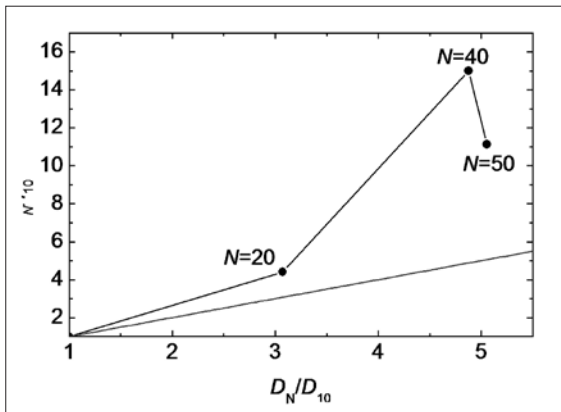


Рис. 2. Зависимость интенсивности LO полосы CdS от оптической плотности на длине волны 400 нм

не ниже  $1 \text{ см}^{-1}$  и детектировался глубоко охлаждаемой ПЗС-матрицей. Время накопления сигнала составляло, как правило, от 2 до 5 мин. Спектральная калибровка выполнялась автоматически по линиям встроенной газоразрядной лампы и обеспечивала точность не ниже  $1 \text{ см}^{-1}$ .

На рис. 1 представлены спектр КРС для структуры  $\text{In}_2\text{O}_3(400)/\text{CdS}$ , синтезированной в результате проведения 40 циклов SILAR, а также аппроксимация его участка суперпозицией нескольких кривых Лоренца. При измерении этих спектров длина волны и мощность лазерного излучения соответственно составляли 473 нм и 25 мкВт, время накопления – 600 с.

В спектре КРС в исследованном спектральном интервале ( $150\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$ ) присутствуют полосы, соответствующие рас-

сеянию квантов света на одном ( $\sim 300 \text{ см}^{-1}$ ), двух ( $\sim 600 \text{ см}^{-1}$ ) и трех ( $\sim 900 \text{ см}^{-1}$ ) продольных оптических (LO) фонах в сульфиде кадмия [8]. Относительно высокая интенсивность многофоновых линий в спектрах КРС сульфида кадмия обусловлена сильным фрелиховским взаимодействием электронов с продольными оптическими фонами, что характерно для многих полупроводниковых соединений  $A^{\text{II}}B^{\text{VI}}$ .

При использовании в качестве источника возбуждения лазерного излучения с длиной волны 473 нм (энергия кванта  $h\nu = 2,62 \text{ эВ}$ ) выполняется условие

$$E_g(\text{CdS}) < h\nu < E_g(\text{In}_2\text{O}_3), \quad (1)$$

где  $E_g(\text{CdS})$  и  $E_g(\text{In}_2\text{O}_3)$  – ширина запрещенной зоны объемного сульфида кадмия и оксида индия. По этой причине резонансное рассеяние возможно только для сульфида кадмия, вследствие чего сигнал от оксида индия оказывается подавлен.

Как видно из рис. 1б, однофоновая подоса CdS имеет сложную структуру. Ее аппроксимация совокупностью кривых Лоренца позволила определить положение, ширину на половине высоты и относительную интенсивность различных составляющих. Так, полоса  $\sim 270 \text{ см}^{-1}$  соответствует поверхностным фононам в CdS [9]. Наблюдаемые полосы  $\sim 242 \text{ см}^{-1}$ ,

$\sim 318 \text{ см}^{-1}$  и  $\sim 342 \text{ см}^{-1}$  не относятся к  $\text{In}_2\text{O}_3$  и не наблюдаются для пленок  $\text{In}_2\text{O}_3$  без осажденного сульфида кадмия. Присутствие этих полос в спектрах КРС может указывать на то, что в изученных образцах наряду с  $\text{In}_2\text{O}_3$  и CdS имеются некоторые дополнительные наноструктуры, формирующиеся в SILAR-процессе.

Эксперименты показали, что интенсивность LO полосы CdS в спектрах КРС возрастает с увеличением числа циклов осаждения от 10 до 40, после чего незначительно падает. Корреляционная кривая, связывающая оптическую плотность на длине волны 400 нм и интенсивность LO полосы CdS для пленок с разным числом циклов осаждения CdS, представлена на рис. 2. Для наглядности обе величины нормированы на значения, соответствующие минимальному числу циклов осаждения ( $N=10$ ). Из рис. 2 видно, что в интервале  $N$  от 10 до 40 интенсивность однофоновой полосы возрастает быстрее, чем оптическая плотность. Это означает, что с увеличением числа циклов не только прибавляется количество сульфида кадмия, но и становится эффективнее генерация в нем рамановского излучения. Данный эффект можно объяснить тем, что вследствие размерного квантования энергии ширина запрещенной зоны в наночастицах CdS, полученных с использованием малого

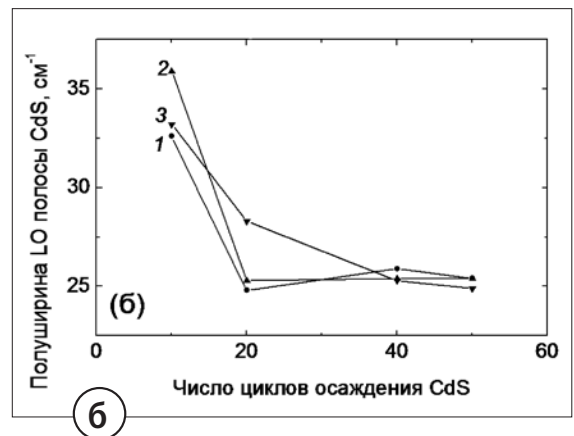
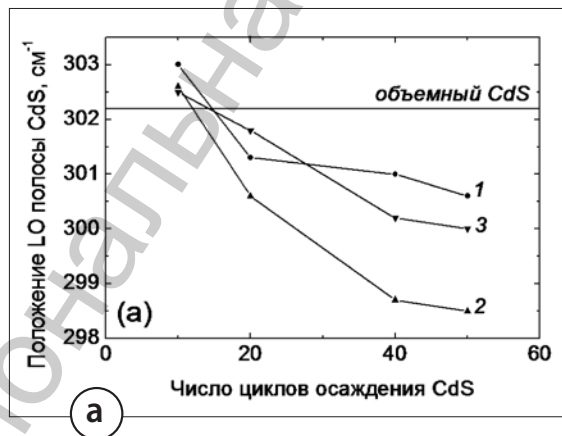


Рис. 3. Зависимость положения (а) и полуширины (б) LO полосы CdS от числа циклов осаждения при возбуждении светом 473 нм. Кривые 1: мощность возбуждения 25 мкВт, время накопления 300 с. Кривые 2: мощность возбуждения 250 мкВт, время накопления 300 с. Кривые 3: мощность возбуждения 25 мкВт, время накопления 600 с.



числа циклов осаждения, превышает энергию квантов возбуждающего света. Поэтому резонансное рассеяние, реализующееся в массивном сульфиде кадмия, для частиц, полученных при  $N \leq 40$ , оказывается затруднено.

На рис. 3 представлена зависимость положения и ширины на половине высоты LO полосы CdS от числа циклов осаждения сульфида кадмия. Как видно, энергия фононов в CdS падает с увеличением числа циклов осаждения, а соответственно, и размера наночастиц. Согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга, уменьшение размера наночастиц должно приводить к монотонному красному сдвигу полос, соответствующих рассеянию на оптических фононах, по сравнению со значениями, характерными для объемного кристалла. Отметим, что величина сдвига пропорциональна наклону зависимости  $\omega(k)$  вблизи центра зоны Бриллюэна и для CdS, где дисперсия оптических фононов мала, этот сдвиг относительно невелик по сравнению с другими полупроводниками. Наблюдаемое уменьшение энергии фононов с ростом размера наночастиц может быть объяснено локальным разогревом образца в процессе регистрации спектров КРС, приводящим к тепловому расширению материала и, как следствие, уменьшению межатомного взаимодействия и, соответственно, энергии фононов. Температура освещаемого участка образца определяется балансом между поглощаемой в нем энергией (пропорциональной объему наночастицы) и теплоотводом на подложку (пропорциональным площади ее поверхности).

Поскольку с увеличением размера наночастиц отношение их объема к поверхности увеличивается, должна увеличиваться и их температура в процессе регистрации спектров КРС. Кроме того, в результате эффекта размерного квантования энергии поглощение света на выбранной длине волны (473 нм) в наночастицах малого размера меньше, нежели в наночастицах большего.

Таким образом, измерение спектров КРС можно применять для изучения тепловых свойств материалов.

Наблюдаемые высокие значения ширины однофоновой полосы могут указывать на низкое кристаллическое совершенство наночастиц CdS. Как видно из рис. 3б, при переходе от 10 к 20 циклам осаждения полуширина LO полосы CdS заметно уменьшается, оставаясь практически неизменной при дальнейшем увеличении числа циклов осаждения. Этот результат можно объяснить не только сокращением вклада поверхности в рассеяние оптических фононов при увеличении размеров наночастиц, но и различным вкладом более и менее разупорядоченных частиц в формирование рамановской линии.

Действительно, вследствие размерного квантования энергии ширина запрещенной зоны для наночастиц CdS, полученных с использованием 10 циклов осаждения, заметно превышает энергию квантов лазерного излучения (это подтверждается данными спектроскопии фототока). При условии  $E_g(\text{CdS}) > hv$  резонансное комбинационное рассеяние оказывается возможным лишь при участии в процессе поглощения урбаховских хвостов плотности электронных состояний. Можно предположить, что в сформированном ансамбле наночастиц CdS присутствуют как более, так и менее упорядоченные. Для упорядоченных наличием урбаховского хвоста плотности электронных состояний можно пренебречь, поэтому резонансное возбуждение комбинационного рассеяния для них невозможно. Напротив, для разупорядоченных наночастиц, характеризующихся протяженными хвостами плотности состояний, резонансное комбинационное рассеяние становится возможным. Значит, при малых  $N$  в формировании полосы в спектрах КРС селективно участвуют лишь наиболее разупорядоченные частицы, что приводит к ее большой ширине.

При увеличении числа циклов осаждения, когда начинает выполняться условие  $E_g(\text{CdS}) < hv$ , резонансное рассеяние становится возможным для всех (не только разупорядоченных) наночастиц CdS, в результате чего ширина LO полосы уменьшается.

Таким образом, приведенные результаты демонстрируют высокую информативность спектроскопии комбинационного рассеяния света для исследования полупроводниковых наночастиц в фоточувствительных структурах. ■

#### Александр Мазаник,

доцент кафедры энергофизики  
Белорусского государственного  
университета,  
кандидат физико-математических наук,  
доцент

#### Николай Малащенко,

студент химического факультета  
Белорусского государственного университета

#### Евгений Стрельцов,

заведующий кафедрой электрохимии  
Белорусского государственного  
университета,  
доктор химических наук, профессор

#### Литература

1. Гремек В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. — Мн., 2007.
2. Shockley W., Queisser H.J. Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells // Journal of Applied Physics. 1961, Vol. 32. P. 510–519.
3. Highly efficient multiple exciton generation in colloidal PbSe and PbS quantum dots / R.J. Ellingson [et al.] // Nano Letters. 2005, Vol. 5. P. 865–871.
4. Grätzel M. Photoelectrochemical Cells // Nature. 2001, Vol. 414. P. 338–344.
5. Nicolau Y. Solution deposition of thin solid compound films by a successive ionic-layer adsorption and reaction process // Appl. Surf. Sci. 1985, Vol. 22. P. 1061–1074.
6. Photoelectrochemical Performance of Multiple Semiconductors (CdS/CdSe/ZnS) Cosensitized TiO<sub>2</sub> Photoelectrodes / S. Cheng [et al.] // J. Phys. Chem. C. 2012, Vol. 116. P. 2615–2621.
7. Rabinovich E., Hodes G. Effective Bandgap Lowering of CdS Deposited by Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction // J. Phys. Chem. C. 2013, Vol. 117. P. 1611–1620.
8. Tell B., Damen T.C., Porto S.P.S. Raman Effect in Cadmium Sulfide // Phys. Rev. 1966, Vol. 144. P. 771–774.
9. Raman scattering of CdS microcrystals in organic media / J. Pan [et al.] // Journal of Luminescence. 1990, Vol. 45. P. 45–47.

# Финансовые факторы активизации инновационной деятельности



Фото П. Дика

**Анна Сенько,**  
завкафедрой менеджмента экономического факультета БГУ, доктор экономических наук, доцент

**И**нновационная деятельность стран с открытой экономикой определяется направленностью мирового развития и стремлением накапливать конкурентные преимущества для долгосрочного экономического роста. Знания и информационные технологии формируют среду для становления постиндустриального общества и соответствующего его уровню производства наукоемких товаров и услуг. Этот процесс сопровождается появлением принципиально новых управленческих систем и способствует распространению сетевых форм организационного взаимодействия хозяйственных структур, включая интернет-пространство. Политика поддержания конкурентоспособности стран, ставящих цели устойчивого социально-экономического развития, основывается на системном использовании инвестиционных факторов и равномерном пространственном размещении инновационной инфраструктуры. Примером может служить опыт наиболее динамично развивающихся территорий России – Белгородской области и Пермского края – с коэффициентом опережения не менее 1,15. В первой реализуется концепция формирования элементов национальной нанотехнологической сети и функционирует совет Белгородской интеллектуально-инновационной

системы. Он определяет рамочные условия для привлечения частных инвестиций в инновационный бизнес.

В Пермском крае инновационная деятельность обеспечивается путем расширения венчурного инвестирования инновационных проектов в сфере нанотехнологий. Финансирование сроком до 10 лет осуществляется специализированным паевым инвестиционным фондом (ЗПИФ «Кама Фонд Первый»), целевой капитал которого составляет 2 млрд руб., а инвестиционный портфель включает около 20 проектов, преимущественно нанотехнологических.

Институциональные, пространственные и структурные преобразования экономической среды стимулируют инвестиционные процессы к развитию в инновационном направлении. Эффективность такого бизнеса определяется исключительно гибкостью компьютерных технологий. Это способствует созданию новых предприятий и производств, функционирование которых поддерживается инновациями, а развитие осуществляется по принципам полного инновационного цикла (рис. 1). Последний отражает инвестиционные направления, которые способствуют коммерциализации научных разработок и формируют перспективные для вложения средств бизнес-объекты.

Модель инновационного цикла при создании наукоемких продуктов и производств позволяет выделять обязательную стадию научно-исследовательских работ. Однако для переориентации инвестиционных потоков в данном направлении для системы менеджмента предприятий требуется соответствующий мотивационный механизм. Как показывают результаты исследований белорусских и российских ученых, низкая заинтересованность в организации проектных работ по стадиям полного инновационного цикла, ориентация на инвестиционную стратегию простого заимствования инноваций создают угрозу консервации отсталости отраслей, обеспечивающих выпуск сложнотехнических товаров [1, 5]. Решению этой проблемы способствует политика финансовой поддержки создания научной сферы и наукоемкой продукции. В частности, Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. предусмотрено увеличение затрат на исследования и разработки к 2015 г. до уровня 2,5–2,9% ВВП, при этом возрастет доля бюджетного финансирования в общей величине затрат, что соответствует международной практике. Например, в государствах ОЭСР доля государственного финансирования науки достигает 30%, в Японии полностью оплачиваются перспективные фундаментальные исследования [1, 5]. В Беларуси за 2011 г. бюджет обеспечил около 40% общих затрат на НИР. По оценке БелИСА, за период 2007–2011 гг. среднегодовая доля средств иностранных инвесторов (включая кредиты и займы) в инновационных и исследовательских проектах научных организаций составила около 14%.

Следствием проводимой государственной инвестиционной политики стало повышение в 2012 г. удельного веса отгруженной инновационной продукции предприятиями промышленности до 17,8%, в 2011 г. – 14% (при запланированном Правительством значении 12–13%). Наиболее

высокий показатель имели Минск (23,4%), Могилевская (17,4%) и Гомельская области (16,4%). В отраслевом разрезе общереспубликанский уровень был превышен предприятиями машиностроения (в среднем 24%), а по позиции транспортных средств и оборудования достиг 45%.

Это позитивная тенденция, поскольку машиностроение в международной практике рассматривается в качестве технической основы инновационного развития, определяющей уровень производительности общественного труда. Так, по оценкам российских ученых, за последние 25–30 лет сложность машины как объекта производства возросла в 4–5 раз, а требования к точности изготовления деталей и сборки увеличились примерно на порядок [2, 5]. Вместе с тем темпы роста производительности труда, рассчитанные на основе показателя валовой добавленной стоимости (ВДС) по отдельным видам экономической деятельности, неустойчивы и неравномерны (табл. 1).

В целом в отечественной экономике уровень производительности труда, рассчитанный по НДС, снизился с 107,5 в 2005 г. до 107,2 в 2011 г. Рост наблюдался только в сфере сельского и лесного хозяйства, а также транспорта и связи, что объясняется реализа-

цией инфраструктурных инвестиционных проектов и проектов по обновлению производства сельскохозяйственной техники. В промышленности отмечалось снижение этого показателя, обусловленное длительным характером процессов модернизации предприятий и медленной информатизацией. Анализ зарубежного опыта показывает, что конструкторские службы иностранных машиностроительных компаний уже более чем 20 лет назад перешли на «человеко-машинные» методологии проектирования изделий, а тенденция усиления интеграции компьютерных систем проектирования, планирования и диспетчеризации производства стала общемировой.

Исследование внедрения в промышленных предприятиях информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции, проведенное Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси, показало, что собственные программные разработки в большинстве случаев морально устарели [4]. Поэтому в настоящее время инвестирование целесообразно в проекты по внедрению CALS-ERP-технологий как комплексных информационных систем, существенно совершенствующих организационную



Рис. 1. Модель инновационного цикла в современном инвестиционном процессе



Виды экономической деятельности	В процентах к предыдущему году			Превышение общереспубликанских темпов, коэффициент		
	2005 г.	2009 г.	2011 г.	2005 г.	2009 г.	2011 г.
Национальная экономика	107,5	99,8	107,2	–	–	–
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	109,1	103,1	113,5	1,01	1,03	1,06
Рыболовство, рыбоводство	111,1	106,2	96,6	1,03	1,06	0,90
Промышленность	108,4	99,3	107,9	1,01	0,99	1,01
Строительство	116,5	105,7	106,6	1,08	1,06	0,99
Транспорт и связь	103,5	98	110,2	0,96	0,98	1,03

Таблица 1. Темпы роста (снижения) производительности труда (по ВДС) по отдельным видам экономической деятельности Республики Беларусь за 2005–2011 гг. [4]

структуру предприятия и оптимизирующих ресурсы по обеспечению его функционирования.

Анализ инвестирования в отечественные научные исследования и разработки за период 2006–2012 гг. показал, что наибольшая доля приходилась на технические науки (75% в 2006 г., и 70,3% в 2012 г.). Это во многом способствовало росту доли инновационно активных организаций в общем количестве промышленных предприятий с 16,3% в 2006 г. до 22,8% в 2012 г. [4]. При этом Госпрограммой инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. предусмотрено ее увеличение до 40%, в связи с чем важной задачей становится рациональный выбор сферы приложения результатов НИР. По расчетам российских ученых, инвестиции в создание и освоение прорывных макротехнологий способны увеличить долю страны на мировом рынке наукоемкой продукции более чем в 10 раз [7]. Поэтому инвестиционные факторы должны быть учтены не только в системной информатизации промышленных предприятий, но и при разработке научно-технических проектов, ориентированных на создание высокотехнологичных производств с полным инновационным циклом. Иначе говоря, фактор инновационного инвестирования определяет не только наукоемкость ВВП, но и в конечном счете конкурентоспособность экономики и благосостояние общества.

В современной экономической среде на направленность инвестиционных стратегий, формирующих конкурентные

преимущества, оказывают прямое воздействие факторы кластеризации. Так, мировая практика в области организации кластеров показывает, что они мотивируют отраслевых лидеров ускорять бизнес-процессы с помощью инноваций. Благодаря этому механизму появляются предпосылки для экономии производственных ресурсов и снижения транзакционных издержек. В масштабе страны факторы инновационного инвестирования совместно с факторами кластеризации изменяют качество экономического роста и способствуют мультипликации множества сопряженных с инновациями эффектов. К основным из них относятся:

- *научно-технический*, обеспечиваемый путем вовлечения в процессы кластеризации и инвестирования научных и научно-производственных организаций (доступ к базам знаний в научно-технической сфере; наличие высококвалифицированных научных кадров; способность к разработке и освоению инноваций);

- *производственно-технологический*, поддерживаемый процессом создания новых форм производственной кооперации в производствах высокотехнологичной продукции. Например, организационно обособленных и экономически самостоятельных специализированных конструкторских и инжиниринговых организаций (предложения по проектным решениям модернизации производственно-технологической базы; наличие уникального оборудования, технологий и оптимальное их использование;

квалифицированный персонал инженерного профиля; способность создавать высокотехнологичную продукцию, основанную на научных достижениях);

- *финансовый*, создаваемый защитными мерами использования инновационного актива, способного самостоятельно генерировать доход (наличие исключительных прав на производство и дистрибьюцию инновационного продукта; трансфертное ценообразование в инновационном кластере; диверсификация производства);

- *маркетинговый*, определяемый конкурентными характеристиками инновационной продукции на целевых товарных рынках (переориентация производства на новые товары и новые рынки; развитая товаропроводящая сеть; сервисные преимущества).

Таким образом, для белорусских предприятий, осуществляющих выпуск экспортноориентированной продукции, факторы инновационного инвестирования используются для конкурентных преимуществ в условиях расширения экономического пространства и перехода на интенсивный тип экономического развития. ■

## Литература

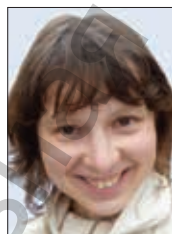
1. Котелкин А.И. Матрицы влияния. Теория и практика экономического управления. – М., 2003.
2. Краткий доклад о состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь по итогам 2011 г. – Мн., 2012.
3. Орехов В. Проблема и предпосылки выбора стратегии инновационного развития экономики / Материалы международной конференции. – М., 2010.
4. Статистический ежегодник Республики Беларусь. – Мн., 2012.
5. Наука и инновации. Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь. <http://belstat.gov.by/homep/ru/indicators/science.php>.
6. Степаненко Д.М. Инновационная политика Республики Беларусь. – Мн., 2005.
7. Черныш Л.П. Экономическая политика: монография. – Мн., 2006.
8. Внедрение на промышленных предприятиях информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции / Л.В. Губич, М.А. Ковалев [и др.]. – Мн., 2012.

# Инвестирование в высокотехнологичные секторы

Одним из приоритетов инвестиционной политики Республики Беларусь является модернизация и создание высокотехнологического сектора экономики. Неотъемлемая часть этого процесса – инвестиции в науку, технологии и инновации, при этом страна находится на этапе формирования данного сектора и не может абстрагироваться от процессов, происходящих в мире.

**Т**ехнологии и инновации – ключевой фактор конкурентоспособности продукции и залог успешного экономического развития, они обеспечивают эффективность инвестиционной политики. Стремление построить продуктивную модель инвестирования в высокие технологии характерно в той или иной мере для большинства государств, включая Беларусь и Россию. Международная конкуренция в этой области только возрастает, а сокращение разрыва с лидерами требует все больших ресурсов. В связи с этим для республики особенно важно усвоить опыт других стран, быть в русле мировых тенденций.

К высокотехнологичным секторам как правило относят производство аэрокосмической,



**Светлана Боган,**  
научный сотрудник  
НИЭИ Министерства  
экономики  
Республики  
Беларусь

фармацевтической, химической, прогрессивной машиностроительной продукции, современных материалов, компьютерного, теле-, радио-, офисного оборудования, полупроводников, средств связи, медицинских, точных и оптических инструментов [1–4]. Они отличаются перспективностью и высокой эффективностью инвестиций, однако при этом в большинстве случаев рискованны и требуют существенных вложений в разработку, внедрение новых продуктов.

В мире расходы на НИОКР, согласно Battelle, R&D Magazine, не достигают и 2% ВВП, хотя у стран – технологических лидеров они существенно выше, чем в среднем по миру [4]. Так, например, в Европе ассигнования на исследования и разработки (ИР) в 2012 г. составили 1,88% ВВП, а прогноз на 2013 г. не изменился (табл. 1). В Беларуси в 2011 г. данный показатель установился на уровне 0,79%, что меньше, чем, например, в России (1,48%).

На динамику выделения средств на ИР оказал влияние глобальный кризис 2008 г. Так, ЕС не достиг 3% ВВП, запланированных к 2010 г., и эта цель перешла на 2020 г. Во время кризиса исследования и разработки оказались очень уязвимы к сокращению финансирования, поэтому инновации были важной составляющей пакетов восстановления

экономик. В результате государственные бюджетные ассигнования на НИОКР в ОЭСР выросли, что частично скомпенсировало снижение расходов предприятий – сокращение выделяемых на НИОКР средств в 2009 г. было не таким большим, каким могло бы быть. В 2010–2011 гг. по мере ужесточения бюджетных ограничений многие страны стали замедлять или урезать финансирование ИР, однако к 2010 г. инновационная деятельность крупных многонациональных компаний, работающих в высокотехнологичных секторах, восстановилась.

В 2013 г. на исследования и разработки будет направлено на 3,7% больше средств по сравнению с 2012 г., что составит 1,5 трлн долл. Что касается распределения по регионам, то по расходам на НИОКР первое место занимает Азия, затем следуют Америка и Европа. Нужно отметить, что в целом наблюдается тенденция роста показателя в Азии (в основном за счет Китая) и его уменьшения в Америке и Европе. Несмотря на это, США остается страной с самыми большими ассигнованиями на ИР. Характерно, что свыше 97% от мирового объема расходов на исследования и разработки приходится на 40 стран [4].

Направления вложений по секторам можно проследить по данным Европейской комиссии о топ-1500 компаний в мире по ин-

Государства и страны	в мировом объеме			в ВВП		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Америка (21 страна), в том числе	34,8	34,3	33,8	2,05	2,04	2,04
США	29,6	29,0	28,3	2,7	2,68	2,66
Азия (20 стран), в том числе	34,9	36,0	37,1	1,75	1,77	1,79
Япония	11,2	11,1	10,8	3,47	3,48	3,48
Китай	12,7	13,7	14,7	1,55	1,6	1,65
Индия	2,8	2,8	3,0	0,85	0,85	0,9
Европа (34 страны)	24,6	24,0	23,4	1,87	1,88	1,88
Другие государства (36 стран)	5,7	5,7	5,7	0,86	0,87	0,87
<b>Всего</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1,76</b>	<b>1,77</b>	<b>1,77</b>

Таблица 1. Удельный вес расходов на исследования и разработки, %  
 Источник: Battelle, R&D Magazine: 2013 Global R&D Funding Forecast

Сектор (по Industry Classification Benchmark)	Исследования и разработки		Капитальные вложения	
	млрд долл.	% к общей сумме	млрд долл.	% к общей сумме
Нефть и газ (0500)	12,9	2,5	247,5	27,7
Химическое производство (1300)	21,7	4,2	35,5	4,0
Сырье и материалы (1700)	5,5	1,1	62,8	7,0
Строительство и стройматериалы (2300)	6,1	1,2	16,2	1,8
Промышленные товары и услуги (2700)	92,7	18,1	115,9	13,0
Автомобили и запчасти (3300)	80,5	15,8	96,2	10,8
Пищевое производство и производство напитков (3500)	8,2	1,6	19,3	2,2
Личные и хозяйственные товары (3700)	25,5	5,0	26,4	3,0
Здравоохранение (4500)	101,2	19,8	28,7	3,2
Розничная продажа (5300)	5,4	1,1	12,5	1,4
Медиа (5500)	3,0	0,6	3,0	0,3
Путешествия и досуг (5700)	1,8	0,4	10,1	1,1
Телекоммуникации (6500)	10,3	2,0	84,1	9,4
Электроэнергия, газо- и водоснабжение (7500)	3,6	0,7	55,1	6,2
Банки (8300)	7,7	1,5	0,0	0,0
Страхование (8500)	0,6	0,1	0,0	0,0
Другие финансы (8000-8300-8500)	0,6	0,1	0,5	0,1
Технологии (9500)	123,8	24,2	79,0	8,9
<b>Всего</b>	<b>511,2</b>	<b>100,0</b>	<b>892,7</b>	<b>100,0</b>

Таблица 2. Исследования, разработки и капитальные вложения топ-1500 компаний по секторам в 2011 г.  
 Авторские расчеты по данным Economics of Industrial Research and Innovation/ European

вестиям в ИР (табл. 2). Наибольший объем капиталовложений в НИОКР приходится на сектор технологий, куда входят подсекторы разработки программного обеспечения, технологической аппаратуры и оборудования; здравоохранение (прежде всего фармацевтика); промышленные товары и услуги (преимущественно аэрокосмическая и оборонная промышленность, электроника);

автомобилестроение. Примечательно, что 23% всех расходов приходится на первых 20 компаний, из которых 7 относятся к фармацевтике и биотехнологиям, 6 – к автомобилестроению.

В Беларуси на научные исследования в медицине, фармацевтике и биотехнологиях выделяется 15% всего объема финансирования госпрограмм [6]. Однако в абсолютном выражении за 5 лет это

составляет около 1% от годовых расходов на исследования и разработки любой из 7 компаний – мировых лидеров фармацевтической промышленности. Учитывая объем средств, выделяемых на развитие данного направления в мире, можно говорить о необходимости значительного увеличения ассигнований, для того чтобы инвестиции в данную отрасль были эффективны. Из областей, где наиболее интенсивно велись ИР, самой капиталоемкой является нефтегазовая промышленность. Следом за ней идут промышленные товары и услуги, автомобили и запчасти, которые сравнительно наукоемки и требуют существенных капиталовложений по сравнению с другими секторами.

Инвестиции в основной капитал наукоемких компаний в 1,7 раза превышали расходы на ИР. Если цель инвестиционной политики – формирование высокотехнологического сектора экономики, то выделения значительных средств на ИР недостаточно – внедрение новых технологий потребует вложений в основной капитал, по объему существенно превышающих расходы на их создание. Применительно к Беларуси это означает необходимость направления ресурсов на практическую реализацию научных результатов, причем еще на этапе планирования затрат на ИР.

Из распределения по странам и секторам инвестиций в ИР, осуществленных топ-1500 компаний в 2011 г. [5], вытекает следующее. Если определять специализацию отдельных государств на основе выделения средств в различные направления, то в США более 60% ресурсов были получены тремя секторами: технологическая аппаратура и оборудование, фармацевтика и биотехнологии, разработка программного обеспечения. Четверть средств компаний Японии были направлены на ИР в автомобильной промышленности, еще 47% приблизительно в равной пропорции получили инновации в электронике, производстве других потребительских товаров (кроме автомобилей и



Сельское хозяйство и пищевая промышленность	США	Китай	Германия	Австралия	Бразилия
Автомобилестроение	Германия	Япония	США	Южная Корея	Китай
Аэрокосмический (коммерческий), железнодорожный и другие, кроме автомобильного, виды транспорта	США	Франция	Германия	Китай	Япония
Военные технологии, в том числе аэрокосмические	США	Китай	Россия	Великобритания	Франция
Химическая продукция, нанотехнологии, современные материалы	США	Япония	Германия	Китай	Великобритания
Энергетика	США	Германия	Япония	Китай	Великобритания
Охрана окружающей среды	Германия	США	Япония	Великобритания	Швеция
Охрана здоровья, медицина, биотехнологии	США	Великобритания	Германия	Япония	Швейцария
ИКТ	США	Япония	Китай	Германия	Южная Корея
Электроника, кроме ИКТ	США	Германия	Япония	Китай	Южная Корея

запчастей), технологической аппаратуры и оборудования, фармацевтике и биотехнологиях. Исследования и разработки ЕС имеют ярко выраженную специализацию в автомобильной промышленности (Германия), фармацевтической, биотехнологиях (Швейцария), химической промышленности (Германия). Две трети расходов компаний Южной Кореи на НИОКР были направлены в электронику, что позволило ей находиться среди крупнейших игроков на мировом рынке в этом сегменте. Компании Китая попали в топ-1500 по объему финансирования ИР в 8 секторах из 17 выделенных, также относительно значительные средства шли на ИР в секторе технологического оборудования и промышленности. Россия практически полностью сконцентрирована на нефтегазовой индустрии. В целом лидерами в фармацевтике являются США и ЕС, в автомобильной промышленности – ЕС (прежде всего Германия) и Япония, электронике – Япония и Южная Корея, разработке программного обеспечения – США, технологической аппаратуры и оборудования – США и со значительным отрывом ЕС и Япония.

На основании ответов участников мирового рынка ИР R&D Magazine получены оценки перспектив отдельных стран в развитии высокотехнологичных секторов (табл. 3). Как показано в таблице, этот рынок и в ближайшем будущем останется поделенным между несколькими странами. Между тем, по данным US National Science Foundation,

валовая добавленная стоимость наукоемких технологичных отраслей составляет около 30% мирового ВВП, экспорт – 20% всего экспорта промышленных товаров. С 2000 по 2010 г. высокотехнологичный сектор вырос в 2 раза и составил 18,2 трлн долл. Из этой суммы 32,5% приходилось на США, 27,8% – на ЕС, 8,9% – на Японию, 6,8% – на Китай. Удельный вес экспорта составил 15,4%, что свидетельствует, прежде всего, о большом внутреннем спросе. Показательно, что США в течение многих лет является net-импортером высокотехнологичной продукции (рис. 1), это же характерно и для ЕС. К крупнейшим чистым экспортёрам относятся Китай и Тайвань, что объясняется переносом корпорациями произ-

водства в эти страны. Это также подтверждает тезис о необходимости привлечения прямых иностранных инвестиций, которые способствуют трансферу технологий и наращиванию экспорта.

Согласно опросу, проведенному в 2013–2015 гг., предприятия планируют осуществлять исследования и разработки в нескольких основных направлениях (рис. 2) [4]. Эти направления наиболее динамично развиваются, однако также являются высококонкурентными, требуют значительных инвестиций. Оценка мирового объема ИР в 2013 г. в области ИКТ составляет 286,6 млрд долл., секторе медицины – 189,2, современных материалов – 42, аэрокосмических и военных технологий – 30,8 млрд долл.

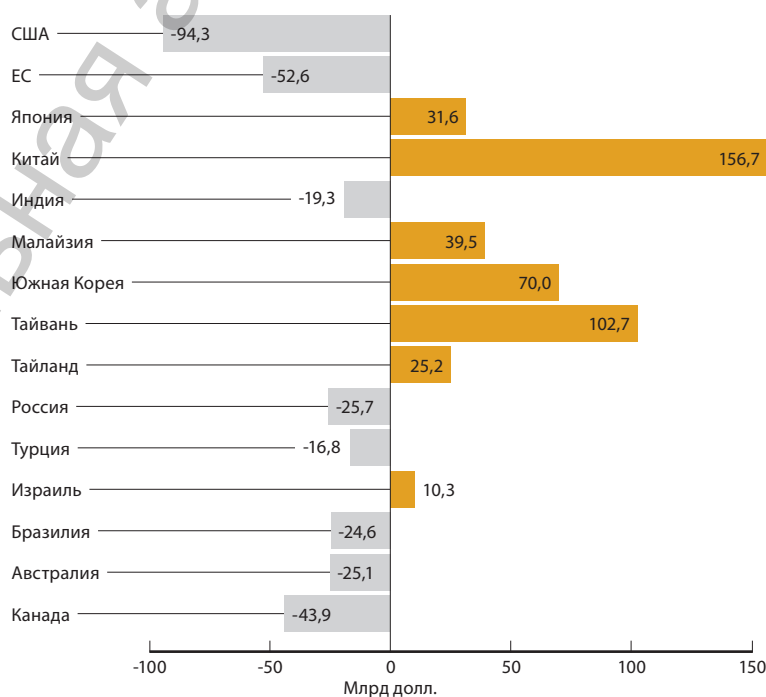


Таблица 3. Страны – лидеры в исследованиях и разработках по областям исследований (технологиям)

Источник: Battelle, R&D Magazine: 2013 Global R&D Funding Forecast

Рис. 1. Чистый экспорт высокотехнологичных товаров в 2010 г.

Источник: US National Science Foundation

Нанотехнологии (кроме био-)	53
Возобновляемая энергия	48
Бионанотехнологии	41
Облачные технологии в ИТ	39
Компьютерное оборудование	38
Медицина/диагностика	35
Техника, не наносящая ущерб окружающей среде	33
Роботехника/автоматизированное оборудование	32
Аналитическое программное обеспечение	31
Программные средства моделирования	30

Рис. 2. Планируемые компаниями расходы на исследования и разработки по ключевым направлениям в 2013–2015 гг., %

Источник: Battelle, R&D Magazine, Industry Survey Respondents

На исследования частными компаниями в энергетике в 2013 г. планируется направить 16 млрд долл.

Доступ к финансированию является ключевым звеном технологического и инновационного развития, особенно на ранних стадиях и при внедрении. В мире апробировано множество финансовых инструментов стимулирования наукоемкого сектора экономики, многие из которых применяются и в Беларуси. Однако зачастую эти меры в наших условиях либо недостаточно эффективны (например, субсидирование), либо не получили необходимого развития (например, венчурное финансирование). В силу этого совершенствование инвестиционных механизмов – один из резервов роста отечественной экономики.

К последствиям мирового кризиса можно отнести возникновение проблемы расширения доступа к финансированию технологичных и инновационных фирм. Возросшие требования к устойчивости банков усложняют получение ресурсов из-за повышенных рисков многих проектов, использование же механизмов частно-государственного партнерства и налогового стимулирования в Беларуси затруднено из-за ряда проблем институционального характера. Поэтому снятие административных барьеров остается актуальной мерой стимулирования инноваций, коммерци-

ализации научных исследований госсектора.

Инвестиции в ИР являются лишь начальным этапом построения наукоемкой экономики. За ним следуют создание мощностей по выпуску продукции, мероприятия по выводу ее на рынок. Последний этап исключительно важен, поскольку от его успешного завершения зависит эффективность дальнейших инвестиций. Отмечается, что даже запатентованные новшества используются во всем мире едва ли не на 3–5% [3]. Так, в среднем из каждых 100 идей разрабатывается не больше одной, из которых свыше 90% рынок отвергает. К этому добавляются такие факторы, как быстрое устаревание и распространение технологий, включая нелегальную передачу, высокие риски при коммерциализации, сокращение сроков действия высокотехнологичной продукции, естественный процесс интеграции ресурсов и сбытовых сетей. Поэтому в Беларуси необходимо использовать весь доступный потенциал, совершенствовать условия инвестиционной деятельности для того, чтобы инвестиции были эффективными.

Изучение мировых тенденций инвестирования в ИР позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, для построения наукоемкого и инновационного сектора экономики необходимо выделять больше средств на исследования и разработки, поскольку это не

менее важно, чем инвестиции в основной капитал. Во-вторых, ни одна страна не может одинаково эффективно развивать все наукоемкие направления – государства с ограниченными финансовыми ресурсами, развивающимися институтами коммерциализации знаний и неустойчивыми позициями национальных компаний на мировом рынке не могут позволить себе распылять средства.

Распределение финансирования показывает, что приоритеты наукоемкого развития в нашей республике определены недостаточно четко – это снижает вероятность успеха любого из них. В-третьих, необходимо расширять емкость внутреннего рынка высокотехнологичной продукции (что также будет способствовать повышению конкурентоспособности других отечественных товаров) и привлекать ПИИ для получения возможности трансфера технологий и встраивания в мировые производственные цепочки.

Кроме того, быстрое старение технологий требует, чтобы процесс инвестирования был оптимизирован – сокращено время рассмотрений, согласований, своевременно и в полном объеме выделялись средства и др.

Инвестиции в исследования и разработки не дают быстрого результата, однако они необходимы для создания высокотехнологичного сектора экономики и повышения конкурентоспособности страны в долгосрочной перспективе. ■

## Литература

1. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2011. [http://dx.doi.org/10.1787/sti\\_scoreboard-2011-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2011-en).
2. Science and Engineering Indicators 2012// US National Science Foundation: National Science Board. Электронный ресурс: <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/appendix.htm>.
3. Ярманов И.В. Пути совершенствования российского экспорта наукоемкой продукции в условиях интернационализации научно-технических связей // Дисс. на соиск. уч. ст. канд. эк. н. – М., 2004.
4. 2013 Global R&D Funding Forecast // R&DMagazine. Электронный ресурс: <http://www.rdmag.com>.
5. Economics of Industrial Research and Innovation. Электронный ресурс: <http://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard12.html>.
6. Об утверждении перечня государственных программ научных исследований на 2011–2015 годы // Постановление Совета Министров от 9.06.2010 г. №886 (в ред. от 18.02.2013 №115).
7. UNESCO Science Report 2010.

# Информационная составляющая инновационной восприимчивости субъектов хозяйствования

УДК 001.895

Основополагающую роль в стабильном функционировании и развитии субъекта хозяйствования играет его восприимчивость к инновациям: чем больше технологий внедряется в производственный процесс, чем больше выпускается новой продукции, тем увереннее предприятие чувствует себя в острой конкурентной борьбе.

Оценивая инновационную восприимчивость экономики нашей страны, следует отметить, что по итогам 2011 г. в Беларуси насчитывалось 443 крупных и средних инновационно активных предприятия, что составило 22,7% от общей численности промышленных организаций (это в несколько раз меньше, чем в странах Евросоюза). При этом из затрат на инновации 99,5% пришлось на технологические инновации, из которых основная часть расходуется на покупку машин и оборудования и лишь небольшая доля идет на приобретение новых технологий. Вместе с тем не нужно рассматривать данное явление только с отрицательной стороны: ориентируясь на покупку готовых решений, предприятия тем самым уходят от необходимости расходовать дополнительные ресурсы на внедрение и освоение

технологий, получая их уже в практически готовом виде.

Под инновационной восприимчивостью подразумевают способность применять пионерные технологические новшества либо впервые осуществлять инновацию. Существует ряд подходов к развитию и уточнению данного определения, из которых к реалиям белорусской экономики наиболее близки позиции российских ученых, в частности Т.А. Нелюбиной, Л.К. Шаминой, О.Н. Владимировой, Н.П. Масленниковой [1-4].

Анализ определений позволяет сделать вывод, что инновационная восприимчивость – это комплексный показатель, зависящий от большого количества внешних и внутренних факторов. К первым можно отнести уровень конкуренции, инновационный, инвестиционный климат в



**Ирина Парамонова,**  
начальник планово-экономического отдела научно-технологического парка БНТУ «Политехник», кандидат экономических наук



**Максим Вайтешонко,**  
специалист по маркетингу научно-технологического парка БНТУ «Политехник»

стране и др. Среди внутренних факторов выделяют состояние материально-технической базы, финансовую обеспеченность и многое другое на уровне субъекта хозяйствования.

В целом все факторы можно разбить на отдельные группы, регламентирующие разные стороны инновационной восприимчивости предприятия (рис. 1). Рассмотрим их более подробно.

*Техническая и технологическая обеспеченность.* Базовыми показателями, определяющими данную группу факторов, являются износ основных фондов и доступность современного оборудования. Для отечественных предприятий проблема технологического отставания от передовых зарубежных стран остается по-прежнему актуальной. В первую очередь это обусловлено крайней физической изношенностью оборудования (в 2010 г. по Министерству промышленности – 67%) и низкими показателями внедрения новых технологий, что не дает возможность выпускать новые виды продукции [5].

На скорость и масштабы внедрения инноваций значительно влияет *финансово-кредитное и инвестиционное обеспечение.* Именно отсутствие финансовых ресурсов зачастую сильно тормозит процессы освоения новых





Рис. 1. Факторы инновационной восприимчивости

технологий и видов продукции на предприятии. В этой группе к основным показателям можно отнести наличие материальных ресурсов, доступность финансовых инструментов, стоимость ресурсов, дисбаланс структуры инвестиций, финансовую устойчивость субъекта хозяйствования.

*Кадровый и человеческий потенциал предприятия, способствующий инновационной восприимчивости, можно*

оценивать по ряду факторов: наличие работников необходимых специальностей и квалификации, способность кадров к восприятию инноваций, возрастная структура, внутрифирменная подготовка. Отметим, что на данный момент в стране наблюдается недостаток кадров в области управления инновационным процессом. Для решения этой проблемы белорусскими вузами налажена подготовка инновационных менеджеров.

Как известно, обеспечение полного инновационного цикла во многом зависит от развитости инновационной инфраструктуры. Выделяются ее составляющие, регламентирующие отдельные стороны инновационной восприимчивости субъектов хозяйствования: производственно-технологическая, финансовая, кадровая, информационно-консалтинговая, организационная. Эффективная работа с этими элементами позволяет решать важные вопросы инновационного процесса, такие как технологическая и финансовая поддержка, информационное обеспечение, содействие продвижению разработок, проведение научных мероприятий, подготовка кадров для инновационной деятельности и др. В Беларуси функционирует сравнительно развитая инновационная инфраструктура, в том числе консалтинговые и инновационные центры поддержки предпринимательства, бизнес-инкубаторы, научно-технологические парки, зоны высоких технологий, центры трансфера технологий и др. Вместе с тем многие субъекты инфраструктуры пока не поддерживают инновационный процесс на протяжении всей цепочки генерации, коммерциализации и внедрения инноваций. Также немаловажным фактором является совершенствование финансовой инновационной инфраструктуры, в том числе развитие венчурного финансирования, создание государственных, частно-государственных фондов для поддержки отдельных стадий становления инновационного бизнеса.

Существенно влияет на инновационную восприимчивость *нормативно-правовое регулирование*. В данной сфере принято выделять такие элементы, как государственное инновационное законодательство, региональная научно-техническая и промышленная политика, которые определяют статус субъекта инновационной инфраструктуры, а также обеспечивают благоприятные условия для его деятель-



Рис. 2. Взаимодействие науки и производства

ности. Основопологающим законодательным актом в этой сфере является Закон Республики Беларусь от 10.07.2012 г. №425-3 «О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь». Помимо этого имеется ряд других не менее важных нормативных правовых актов, регулирующих инновационную деятельность в стране, например Указ Президента от 3.01.2007 г. №1 «Об утверждении Положения о субъектах инновационной инфраструктуры».

Следует особо отметить, что анализ научных публикаций, посвященных вопросам инновационной восприимчивости, позволяет говорить о недостаточном внимании авторов к информационной составляющей инновационной деятельности. Нередко ее определяют как составной элемент инфраструктурного обеспечения, тогда как в современной экономической системе информационные ресурсы не менее важны, чем энергетические, материальные и финансовые. В силу этого целесообразно выделять информационное обеспечение в отдельный фактор.

В инновационной деятельности информация – определяющий элемент, от которого напрямую зависит эффективность перечисленных выше факторов, а в результате и всего инновационного процесса. При этом один из важнейших вопросов – налаживание информационных связей между производственным сектором и научной средой. Это позволит предприятиям не только находить уже готовые решения, но и ставить перед научными организациями актуальные проблемы, обозначать ориентиры создания новых и совершенствования существующих технологических процессов и выпускаемой продукции. Однако ситуацию в научной сфере зачастую можно охарактеризовать как «оторванную» от потребностей реального сектора экономики, практически без отлаженной системы обратных связей.

Таким образом, важным направлением в повышении эффективности инновационной деятельности субъектов хозяйствования являются разработка и внедрение информационных систем, сопровождающих и поддерживающих инновационный процесс. На рис. 2 представлено упрощенное схематическое отображение данной системы. К ней как эффективному инструменту коммерциализации научных знаний могли бы обращаться центры трансфера технологий, представители научных организаций, специалисты предприятий. Такое прямое взаимодействие способствовало бы ускоренному привлечению новейших отечественных разработок и технологий, что позволило бы эффективно решать следующие задачи.

Для научного сектора:

- продвижение продукции и услуг научных организаций страны на внутреннем и внешнем рынках;

- классификация, распространение и мониторинг результатов НИОКР;

- поиск белорусских и зарубежных партнеров для проведения совместных научно-исследовательских работ.

Для субъектов хозяйствования реального сектора экономики:

- классификация и мониторинг технологических задач, проблем промышленных организаций (отслеживание рынка инновационной продукции).

Для обеих сторон:

- формирование и совершенствование эффективных взаимосвязей между научными и промышленными организациями для совместной и взаимовыгодной деятельности.

Создание и поддержание таких информационных систем целесообразно реализовать на базе современных интернет-технологий, которые обеспечат их гибкость и общедоступность. На настоящий момент в республике подобные структуры существуют в виде отдельных сайтов, тематических баз некоторых научных организаций и ведомств. Однако

содержащаяся в них информация недостаточно систематизирована, что затрудняет поиск. Наличие же централизованной системы позволит, с одной стороны, более оперативно и эффективно производить поиск инноваций, а с другой – может объединить научные организации как единую площадку для продвижения высокотехнологичного продукта. Кроме того, такой подход обладает рядом преимуществ:

- прямое взаимодействие представителей предприятий и разработчиков научно-технической продукции в интерактивном режиме;

- общедоступность и удобство в использовании;

- актуальность предоставляемой информации.

Применение информационной системы как обеспечит более тесные взаимосвязи между предприятиями и научной средой, так и существенно повысит инновационную восприимчивость реального сектора экономики, что в конечном итоге позволит отечественным субъектам хозяйствования занимать достойные позиции на современном рынке. ■

## Литература

1. Нелюбина Т.А. Управление инновационной восприимчивостью социально-экономических систем: Автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 10.08.2010. – Екатеринбург, 2010.
2. Шамина Л.К. Инновационный потенциал предприятия // Инновации – 2007, № 9.
3. Владимиров О.Н. Организационно-экономические и институциональные основы формирования и функционирования региональных инновационных систем: монография. – М., 2011.
4. Масленикова Н.П. Управление развитием инновационной восприимчивости организаций в изменяющейся внешней среде: Теоретические и методологические аспекты. // Автореф. дис. ... докт. эконом. наук: 15.09.2003. – М., 2003.
5. Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь. <http://www.belstat.gov.by/>.

# Проблемы оценки эффективности функционирования инновационной инфраструктуры

УДК: 330.322:330.341

**В**ыход на новый уровень развития национальной экономики требует от менеджеров всех звеньев обеспечения перехода к устойчивому инновационному росту, общая концепция которого предусматривает баланс между удовлетворением потребностей и защитой интересов будущих поколений. Целью инновационной деятельности является сочетание обособленных звеньев «наука» и «производство» при посредничестве инновационной инфраструктуры (ИИ).

На данный момент существует большое разнообразие субъектов ИИ: бизнес-инкубаторы, инновационные центры, венчурные фонды, технологические парки, технополисы и др. В основу их видового разнообразия положены 4 главных принципа:

- создание максимально благоприятных условий для развития наукоемкого производства и инновационного бизнеса;

- сближение науки, производства, бизнеса, информационных источников;

- объединение под одной крышей фирм, создающих и коммерциализирующих наукоемкую продукцию;

- поддержка венчурными фирмами инкубационного периода научно-технических разработок [1].

Взаимодействие объектов инфраструктуры позволяет выпускать продукцию, оказывать услуги, конкурентоспособные на национальном и мировом уровнях. Воплощение идей научно-технической сферы в процессах экономического и социального развития общества требует формирования системы



**Ирина Прилуцкая,**  
аспирантка  
Киевского  
национального  
университета  
им. Т. Шевченко

институтов, которые должны вырабатывать стимулы для генерирования большого количества нововведений, способствующих созданию наукоемких товаров, новых рынков, обеспечению платежеспособного спроса.

ИИ является институциональным полем, в котором зарождаются, материализуются и через коммерческое использование приобретают признаки инновационного продукта научно-технические идеи. Развитие ИИ должно обеспечиваться, прежде всего, путем создания инновационных предприятий и образования кластеров – взаимосвязанных систем, необходимых для осуществления всего цикла инновационного процесса. ИИ должна включать следующие системы:

- научно-образовательного и информационного обеспечения (способствует разработке новаций и предоставляет доступ к инновационным предложениям, банкам данных для всех заинтересованных предприятий и организаций, независимо от формы собственности);

- комплексной (в том числе государственной) экспертизы инновационных и инвестиционных программ, проектов, предложений, заявок;

- финансово-экономического стимулирования и финансирования инновационной деятельности (используются различные источники поступления средств – ресурсы предпринимательских структур, инвестиционных фондов, иностранные капиталовложения и др.);

- разработки и освоения высоких технологий, предостав-

ления услуг в сфере инновационной деятельности и трансфера технологий;

- сертификации продукции, услуг в области метрологии, стандартизации, контроля качества;

- продвижения инноваций на рынках, включая маркетинговую деятельность, патентно-лицензионную работу, защиту интеллектуальной собственности.

Развитие элементов и подсистем ИИ в рамках национальной инновационной системы должно охватывать все звенья инновационного процесса, в том числе образование, научно-техническую деятельность, производство, потребление. ИИ образует совокупность объектов путем предоставления различных услуг, позволяет уменьшить информационную асимметрию в инновационной сфере и ускорить получение квазирентного дохода субъектами инновационной деятельности. Последние представляют собой сверхприбыли, получаемые от использования воспроизводимых, не связанных с эксплуатацией природных ресурсов, технологических, интеллектуальных, организационных и управленческих нововведений [1].

Одним из объектов ИИ являются технопарки. В Украине большинство таких структур сотрудничают с крупными предприятиями и используют исследовательскую инновационную модель. Они представляют собой корпорации, объединяющие интересы иностранных и отечественных компаний, сотен научных групп и лабораторий, десятков факультетов и институтов, тысяч студентов и молодых



ученых. Однако в деятельности большинства научных парков есть множество проблем, которые тормозят их развитие.

Современная европейская модель технопарка характеризуется двумя составляющими: наличием нескольких учредителей и земельного участка. Эффективность их работы можно определить по следующим критериям:

- соответствие научно-технической и инновационной деятельности государственным и региональным приоритетам;
- научный и технологический потенциал входящих в технопарк организаций, состояние региональной рыночной инфраструктуры;

- развитие малого инновационного бизнеса, ИИ [3].

Однако первой и важнейшей проблемой украинских технопарков является отсутствие помещений – большинство из них работает по «виртуальной» модели, что не позволяет предоставлять широкий спектр услуг [4]. Иностраный опыт подтверждает, что одним из условий успешного функционирования технопарка является наличие малых инновационных предприятий. В украинских реалиях такие организации создаются, однако в дальнейшей их судьбе парки никакого участия не принимают.

Важной составляющей деятельности каждого предприятия является маркетинг. Поскольку основной продукт, который производится научными парками, – это услуги, необходимо разработать комплекс их продвижения, который может состоять из следующих элементов:

- ситуационная оценка рынка и направлений маркетинговой деятельности в инновациях;
- определение изменений в инновационной среде (основные векторы научно-технического прогресса, капитал и инновационный потенциал заказчика; направления социального развития в сфере деятельности технопарков; уровень господдержки);
- оценка влияния инновационных маркетинговых факторов

Элементы ИИ	Год					
	2000	2002	2004	2008	2010	до 2013
Технопарки	7	15	16	16	16	+1
Бизнес-инкубаторы	46	63	73	72	76	+25
Центры инновационного развития	-	-	-	13	13	-
Научные парки	-	-	-	-	1	+4
Венчурные фонды	152	235	377	636	755	+27

Таблица 1. Количество объектов инновационной инфраструктуры в Украине [2]

№	Подход	Результаты внедрения мероприятия
1	Предоставление помещений университетам научному парку	а) получение возможности предоставлять фирмам площади в пределах парка; б) возможность создания рабочих мест ученым, принятым в штат парка; в) возможность размещения собственного оборудования для парка; г) переход от «виртуальной» модели научного парка к «реальной».
2	Создание предприятия только в пределах парка	а) выполнение важнейшей функции научного парка – инкубатора для малых предприятий; б) рост числа коммерциализированных нововведений внутри парка; в) дополнительные внутренние доходы, которые могут быть направлены на создание продукции в пределах парка с целью представления ее на рынке, а не под заказ.
3	Проведение маркетинговой компании	а) привлечение новых потребителей услуг научного парка как со стороны ученых, так и со стороны хозяйственного сектора; б) увеличение количества и стоимости реализованных научным парком проектов; в) привлечение новых инвесторов.
4	Создание собственного штата ученых	а) расширение спектра услуг парка, в том числе возможность предоставления научных консультаций; б) уменьшение времени разработки проекта путем использования собственных научных кадров.
5	Привлечение внешних источников финансирования (венчурные и инвестиционные фонды, иностранные инвестиции)	а) возможность расширения исследовательской базы; б) возможность привлечения ученых высокой квалификации; в) получение средств на проведение маркетинговой компании.

(прогнозы реакции заказчиков на маркетинговые мероприятия; стратегия, тактика и устойчивость конкурентов);

- набор маркетинговых мероприятий, включающий оценку каждого из них (определение вероятного уровня цен на инновационные идеи, срок окупаемости затрат на инновации, возможности предоставления дополнительных услуг) [5].

Следующей проблемой, требующей неотложного решения, является невыполнение одной из важнейших функций – формирования новых рабочих мест. Наличие при научном парке постоянного штата работников – одно из условий его функционирования.

Наиболее весомой проблемой на данном этапе развития

технопарков в Украине является недостаток финансирования – они, несмотря на принятые законодательные акты, не получают от государства никаких средств. Перечень льгот, определенный в Законе Украины «О специальном режиме инновационной деятельности технопарков», почти утратил силу со дня принятия нового Налогового кодекса.

Анализируя мировой опыт, можно утверждать, что важная составляющая финансовых ресурсов парка – инвестиции и венчурный капитал. Однако эти финансовые инструменты используются редко, не в последнюю очередь это обусловлено отсутствием сведений о проектах научных парков. Поэтому необходимо обеспечить открытость информа-

Таблица 2. Характеристика результатов внедрения предложенных мероприятий

Разработано автором

Таблица 3. Показатели деятельности исследованных технопарков

Разработано автором

№ критерия	Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ
1	Количество полученных патентов за 2011 г., шт.	64	98	275
2	Финансирование за 2011 г., млн долл.	121	0,897	0,237
3	Количество реализованных проектов за 2011 г., шт.	1112	124	8
4	Прирост ученых за 2011 г., чел.	115	467	223
5	Прирост компаний за 2011 г., шт.	4	16	13
6	Реализационная стоимость проектов за 2011 г., млн долл.	7,6	1,283	0,348

Таблица 4. Оценка деятельности технопарков методом линейных профилей



- Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете
- Белорусский Парк высоких технологий
- Научный парк «Киевская политехника» при КПИ

Таблица 5. Вес показателей оценивания научного парка

Разработано автором

Критерий	Вес показателя
Количество полученных патентов	0,1
Финансирование	0,15
Количество реализованных проектов	0,25
Количество ученых	0,05
Количество компаний	0,3
Реализационная стоимость проектов	0,15

Таблица 6. Показатели деятельности исследуемых парков

Разработано автором

№	Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ	$\sqrt{\sum x_{ij}^2}$
1	Количество полученных патентов за 2011 г., шт.	64	98	275	298,87
2	Финансирование за 2011 г., млн долл.	121	0,897	0,237	121,00
3	Количество реализованных проектов за 2011 г., шт.	1112	124	8	1118,92
4	Прирост ученых за 2011 г., чел.	115	467	223	530,13
5	Прирост компаний за 2011 г., шт.	4	16	13	21,00
6	Реализационная стоимость проектов за 2011 г., млн долл.	7,6	1,283	0,348	7,72
7	$E = \sum_{i=1}^n w_i \times T_i$	7,3	5,8	4,9	-

ции, кроме того, требуется активизировать работу по налаживанию связей с инвестиционными и венчурными фондами.

Реализация предложенных мер приведет к улучшению ситуации, положительным результатам коммерциализации нововведений. Примером может послужить Научный парк «Киевская политехника» (табл. 2). Для его сравнения с иностранными структурами был определен перечень критериев, которые наиболее точно характеризуют эффективность деятельности: количество полученных патентов и реализованных проектов, их стоимость, финансирование, численность ученых. Исходя из этого были предложены показатели деятельности рассматриваемых парков (табл. 3). Для приведения анализируемых данных в соответствие введем систему балльных оценок на основе выделения «идеального» парка (табл. 4). «Киевская политехника» демонстрирует достаточно высокие результаты, что свидетельствует о наличии потенциала для дальнейшего развития.

Экспертным методом были установлены весовые коэффициенты каждого из показателей (табл. 5). Следовательно, интегральный показатель эффективности деятельности научных парков можно выразить как:

$$E = \sum_{i=1}^n w_i \times T_i ,$$

где  $w_i$  – вес  $i$ -го показателя;  $T_i$  – балльная оценка  $i$ -го показателя.

Украинский технопарк демонстрирует значительно более низкие результаты по сравнению с зарубежными структурами. Одна из причин – относительно короткий период развития. Для более полного сравнения проанализируем данные методом TOPSIS [6]. Определим минимальные значения каждого из показателей:

- количество полученных патентов  $\geq 70$  шт.;
- финансирование  $\geq 0,5$  млн долл.;
- число реализованных проектов  $\geq 10$  шт.;

- численность ученых  $\geq 100$  чел.;
- количество компаний  $\geq 10$  шт.;
- реализационная стоимость проектов  $\geq 1$  млн долл.

Показатели деятельности научных парков приведены в табл. 6., взвешенная нормализованная матрица решений – в табл. 7, 8.

Определив идеально положительную «А+» (высокие показатели по каждому критерию) и идеально отрицательную «А-» альтернативы, рассчитаем степень близости к ним рассматриваемых парков (квадрат разницы актуального показателя и значения альтернатив, табл. 9, 10). Расчеты относительной близости к идеальному решению представлены в табл. 11 (рассчитывается делением степени близости к идеально негативной альтернативе на сумму степеней близости к идеально отрицательной и положительной альтернативам) [6].

Лучшей альтернативой является Научный парк при Оксфордском университете. Научный парк «Киевская политехника» имеет сравнительно низкие показатели, что свидетельствует о необходимости реформирования его деятельности. Среди факторов, сдерживающих его развитие, можно выделить недоработки со стороны государства. Так, Украина отказалась от политики приоритетного научно-технологического развития, исключены из числа основных производительных сил наука, передовое образование и инновации. Внешние заимствования, к сожалению, не используются для инвестиций в новые технологии и средства производства с целью воссоздания и приумножения совокупного национального продукта. При таком направлении государственной политики о предоставлении бюджетных средств научному парку не может идти речи.

Многочисленные попытки реформировать национальную науку и образование оставались и будут оставаться «косметическими», поскольку никогда не имели целостного межотраслевого характера и не направлялись на инновационное развитие госу-

Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ
Количество полученных патентов, шт.	0,21	0,33	0,92
Финансирование, млн долл.	1,00	0,01	0,002
Количество реализованных проектов, шт.	0,99	0,11	0,01
Количество ученых, чел.	0,22	0,88	0,42
Количество компаний, шт.	0,19	0,76	0,62
Реализационная стоимость проектов, млн долл.	0,99	0,17	0,05

Таблица 7. Нормализованная матрица решений

Разработано автором

Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ
Количество полученных патентов, шт.	0,0214	0,0328	0,0920
Финансирование, млн долл.	0,1500	0,0011	0,0003
Количество реализованных проектов, шт.	0,2485	0,0277	0,0018
Количество ученых, чел.	0,0108	0,0440	0,0210
Количество компаний, шт.	0,0571	0,2286	0,1857
Реализационная стоимость проектов, млн долл.	0,1478	0,0249	0,0068

Таблица 8. Взвешенная нормализованная матрица

Разработано автором

Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ
Количество полученных патентов, шт.	0,005	0,004	0
Финансирование, млн долл.	0	0,022	0,022
Количество реализованных проектов, шт.	0	0,049	0,061
Количество ученых, чел.	0,001	0	0,001
Количество компаний, шт.	0,029	0	0,002
Реализационная стоимость проектов, млн долл.	0	0,015	0,020
$\sqrt{\sum_{j=1}^4 (u_{ij} - u_j^-)^2}$	0,188	0,299	0,325

Таблица 9. Степень близости от заданных альтернатив к идеально позитивной альтернативе

Разработано автором

Критерий	Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	Белорусский Парк высоких технологий	Научный парк «Киевская политехника» при КПИ
Количество полученных патентов, шт.	0	0,0001	0,005
Финансирование, млн долл.	0,022	0,000001	0
Количество реализованных проектов, шт.	0,061	0,0007	0
Количество ученых, чел.	0	0,0011	0,0001
Количество компаний, шт.	0	0,0294	0,017
Реализационная стоимость проектов, млн долл.	0,020	0,0003	0
$\sqrt{\sum_{j=1}^4 (u_{ij} - u_j^-)^2}$	0,321	0,178	0,147

Таблица 10. Степень близости от заданных альтернатив к идеально негативной альтернативе

Разработано автором



Научный парк	Относительная близость
Научный парк Vegbroke при Оксфордском университете	0,6306
Белорусский Парк высоких технологий	0,3731
Научный парк «Киевская политехника» при КПИ	0,3114

Таблица 11. Расчеты относительной близости к идеальному решению

Разработано автором

дарства. Они никоим образом не совмещали в едином комплексе производственную сферу, которая создает общественные блага, товары и услуги, ее кадровое и научное сопровождение. В стране отсутствует концентрация интеллектуальных ресурсов на стратегически важных направлениях развития.

Еще одна актуальная проблема Украины – несбалансированность структуры и объемов государственного заказа с потребностями рынка и с перспективными направлениями развития страны.

В целом, в деятельности научного парка можно выделить несколько проблем как со стороны государства, так и со стороны НТУУ «Киевский политехнический институт». Именно поэтому целесообразным будет предложить определенные дальнейшие меры регулирования деятельности парка на всех уровнях. ■

### Summary

The paper studies theoretical basis for the development of innovation infrastructure and problems of assessing its effectiveness. The study analyses three science parks in Ukraine, Belarus and the UK with Topsis and linear profiles methods. The paper elaborates recommendations to improve the innovative infrastructure in Ukraine.

### Литература

1. Міждисциплінарний словник з менеджменту / За ред. Д.М. Черваньова, О.І. Жилінської. – Київ, 2011.
2. Кучеренко Р.А. Стан та перспективи розвитку інноваційної інфраструктури в Україні // Економіка та управління підприємствами. 2010. №3–4. С. 23–27.
3. Жилінська О.І. Методичні аспекти аналізу та оцінки функціонування технопарків // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка Серія «Економіка». 2003. Вип. 66. С. 27–29.
4. Камасев В.С., Гарбар С.В. Науковий парк: шляхи покращення інноваційної системи в Україні // Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: IV міжнародний бізнес-форум, 24 бер. 2011 р.: тези доп. – Київ, 2011. С. 58–59.
5. Черваньов Д.М., Авдсева Н.С. Інноваційні фактори зміцнення конкурентоспроможності України в умовах світової економічної кризи // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка Серія «Економіка». – 2009. №107–108. С. 63–66.
6. Markovic Z. Modification of TOPSIS method for solving of multicriteria tasks. Електронний ресурс: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-0243/2010/0354-02431001117M.pdf>.
7. Офіційний сайт Наукового парку «Київська політехніка». Електронний ресурс: <http://spark.kpi.ua/>.
8. Офіційний сайт Оксфордського наукового парку «Vegbroke». Електронний ресурс: <http://www.vegbroke.ox.ac.uk/>.
9. Офіційний сайт Наукового парку Високих технологій. Електронний ресурс: <http://www.park.by/>.

# НОВОСТИ

## Инновационный индекс Беларуси

Международной бизнес-школой, Корнельским университетом и Всемирной организацией интеллектуальной собственности подготовлен аналитический доклад «Глобальный инновационный индекс – 2013». В нем дается оценка ситуации в 142 государствах на основе 84 показателей, включая качество образования в основных университетах, доступность микрофинансирования, сделки с привлечением венчурного капитала.

В первую десятку стран в сфере инноваций вошли Швейцария, Швеция, Великобритания, Нидерланды, США, Финляндия, Гонконг, Сингапур, Дания и Ирландия. Израиль в этом списке на 14-м месте, Эстония – на 25-м, Латвия – на 33-м, Литва – на 40-м, Молдова – на 45-м. Армения занимает 59-е место, Россия – 62-е, Украина, Грузия и Беларусь расположились на 71-й, 73-й и 77-й позициях соответственно.

Авторы доклада подчеркивают, что, несмотря на экономический кризис, инновационная деятельность продолжает развиваться. В большинстве стран расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы превысили показатели 2008 г.

## ICT 2013 – Create, Connect, Grow

Более 4 тыс. ученых, инноваторов, предпринимателей, представителей промышленности, молодых ученых и политиков соберутся с 6 по 8 ноября 2013 г. в Вильнюсе на форуме ICT 2013 – Create, Connect, Grow. На нем будут обсуждены основные аспекты реализации Рамочной программы ЕС по науке и инновациям на 2014–2020 гг. «Горизонт 2020». В программе форума – конференция, основными темами которой станут облачные вычисления, ИКТ-инфраструктура, широкополосные сети, безопасность киберпространства, долгосрочные тенденции развития информационно-коммуникационных технологий, возможности участия заинтересованных лиц в исследовательской программе ЕС «Горизонт 2020» и т.д. Кроме того, в рамках мероприятия состоится выставка, включающая в себя 150 демонстрационных стендов с передовыми достижениями и разработками по следующим темам: расширение цифровых возможностей граждан, устойчивое развитие городов в период 2020+, промышленность и бизнес завтрашнего дня, культура, наука и креативность. Получить дополнительную информацию и зарегистрироваться для участия в форуме можно на сайте <http://ec.europa.eu>.

## Белорусские разработки на выставке в Японии

Представители Министерства образования, Национальной академии наук, Министерства промышленности, Государственного военно-промышленного комитета и частных научно-производственных компаний приняли участие в Международной выставке электроники, мехатроники и сопутствующих отраслей TECHNO-FRONTIER 2013, которая прошла с 17 по 19 июля в Японии. Отечественные разработчики продемонстрировали около 150 экспонатов по следующим тематическим разделам: мехатроника, электроника, «зеленая» энергетика и энергосбережение, смежные области.

В рамках этого масштабного проекта, объединяющего 11 специализированных промышленных выставок по разным разделам, состоялся технический симпозиум, конференция по R&D инновациям с обсуждением тенденций и перспектив развития электронной промышленности и др.

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

# Эффективность товарной структуры внешней торговли Беларуси

УДК 339.5



**Дмитрий Береснев,**  
завсектором исследований проблем внешней торговли Института экономики НАН Беларуси



**Нина Абрамчук,**  
старший научный сотрудник Института экономики НАН Беларуси

Синергия знаний

Стратегия стабильного экономического роста нашей страны в значительной степени связана с увеличением экспортного потенциала и всесторонней интеграцией в мировую хозяйственную систему отечественной экономики. Ее развитие характеризуется довольно высокой степенью открытости.

Республика входит в первую десятку европейских стран по показателю соотношения объема внешней торговли и ВВП, располагает достаточно большим внешнеторговым потенциалом и имеет экспортоориентированную структуру экономики. Достигну-

тый уровень отношения экспорта к ВВП значительно выше уровня развитых стран, его среднее значение за период 2005–2011 гг. в Беларуси составляет 60%, в то время как, например, в Германии – 45%, Китае – 34%, России – 31%, США – 12% [1]. Вместе с тем увеличение экспортной емкости ВВП на 21–24 п. п. до уровня 79–82% в 2011 и 2012 гг. отражает усиление зависимости от конкурентоспособности наших товаров на внешних рынках [2].

Однако качественную структуру внешнеторговых связей страны характеризует показатель «реальная экспортная емкость ВВП», измеряемый отношением стоимостного объема экспорта товаров к объему промышленного производства за конкретный период. Для развитых государств его значение приблизительно равно 40–50%, для Беларуси в исследуемый период 2005–2012 гг. он в основном превышал 50%, а в 2012 г. достиг уровня 61% (рис. 1).

Отметим, что показатели реальной импортной емкости ВВП ежегодно превышали значения реальной экспортной емкости и составляли свыше 60%, за исключением 2005 г., когда реальная импортная емкость была равна 56%. При этом в динамике данного показателя наблюдалась негативная тенденция: в прошлом году произошло его увеличение на 6 п. п. до уровня 62%.

В результате количественной оценки отношения экспортной и импортной емкости ВВП можно сделать вывод, что отечествен-

ная экономика характеризуется полной зависимостью от импорта, и степень ее увеличивается. Если в 2005 г. индекс составлял 0,96, то в последующие годы он снижался до 0,72 в 2010 г. И хотя в 2011-м несколько улучшился – до 0,89, но не достиг своего максимального значения. Относительно позитивной тенденцией характеризуется прошлый год: отставание экспортной емкости от импортной сокращается, индекс их соотношения был равен 0,99, что является наилучшим показателем за последние 8 лет.

В подтверждение изложенного определим чувствительность стоимостных объемов экспорта и импорта товаров к изменениям ВВП на основе расчета их эластичности в реальном и долларовом исчислении. Результаты показывают, что в целом за период 2005–2012 гг. на каждый процент прироста ВВП в долларовом исчислении в среднем приходилось 1,7% прироста стоимостного объема экспорта товаров и 1,6% прироста импорта. Вместе с тем на каждый процент прироста ВВП в реальном исчислении в среднем приходилось лишь 0,98% прироста физического объема экспорта и 1,2% импорта.

Во внешней торговле товарами в целом сложилась положительная динамика роста ее стоимостных объемов. Внешнеторговый оборот, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, с 2005 г. увеличился в 2,8 раза и в 2012 г. составил более 92 млрд долл., что обеспечено



Рис. 1. Динамика экспортной емкости и импортной емкости ВВП Республики Беларусь в их реальном исчислении за период 2005–2012 гг.

повышением экспортных поставок в 2,9 раза до уровня около 46 млрд долл. и закупок импортных товаров в 2,8 раза до уровня 46,4 млрд долл. [3]. В результате отрицательное сальдо внешней торговли товарами улучшилось на 316 млн долл. и сложилось в размере минус 413 млн долл. в 2012 г. против минус 729 млн долл. в 2005 г. (рис. 2).

Наблюдаемая динамика изменения стоимостных объемов экспорта и импорта товаров определялась их ценой и изменением физических объемов. Положительная тенденция формировалась прежде всего за счет ценового фактора.

Рост объема был доминирующим лишь в кризисном 2009 г. и в 2011–2012 гг. (рис. 3).

Увеличение стоимостного объема импорта товаров в исследуемый период было обусловлено ростом средних импортных цен в 2007, 2008 и 2010 гг. За счет

повышения физического объема закупок наблюдался и подъем импорта в 2006, 2009, 2011 и 2012 гг. (рис. 4).

Ценовые условия внешней торговли товарами в целом за исследуемый период улучшились: темпы роста цен экспорта превысили аналогичный показатель по импорту на 20 п. п., несмотря на то, что наблюдалось ухудшение на 3 п. п. в 2007 г. и на 11 п. п. в кризисном 2009 г.

При этом в разрезе укрупненных товарных групп самые благоприятные ценовые условия сложились в 2006 и 2007 гг. по инвестиционным товарам, в 2008 г. – промежуточным, прежде всего прочим промежуточным, в кризисном 2009 г. – по инвестиционным, в 2010 г. – потребительским, прежде всего продовольственным (превышение темпов роста средних экспортных цен над импортными на продовольственные товары было макси-

мальным и составило 28,2 п. п.), в 2011 и 2012 гг. – энергетическими товарами.

Наименее выгодно осуществлялись экспортно-импортные операции в 2006 г. непродовольственными товарами (индекс ценных условий торговли составил 98,6%), в 2007 г. – энергетическими (80,2%), в 2008 г. – продовольственными (90,7%), в 2009 г. – энергетическими (76,6%), в 2010 г. – прочими промежуточными (98,3%), в 2011 г. – непродовольственными (94,1%) и в 2012 г. – продовольственными товарами (97,0%).

Вместе с тем условия внешней торговли товарами на базе индексов физического объема экспорта и импорта за исследуемый период ухудшились на 15 п. п. При этом наибольшее превышение темпов роста импорта над экспортом наблюдалось в 2006, 2008 и 2010 гг., что обусловлено ухудшением условий торговли по всем укрупненным товарным группам, кроме продовольственных в 2008-м и инвестиционных товаров в 2010 г.

За последние 8 лет наиболее благоприятные валовые условия внешней торговли сложились в 2007–2009 гг. по продовольственным товарам, в 2010–2011 гг. – инвестиционным, в 2012 г. – непродовольственным. С данной позиции наиболее результативным стал 2011 г.: индекс в размере 112% был обеспечен превышением физических объемов поставок на внешний рынок над закупками по всем укрупненным товарным группам,

Рис. 2. Динамика внешней торговли товарами Беларуси за период 2005–2012 гг., млрд долл.





в том числе по инвестиционным товарам – на 33,7%, промежуточным – на 16,4%, потребительским – на 2,9%.

Увеличился и стоимостной объем белорусского экспорта и импорта. Больше всего вывозилось промежуточных товаров (в 2,95 раза), что объясняется увеличением в 2,94 раза поставок на внешний рынок прочих промежуточных товаров и повышением в 2,95 раза продаж энергетических товаров. Экспорт инвестиционных товаров вырос в 2,63 раза, а потребительских – в 2,71 раза, что было обусловлено в основном увеличением экспортных поставок продовольствия в 3,47 раза при росте непродовольственных товаров в 2,16 раза.

Как свидетельствует анализ, в товарной структуре экспорта за период 2005–2012 гг. преобладали промежуточные товары. В 2005 г. их доля составляла 68,4% (34,1% – энергетические и 34,3% – прочие промежуточные), в 2012 г. – более 70% (35% и 35,1% соответственно) и в 2008-м – свыше 72%.

Отметим, что, несмотря на позитивное развитие белорусского экспорта, в его товарной структуре преобладают семь ключевых товаров, доля которых в общем объеме в прошлом году составила 56,2% против 51,5% в 2005 г., что определяет не только сохранение высокой степени зависимости объемов экспорта от нескольких товарных групп, но и тенденцию к ее увеличению (рис. 5).

Положительная динамика экспорта была обеспечена прежде всего увеличением стоимостных объемов экспортных поставок растворителей и разбавителей сложных органических (более чем в 8 тыс. раз), молока и молочных продуктов (в 3,7 раза), нефтепродуктов (в 3 раза), калийных удобрений (в 2,6 раза) и других товаров, но этот рост достигался значительным превышением индексов средних экспортных цен на основные виды товаров над индексами их физических объемов. При этом по поставкам калийных удобрений и грузовых автомобилей на внешний рынок

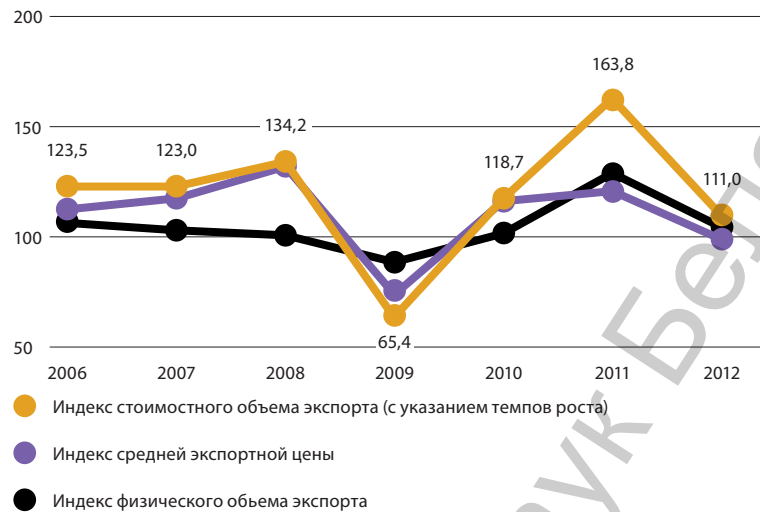


Рис. 3. Динамика темпов роста средних цен, физического и стоимостного объемов экспорта товаров за период 2005–2012 гг., в % к аналогичному периоду предыдущего года

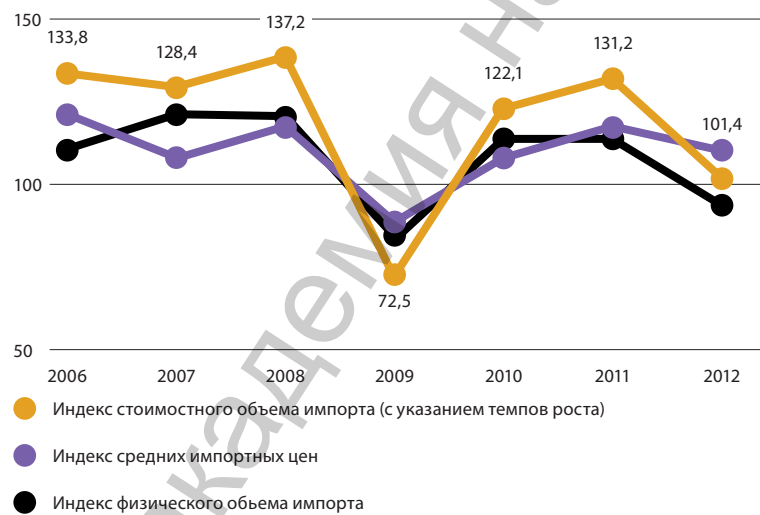


Рис. 4. Динамика темпов роста средних цен, физического и стоимостного объемов импорта товаров за период 2005–2012 гг., в % к аналогичному периоду предыдущего года

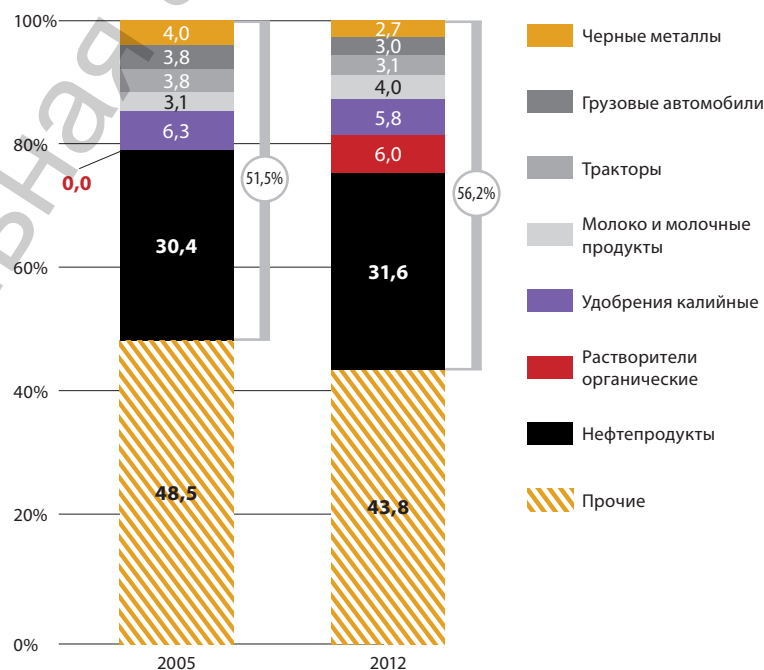


Рис. 5. Изменение структуры белорусского экспорта в разрезе ключевых товарных позиций в 2012 г. по сравнению с 2005 г.

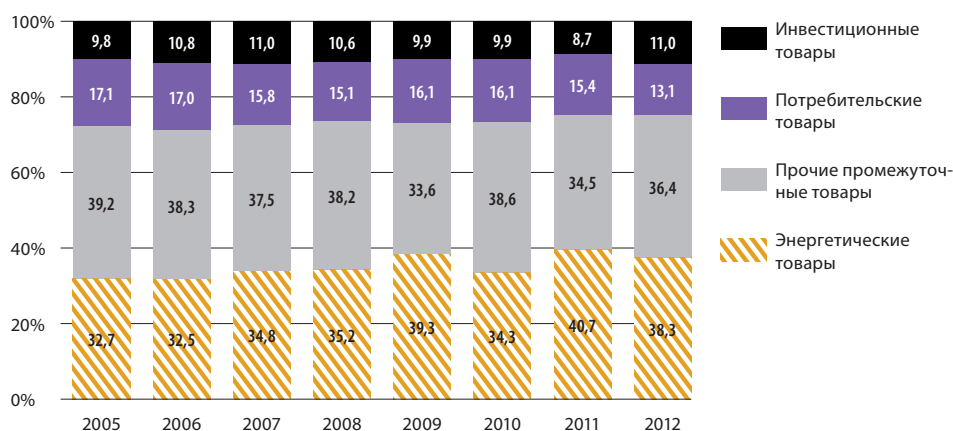


Рис. 6. Товарная структура импорта в разрезе укрупненных товарных групп за период 2005–2012 гг., %

наблюдалось снижение физического объема (на 14,5 и 11 п. п. соответственно).

Основной причиной роста стоимостного объема импорта стало увеличение стоимости промежуточных товаров в 2,89 раза до уровня 34,7 млрд долл., в том числе энергетических в 3,3 раза (17,8 млрд долл.), прочих промежуточных в 2,58 раза (16,9 млрд долл.). Абсолютный прирост импорта по промежуточной группе в размере около 22,7 млрд долл. был обеспечен на 54% за счет энергетических товаров, что было вызвано ростом средних цен в 2,3 раза при увеличении физических объемов поставок в 1,4 раза, и на 46% за счет прочих промежуточных, что объясняется повышением средних цен в 1,9 раза и физических объемов поставок в 1,4 раза.

Импорт инвестиционных товаров вырос более чем в 2,1 раза

до уровня 5,1 млрд долл. и обусловлен в большей степени ростом физических объемов в 2,9 раза при увеличении средних цен в 1,1 раза.

Потребительских товаров было ввезено в 2,13 раза больше, на сумму свыше 6 млрд долл. При этом абсолютный прирост в размере 3,2 млрд долл. на 65% произошел за счет импорта непродовольственных товаров и на 35% – продовольственных. Это было обусловлено ростом средних цен в 1,5 раза для непродовольственных и в 1,45 раза для продовольственных, а также увеличением физических объемов поставок в 1,46 раза для первых и в 1,38 раза для вторых.

Учитывая, что все составляющие импорта росли примерно равными темпами, в его укрупненной товарной структуре существенных изменений не произошло. Удель-

ный вес промежуточных товаров традиционно был значительно выше потребительских и инвестиционных. При этом их доля в общем объеме импорта увеличилась с 71,9% в 2005-м до 75,3% в 2012-м, что является максимальным значением за последние 8 лет (рис. 6). Это было полностью обусловлено ростом доли энергетических товаров в общем объеме импорта на 5,6 п. п. до 38,3% при снижении удельного веса прочих промежуточных товаров на 2,8 п. п. до 36,4%. Доля потребительских товаров снизилась на 4 п. п. до уровня 13,1% в 2012 г. из-за сокращения доли продовольствия в общем объеме импорта на 2,3 п. п. до 5%, а также непродовольственных товаров на 1,7 п. п. до 8,1%. Удельный вес инвестиционных товаров увеличился на 1,2 п. п. до уровня 11% в 2012 г.

В товарной структуре белорусского импорта преобладают пять основных товаров, удельный вес которых составил 43,9% в 2012 г. против 42,1% в 2005 г., что указывает на увеличение степени зависимости объемов импорта от отдельных товаров – легковых автомобилей, черных металлов, природного газа, нефтепродуктов, нефти.

Анализ структуры белорусского импорта позволяет сделать вывод, что его увеличение за последние 8 лет в 2,78 раза произошло в результате роста стоимостных объемов импортных закупок нефтепродуктов (более чем в 32 раза), природного газа (в 3,6 раза), черных металлов (в 2,1 раза), нефти сырой (в 2,06 раза), легковых автомобилей (в 1,5 раза), что обусловлено в большей степени ростом средних импортных цен.

Наибольшее отрицательное сальдо формировалось по промежуточным товарам. В 2012 г. оно ухудшилось по сравнению с 2005 г. на 1 358 млн долл. (минус 2 446 млн долл.), в том числе в торговле энергетическими товарами ухудшилось на 1 635 млн долл. (1 646 млн долл.), прочими промежуточными товарами улучшилось на 277 млн долл. (800 млн). При этом

Таблица 1. Оценка эффективности структуры внешней торговли Республики Беларусь в разрезе укрупненных товарных групп за период 2006–2012 гг.

Источник: собственные расчеты авторов

Показатель	Инвестиционные товары	Энергетические	Прочие промежуточные	Продовольственные	Непродовольственные товары
Условия торговли ценовые	1	4	2	3	5
Валовые условия торговли	5	2	3	1	4
Темп роста стоимостного объема экспорта	4	2	3	1	5
Темп роста стоимостного объема импорта	4	5	3	1	2
Опережение экспорта	4	2	3	1	5
Опережение импорта	4	5	3	1	2
Средняя доля в структуре экспорта	3	2	1	4	5
Средняя доля в структуре импорта	3	4	5	1	2
Изменение сальдо	4	5	2	1	3
Средний уровень сбалансированности	1	3	2	5	4
Вклад в общую сбалансированность	1	4	5	2	3
Итоговый балл	34	38	32	21	40
Ранг эффективности	3	4	2	1	5

в 2005–2008 гг. в большей степени отрицательное сальдо сложилось по группе прочих промежуточных товаров, а в 2009–2012 гг. – энергетических, в 2006–2010 гг. по потребительским. По последней группе товаров положительное сальдо наблюдалось в 2005, 2011 и 2012 гг. В целом за исследуемый период его величина увеличилась почти на 2 млрд долл., что полностью обусловлено улучшением в торговле продовольствием на 2045 млн долл. По инвестиционным товарам положительное внешнеторговое сальдо с 2005 по 2012 г. ухудшилось на 325 млн долл. и сформировалось отрицательным в размере 32 млн долл.

Для оценки эффективности внешней торговли Республики Беларусь рассчитаем вклад каждой укрупненной товарной группы в общую сбалансированность внешнеторговых связей как отношение сальдо, сформированное по отдельной товарной группе, к ее внешнеторговому обороту.

Наиболее успешным из последних 8 лет определен 2012 г. (коэффициент менее других удален от нуля) – за счет большей степени сбалансированности в торговле инвестиционными и непродовольственными товарами. Затем следует 2005 г. – экспорт энергетических и продовольственных товаров, 2011 г. – продажа прочих промежуточных, потребительских и инвестиционных товаров.

Наихудший показатель по сбалансированности экспортно-импортных потоков наблюдался в 2010 г., при этом основной вклад в ухудшение ситуации привнесла торговля прочими промежуточными товарами и непродовольственными. Вместе с тем внешняя торговля Республики Беларусь в исследуемый период в целом является удовлетворительно сбалансированной (значение коэффициента сбалансированности находится в пределах от (-0,5) до (+0,5)).

На основе проведенных расчетов дадим комплексную оценку эффективности товарной структуры внешней торговли нашей страны. Для этого для каждой группы товаров опре-

делим балл, равный ее рангу в пределах критерия каждого из показателей [4], и результаты представим в табл. 1. Итоговый ранг эффективности определяется по возрастанию суммы баллов для каждой группы по представленным показателям.

На основании ранговой оценки эффективности товарной структуры внешней торговли Беларуси можно сделать вывод, что наиболее результативными экспортно-импортные потоки были по группе продовольственных товаров и прочие промежуточные; затем следовали инвестиционные и энергетические; наименее эффективными были операции с непродовольственными товарами.

Для получения более точной количественной оценки концентрации товарного экспорта Беларуси был рассчитан индекс Херфендаля-Хиршмана (ННІ) как сумма квадратов долей всех товарных групп в экспорте республики, выраженных в процентах. Расчеты проводились и для основных наших торговых партнеров (стран ЕС–27, Российской Федерации, Казахстана и Украины) на основе статистических данных Организации Объединенных Наций по международной торговле товарами Comtrade на уровне двух знаков классификации Гармонизированной системы описания и кодирования товаров (HS) (табл. 2) [5].

Как показывают расчеты, в исследуемый период концентрация экспорта в Республике Беларусь находилась на устойчивом среднем уровне (индекс ННІ в интервале от 1000% до 1800%), в то время как в ЕС–27 она была слабой (индекс ННІ ниже 1000%); в Российской Федерации и Казахстане высокой (более 1800%), в Украине средней (1000%). Отметим, что в рассматриваемой выборке стран степень экспортной концентрации Беларуси в большей мере приближена к уровню экспортной концентрации Украины.

Для количественной оценки эффективности внешней торговли нашей страны рассчитывался показатель доходности, для опреде-

	Индекс ННІ			
	2005 г.	2008 г.	2010 г.	2011 г.
Республика Беларусь	1474,6	1717,0	1102,7	1553,6
ЕС-27	702,1	736,3	699,5	706,3
Российская Федерация	3916,2	4373,8	4330,5	3536,2
Казахстан	5038,1	4850,9	4842,7	5221,6
Украина	1356,1	1386,4	1062,3	1014,5

ления которого был использован подход, разработанный Хаусманом, Хвангом, Родриком [6]. На первом шаге устанавливалась доходность для каждой экспортруемой товарной группы как средневзвешенный ВВП на душу населения наших основных торговых партнеров, а именно стран ЕС–27, Российской Федерации, Казахстана и Украины. При этом в качестве весов применялся коэффициент выявленных сравнительных преимуществ по каждой товарной группе на уровне двух знаков для каждой из стран/региона выборки, что позволяет избежать влияния различий в размерах экономик на рассчитываемый индекс. На втором шаге определялась доходность экспорта в целом для Беларуси на основе товарной структуры. На третьем шаге рассчитывалось отношение показателя доходности к ВВП на душу населения.

Результаты расчетов показали наличие отрицательной динамики уровня доходности товарного экспорта. Если в 2005 г. он был равен 357, то в 2008, 2010 и 2011 гг. снизился на 69, 67 и 29 пунктов соответственно.

Во внешней торговле товарами по видам экономической деятельности основную долю формируют обрабатывающая промышленность и торговля, ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования, занимающие в совокупности более 87% в экспорте и свыше 73% в импорте. Это удалось установить на основе показателей превышения (либо отставания) уровня экспортоориентированности, рассчитываемого как отношение стоимостного объема экспорта к объему валовой добавленной стоимости определенного вида

Таблица 2.  
Индекс Херфендаля-Хиршмана для Республики Беларусь и ее основных торговых партнеров в 2005–2011 гг.,%

Источник:  
собственная  
разработка авторов



деятельности над уровнем импортозависимости, исчисляемого как отношение стоимостного объема импорта к объему валовой добавленной стоимости этого вида. Результаты расчетов на основе данных Белстата за 2010 г. [7] показали, что наиболее эффективной по указанному критерию является внешняя торговля транспортными средствами и оборудованием; пищевыми продуктами; текстильными и швейными изделиями. В меньшей степени она результативна в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий; производстве машин и оборудования; обработке древесины и производстве изделий из дерева; химическом производстве.

Методические подходы к оценке эффективности товарной структуры внешней торговли Республики Беларусь [4], на основе которых был осуществлен проведенный анализ, могут быть применимы также и к оценке эффективности географической структуры внешней торговли страны. ■

### Summary

The article presents an analysis of the effectiveness of the commodity structure of foreign trade of the Republic of Belarus for the period 2005-2012 using the method, including approaches based on estimates of changes of structure and stability of export and import flows.

### Литература

1. The World Bank. Exports of goods and services (% of GDP). Электронный ресурс: <http://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS>.
2. Национальный банк Республики Беларусь. Электронный ресурс: <http://www.nbrb.by/statistics/BalPay/Indicators6/Annual/>.
3. Внешняя торговля Республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Мн., 2012.
4. Методические подходы и рекомендации по оценке эффективности внешней торговли / Т.Д. Вардеванян, Т.С. Вертинская, Д.В. Береснев, Н.А. Абрамчук; науч. ред. А.Е. Дайнеко. — Мн, 2012.
5. United Nations Commodity Trade Statistics Database. Электронный ресурс: <http://comtrade.un.org/db/dqBasicQuery.aspx>.
6. Hausmann R. What your export matters / R. Hausmann, J. Hwang, D. Rodrik // NBER Working Papers Series, 2005. — № 11905.
7. Национальные счета Республики Беларусь / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. — Мн., 2012.

# К сетцентрическому подходу в обучении

В настоящей статье не обсуждаются технологические формы современных информационных технологий – телеконференции, вебинары, чаты, блоги, твиттинг, в той или иной мере используемые в обучении, и тем более не рассматриваются вопросы их технической организации. Опираясь на текущий опыт даже самых ведущих центров дистанционного обучения – значит всегда догонять. Эффективное планирование инноваций в образовании должно носить стратегический характер и поэтому базироваться на некоем концептуальном прогнозе. Поэтому разговор пойдет скорее о тенденциях, зарождающихся в сфере обучения в результате применения «будущих» информационных технологий, с учетом наших особенностей как биологического и социального вида.

Как известно, существенно на развитие человечества повлияли три великих изобретения: колесо, книгопечатание и электро- и радиосвязь. Мы лишь обратим внимание на то, что изобретение колеса позволило организовать массовое и быстрое перемещение людей – носителей опыта и знаний друг к другу. С помощью книги впервые стала возможной компактная передача знаний и опыта без физической транспортировки их реальных источников



**Сергей Максимов,**  
заведующий  
кафедрой ИТ  
в образовании  
РИВШ, кандидат  
технических наук,  
доцент

и носителей – ученых и учителей. Средства электро- и радиосвязи привнесли в удаленные человеческие коммуникации важные для человека элементы интерактивности. Последние, особенно невербальные – артикуляция, жестикация, облик и поведение собеседника, играют существенную роль при передаче и усвоении информации человеком. Важен также темп обучения – воспринимать, анализировать информацию, передавать – важнейший когнитивный фактор. Представьте себе две ситуации. В первом случае преподаватель делает записи на доске по ходу объяснения, а во втором – учащимся сразу предъявляется и комментируется вся запись урока. Учебный эффект в первом случае как правило выше, поскольку при этом последовательно демонстрируется логика вывода.

Человеку свойственно учиться у человека, а не у машины, пусть даже очень интерактивной. Обучающая машина или машинный алгоритм чаще подсознательно воспринимается не как учитель, а как искусственный продукт человеческой деятельности ограниченного содержания. Именно поэтому помимо людей в качестве «достойного» для общения с нами искусственного «субъекта» мы могли бы принять роботов, но не отличимых по

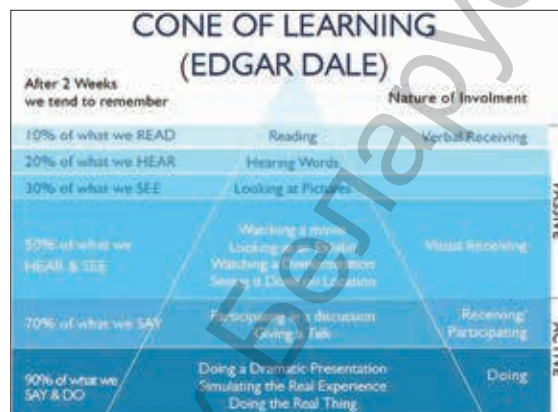
внешнему облику, «функциональности» и интеллекту от нас. Искусственный интеллект, имеющий внешний облик компьютерной стойки с блоками, соединенными проводами или радиоканалами, вряд ли устроит нас в качестве постоянного интеллектуального партнера.

Современная электро- и радиосвязь достигли большого совершенства с массовым внедрением цифровых технологий. Направление это столь быстро развивалось и продолжает развиваться, что сегодня уже никто не в состоянии достаточно четко прогнозировать, какими устройствами (гаджетами), технологиями и сервисами цифровых коммуникаций мы будем массово пользоваться, скажем, через 10 лет. Поэтому в связи с перспективами расширения диапазонов электронного обучения сегодня представляется целесообразным обсуждать не только и не столько сами цифровые технологии передачи информации, но когнитивный и, следовательно, социально-личностный аспект обучения людей. Человечество как биологический и социальный вид вряд ли существенно изменится в обозримом будущем, в отличие от техники и технологий, которые оно создаст. Это сфера социальной психологии, оперирующей понятиями теории познания, когнитивной теории интеллекта. К ним, в частности, относятся понятия «когнитивная сложность» и «когнитивная ригидность», определяющие темп осознания и встраивания новой информации в индивидуальную систему знаний человека.

Тем не менее следует сказать и о современном информационно-технологическом окружении, вернее о тенденциях его развития и потенциальном влиянии на социум. Интернет-ресурсы представляют наиболее массовую «социальную» коммуникативную среду. Причем она постоянно усложняется – из вертикально-иерархической становится все более неупорядоченной, с огромным количеством узлов и высокой плотностью горизонтальных

связей между ними. Современная WWW с ее оконным интерфейсом – вложенная система-среда типа матрешки (в классификации системного анализа – модулярная структура или структура типа китайский ящик). Следующие по уровню сложности – неогентические системы, в которых новые структурные уровни возникают в результате эволюции. Живые организмы – примеры таких систем. Их особенностью является возможность изучения, описания, моделирования с разных концептуальных позиций. Яркий представитель – сам человек, поскольку для описания индивидуума и его «информационных» характеристик имеется множество альтернативных концепций.

Технологические инновации способствуют увеличению скорости передачи информации. Заметим, однако, что в системе связи она является техническим параметром и имеет весьма опосредованное отношение к темпу ее восприятия и осознания среднестатистическим человеком. Мы можем, например, увеличить частоту смены кадров динамического видеоряда (кино), но за исключением чисто специфических целей, скажем, визуализации быстротекущих процессов (горения, взрыва, полета самолета) в темпе восприятия человеком, это не приводит к сколь-нибудь за-

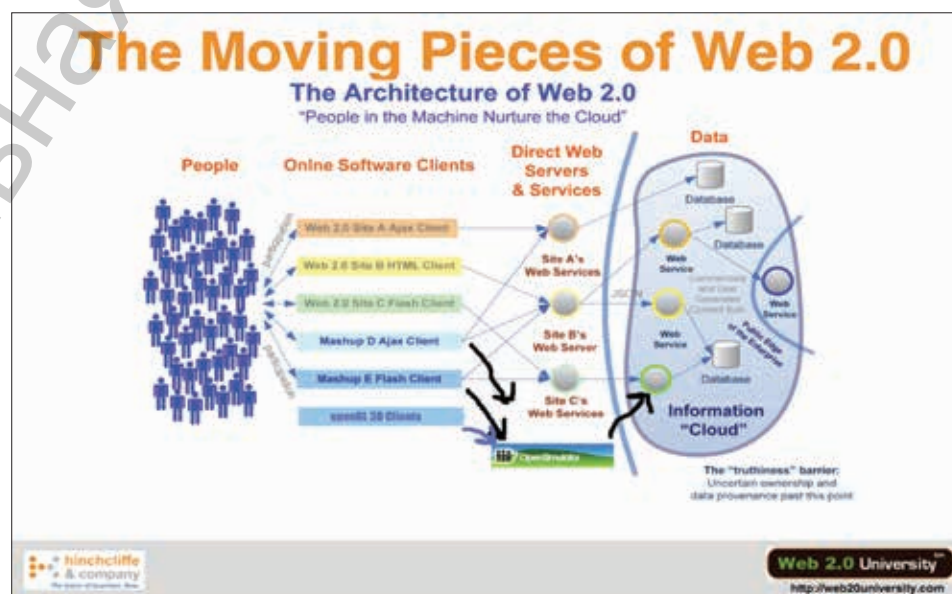


метным когнитивным эффектам. Доводы о существовании эффективных методик скоротечения, быстрого запоминания аудио- и видеoinформации на подсознательном уровне не обоснованы, поскольку культурный образованный человек понимает, что просто запоминание информации не есть суть образования. Все это хорошо для разведчика, но разведчик фактически выполняет функцию живого «технического» устройства для временного хранения «точной копии» информации и передачи ее в аналитический центр для анализа.

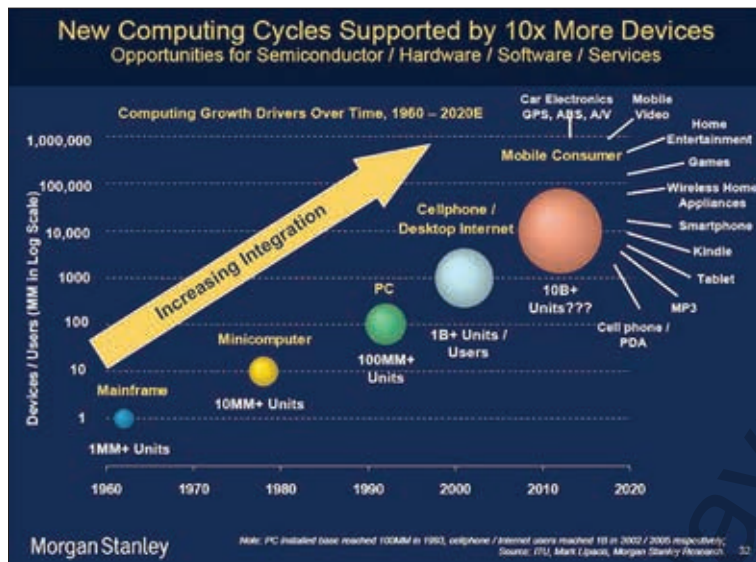
Анализ информации, как известно, требует связать ее с уже осознанной и частично скомпонованной информационной иерархией для ее интерпретации, критического (пере)осмысления, чтобы затем использовать для

«Конус» эффективности обучения (по Эдгару Дейлу)

Архитектура Web 2.0



Развитие социально-технологического потенциала цифровых коммуникационных систем



синтеза новых данных и/или упорядочения имеющихся. Так же на основе уже присутствующих собственных знаний и опыта «действует» на самом деле образованный и культурный человек. Для таких процессов требуется время – некое «внутреннее» время организации или индивидуума – время для установления, верификации и образования относительно устойчивых (логических) связей с уже имеющейся собственной «внутренней» системой знаний и опыта. Подчеркнем еще раз, что скорость протекания этих умственных процессов непосредственно не связана со скоростью получения внешней информации. Масса фактов, особенно в последние 2-3 десятилетия по причине развития высокоскоростных каналов передачи информации, свидетельствует о том, что ее конечные потребители – не только отдельные люди, но и довольно крупные организации – не успевают ее проанализировать не то что в реальном масштабе времени, а даже в течение нескольких лет.

Имеется нечто неувлимо общее между процессами зарождения и становления человеческого социума и переходом от индивидуального к сетевому способу хранения и организации доступа к цифровой информации. Похоже, что знание и опыт в современных условиях реально

становятся социальным достоянием, в том смысле, что они все более технологически доступны всем, но при этом не принадлежат (во всей своей полноте) никому в отдельности. В этом плане Интернет «создал» не то чтобы коллективный разум, но технологически объединил и потенциально усилил совокупные интеллектуальные возможности человечества как биологического и социального вида. Ключевой вопрос, однако, в том, усилил ли он в такой же мере индивидуальные когнитивные способности в части скорости вполне осознанного восприятия (новой) информации и встраивания ее в индивидуальную систему знаний и опыта отдельного субъекта? Наверное, некий эффект такого рода усиления имеет место, но думается, что он весьма незначителен на фоне достигнутых скоростей передачи цифровой информации. Повсеместно сроки учебы сокращаются, вернее их пытаются сократить по экономическим мотивам, но все равно цикл формального полного обучения человека до уровня специалиста с высшим образованием занимает 15–18 лет (11–12 лет в школе + 4–6 лет в университете).

Таким образом, постепенность осознанного восприятия информации налагает временные ограничения на темп ее усвоения. А именно, человеку требуется

определенный и немалый лаг, чтобы в необходимом для последующей экономической деятельности объеме овладеть учебной информацией. Для этого ее требуется временно хранить и периодически воспроизводить. Здесь существует две парадигмы – хранить нужные сведения локально (скажем, у потребителя-учащегося, на CD или на флеш-карте и/или в компьютерной сети образовательного учреждения) или же хранить глобально – социально-общедоступно в Интернете.

Так или иначе сегодня основная масса информации находится в глобальной сети и свободно извлекается из нее, то есть ее могут получить все пользователи. Временное локальное размещение какой-либо отдельной ее части (копированием) с ограничением к ней доступа извне лишь дублирует ее и потенциально способствует ее старению (если дополнительно не предпринимать регулярных и зачастую достаточно затратных действий по ее обновлению – это в первую очередь касается так называемых электронных библиотек). Главный же недостаток такого способа хранения данных в том, что открытость массы научных и образовательных ресурсов Интернета создает множество альтернатив в части того, где, как и у кого (неформально) учиться тому или иному предмету. Естественно, учащийся старается при этом выбрать для себя «лучший» контент – наиболее понятный, хорошо иллюстрированный, динамичный, снабженный примерами и решениями задач.

В связи с этими особенностями и тенденциями социально-общедоступное размещение учебной информации в сети Интернет представляется предпочтительным. Во-первых, оно конкурентно – осознание того, что твою разработку увидят многие, заставляет работать качественно. Во-вторых, при этом существенно расширяются возможности косвенной или частичной компиляции – ссылки на контент, уже имеющийся в сети, и/или его частичное



копирование с соблюдением педагогической этики – ссылки на автора или источник (сетевой адрес). Заметим, многократная компиляция – один из ключевых дидактических приемов обучения. Помимо этого компиляция научно проверенного, общепризнанного (и поэтому относительно устойчивого во времени) знания и опыта есть эффективный способ обеспечения стандарта образования определенного уровня. При этом следует дифференцировать компиляцию и плагиат. Плагиат – выдача чужого за свое и извлечение из этого материальной выгоды (например, получение ученой степени и, как следствие, другого уровня дохода) – преступление экономического характера. Использование общеизвестного, общепризнанного материала в учебных целях с указанием его источника и без извлечения дополнительной материальной выгоды – нормальная многолетняя педагогическая практика, тем более что во многих случаях формулировки, описания явлений и процессов не допускают изменений. Такими, например, являются математические теоремы, законы языка, физические законы, цитаты исторических лиц, высказывания дипломатов и политических деятелей и т.п.

Главная задача в построении качественного современного сетевого электронного «учебника» – указание в нем ссылок на лучшие образцы существующего контента, в том числе на иностранных языках (задача свободного владения преподавателями и учащимися иностранными языками постоянно акцентируется Министерством образования, поддерживается педагогической общественностью). Создавать имеет смысл только еще лучшее или недостающее, уникальное. Поэтому первоочередным предметом таких (новых) разработок могут являться темы и предметы национальной истории, культуры, языка. В меньшей мере это касается таких «интернациональных» наук как физика, химия, математика – там уже многое открыто и может быть эффективно использовано.

Интернет для размещения информации – удобная и естественная среда. И такие крупные игроки Интернета, как Google, Mozilla, помимо сервисов по поиску информационных ресурсов предоставляют также открытые программные сервисы (известные как инструменты и технологии Web 2.0, облачные технологии), работающие как надстройки к соответствующим браузерам Chrome и Firefox и отображаемые в них. С их помощью преподаватели, не имеющие глубоких познаний в области информационных технологий, имеют возможность относительно быстро создавать и размещать в Интернете эффективный учебный мультимедийный контент, а образовательные организации – экономить средства на локальное хранение и техническое обслуживание больших объемов учебной информации. С переходом на перспективные технологии Web 3.0 (семантический Web) значение такого рода информационных технологий-сервисов будет только возрастать.

Роль преподавателя (в отличие от ученого!) во все времена заключалась главным образом в правильной (то есть признанной на текущий момент научным большинством) интерпретации известных научных фактов в общепринятой (стандартной) терминологии. Такая интерпретация в классической «бумажной» технологии обучения обосновывается и подкрепляется списком основной и дополнительной литературы к соответствующей учебной программе. Но при этом разработчиками учебных программ зачастую забывается, что понятие «основная» здесь является синонимом понятий «общепризнанная», широко «распространенная».

Ссылочная литература во многих случаях может быть эффективно замещена качественными ресурсами Интернет по соответствующим (гипер)ссылкам. При наличии постоянного доступа к глобальной сети и достаточно стабильных во време-

ни информационных источниках копирование их на сервер(ы) учебного заведения не имеет глубокого смысла – достаточно лишь установить эти ссылки. Следует также учитывать, что ответственность за нелегальное массовое копирование и хранение «чужой» информации несет руководитель образовательного учреждения.

При «ссылочной» технологии «создания» сетевых электронных учебных материалов преподаватель действительно становится методистом – он должен не только уметь искать лучшие для решения тех или иных задач сетевые образовательные ресурсы, знать иностранный язык, но и постоянно следить за релевантностью и актуальностью установленных гиперссылок, а также снабжать их необходимыми комментариями и рекомендациями. Такого рода комментарии могут содержать как критику, так и авторские трактовки, а рекомендации – предписанную последовательность изучения ссылочного материала.

Вывод, который может показаться крамольным, состоит в том, что классические системы дистанционного обучения (за исключением, возможно, автоматизированных подсистем контроля знаний) уходят в прошлое. Эти системы и их платформы по своей структуре были сначала локальными (на уровне образовательной организации) холлархиями – доминантными иерархиями с обратными связями между уровнями. Затем, по мере развития, они, если можно так выразиться, становились сетевыми ориентированными холлархиями. На смену им приходят сетевые ориентированные холлархии и модулярные иерархии (китайский ящик), направленные на семантический поиск информации и ее хранение с возможностью генерации (новых) связей как вертикального, так и горизонтального типа между узлами (ящиками) сети. Поэтому стратегический выбор должен быть сделан в пользу платформенно независимых

сетевых технологий и сервисов для информационной поддержки. Такие концепции интенсивно изучаются и уже применяются военными, но, как известно, Интернет вначале тоже рассматривался главным образом как средство коммуникаций в кризисных и катастрофических ситуациях, но действительную свою эффективность доказал именно в массовых гражданских социальных применениях.

На практике сетевый подход в обучении означает, что именно глобальная сеть в целом должна рассматриваться как естественное учебное окружение и быть при этом хранилищем и источником релевантной учебной

информации, а главное – предоставлять все необходимые для обучения образовательные (педагогические) инструменты и сервисы, осуществлять семантическую поддержку. Именно глобальная сеть становится ареной будущего обучения, прозрачным образом предоставляя свои ресурсы для транспорта и синтеза общедоступного качественного контента, чем технологически поддерживает требуемые стандарты образования. Она же обеспечивает и поддерживает технологические стандарты обмена информацией, делает ее доступной с большинства существующих оконечных сетевых устройств – гаджетов. Все это повышает универсаль-

ность и мобильность учебных разработок, снижает их стоимость за счет эффективного использования результатов коллективного труда и экономии на масштабе. ■

### Литература

1. Психологическая энциклопедия. 2-е изд. / Под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха. – СПб., 2003.
2. Аналитическое планирование. Организация систем. Т.Саати, Р. Кернс. / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе, под ред. И.А. Ушакова. – М., 1991.
3. Chrome Web Store. Education. – <https://chrome.google.com/webstore/category/app/8-education>, 20.04.2013.
4. GO2WEB20. E-learning – Online Tools and Applications. – <http://www.go2web20.net/#tag:e-learning>, 20.04.2013.
5. Сервисы Web 2.0 в образовании и обучении. /Материал из викиучебника. – [http://ru.wikibooks.org/wiki/Сервисы\\_Web\\_2.0\\_в\\_образовании\\_и\\_обучении](http://ru.wikibooks.org/wiki/Сервисы_Web_2.0_в_образовании_и_обучении), 20.04.2013.
6. Сетевая и сетевая война. Введение в концепцию. Л.В. Савин. – М., 2011.
7. Веб 3.0. – [http://www.e-ecutive.ru/wiki/index.php/Веб\\_3.0](http://www.e-ecutive.ru/wiki/index.php/Веб_3.0), 20.04.2013.

# Пространство творческих идей



Примеры сверхприбыльного бизнеса ВКонтакте, Qiwi и Evernote, застрельщиками которого стали вчерашние студенты, будоражат молодых людей и побуждают их создавать собственные компании. В Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете ИТМО у студентов много инновационных идей, но как превратить концепцию в успешный стартап? Заместитель директора Центра содействия развитию молодежных инноваций и технологического предпринимательства вуза Михаил Кудинов знает, как помочь ребятам начать свой бизнес.

– Михаил, как появился бизнес-инкубатор ИТМО?

– Студенты и аспиранты нашего университета – это сообщество талантливых и прогрессивных людей, полных творческих идей и решений, заинтересованных в развитии собственного дела. По их инициативе в 2006 г. была создана Межвузовская инновационная студия, ставшая предтечей бизнес-инкубатора QD. Своеобразной точкой отсчета этого движения можно считать осень 2007-го, когда наиболее инициативные представители студии отправились на двухне-

дельный тренинг по технологическому предпринимательству и развитию экосистемы в Силиконовую Долину, университет Беркли. Буквально через год после командировки появились эксперты и инвесторы, был сформирован инвестиционный фонд для финансирования проектов. С 2008 г. в бизнес-инкубаторе начался курс «Введение в технологическое предпринимательство», основой которого стала программа, разработанная двумя преподавателями университетов Стэнфорда и Беркли – Джоном Даннером и Дэвидом Шэроном, которые

имеют самое непосредственное отношение к возникновению феномена Силиконовой Долины. Неофициальная часть интерактивного обучения развивалась своим чередом: одними из любимых мероприятий в QD стали «интеллектуальные чаепития», на которых обсуждались актуальные тенденции, новые технологии и перспективные рынки. Знаковым событием стало первое крупное мероприятие, организованное инициаторами QD, – «Большие встречи инноваторов», объединившее более двухсот молодых предпринимателей, ученых, руководителей крупнейших компаний, опытных бизнесменов и представителей власти. К 2009 г. бизнес-инкубатор из 7-метровой комнаты в главном здании ИТМО вырос до пространства в 450 кв. м и разместился в бизнес-центре «Биржевой комплекс». После проведения серии семинаров с магистрами нескольких факультетов университетов стало очевидно, что обучающий процесс нужно переводить в плоскость основной образовательной программы.

**– Относительно недавно на базе бизнес-инкубатора открылась новая программа «Master of Technology Entrepreneurship». Она поистине уникальна: за два года студенты могут создать собственный бизнес и получить диплом магистра технологического предпринимательства одного из ведущих российских университетов.**

– На самом деле, программа работает всего несколько лет – с сентября 2010 г. При этом теоретическая часть обучения выстроена с учетом мирового опыта в этой области и не предполагает лекционных занятий в обычном формате – для развития предпринимательских качеств больше подходит интерактивная форма. С первых месяцев обучения начинается работа над собственным проектом, а лекции и семинары остаются только подспорьем для главного – развития бизнеса на базе научной идеи или технологии. Основным критерием отбора преподавателей для программы стало наличие практического опыта ведения бизнеса. Каждому магистранту предоставляется доступ ко всем ресурсам и консультации экспертов. Сейчас инкубатор обладает возможностью комфортного размещения 20 проектных команд. Здесь есть все необходимое оборудование: мощные компьютеры с большими мониторами, масштабируемые серверные мощности, 3D-лаборатория, оборудование для телеконференций, отдельная комната для переговоров и т.п.

Бизнес-инкубатор QD помогает проектам на самой ранней стадии развития получить поддержку от инвесторов, университета, государственных и городских властей. Все эти услуги предоставляются бесплатно, и не только для студентов НИУ ИТМО. Наш центр пытается выстроить инфраструктуру по содействию начинаниям молодых ребят в технологическом предпринимательстве.

**– Как студентов «наставляют» на путь развития собственного дела?**

– Совместно с компанией RSV Venture Partners мы разработали восемь образовательных курсов. Первый – «Технологическое предпринимательство», в ходе которого наши слушатели знакомятся с особенностями предпринимательства в области высоких технологий, его отличиями от обычного «купи-продай», подводными камнями на пути к успеху. Следующий курс – «Командообразование и лидерство» – о таком необходимом навыке для формирования успешного стартапа,

как умение быть лидером в команде и привлекать в нее талантливых людей. Это существенная составляющая бизнеса, потому что сделать в одиночку любой проект практически невозможно. Поэтому-то и одно из требований любого венчурного инвестора – это минимум двух партнеров.

«Customer development» – работа с потребителем, один из самых важных курсов, потому что никто, кроме будущего пользователя, не сможет оценить ваш проект. На этом курсе мы особенно концентрируемся, в России его не преподают ни в школах, ни в университетах. Далее следуют курсы «Маркетинг» – об искусстве донести вашу идею до потенциального покупателя, «Разработка продуктов» – о создании и упаковке новой технологии в таком виде, чтобы она решала определенную задачу для конкретного пользователя.

Очередной курс связан с дизайном продукта. Это именно то, как вы его будете использовать, как преподнесете своему покупателю. Мы приглашаем людей, которые занимаются бизнесом, выпускают реальную продукцию и не понаслышке знают, как и чем привлечь внимание потенциальных потребителей. Очень важен курс, который включает в себя секреты продажи продукта и работу с потребителями. Последние, как известно, делятся на несколько категорий, и с каждой из них нужно выстраивать отдельные взаимоотношения. Например, на одной из стартап-школ был представлен проект, связанный с кнопкой жизни для детей, которая предназначалась родителям для информирования о нештатных ситуациях, произошедших с их ребенком. В ходе демонстрации выяснилось, что при продаже данного продукта женщинам нужно подчеркивать его безопасность, а для мужчин важнее то, что они будут контролировать собственных детей.

Курс «Предпринимательские финансы и поиск инвестиций» посвящен ознакомлению с базовыми принципами финансирования, привлечением ресурсов, распределением долей, юрисдикциями в этой области, созданием компаний в офшоре. Последний курс связан с переговорами, умение вести которые – одна из ключевых задач любого бизнесмена. Опять же, этому, как ни банально это прозвучит, в университетах не учат, мы привлекаем сюда людей, которые уже построили свой бизнес и могут рассказать, как направить в правильное русло любую деловую беседу и суметь добиться своих целей в той или иной ситуации.

**– Понятно, что эти базовые курсы формируют навыки успешного предпринимательства и запуска стартапа. Но в большей степени они все же теоретические. Существует ли возможность применить полученные знания на практике?**

– С этой целью два раза в год проводится шестинедельная образовательная программа «Стартап-школа SUMIT». Наша основная задача – дать возможность ребятам сделать свои первые ошибки и помочь им перейти от идеи к бизнес-модели. Они должны не только проработать свою технологию, но и упаковать ее в продукт, понять, как выстроить взаимоотношения с пользователями и, наконец, решить, на чем будут зарабатывать деньги и на что их потратят. За шесть недель создается рабочая модель, с которой затем в рамках демонстрационного дня знакомятся российские венчурные фонды, занимающиеся инвестициями на предпосевной и посевной стадиях. Состоялось уже три таких школы, и с каждым разом их работа становится все совершеннее и организованнее, поскольку приобретается бесценный опыт.



К примеру, наша первая попытка была не слишком удачной – мы представили слишком много проектов и не смогли хорошо поработать со всеми инвесторами, поэтому из тридцати предложений только два получили финансирование. На второй стартап-школе мы, наученные горьким опытом, не стали страдать гигантизмом и отобрали только восемь проектов, но уделили им больше внимания, поэтому половина из них нашла своих инвесторов. В прошлом году наши ряды значительно расширились, и на летнем этапе участвовало уже пять команд, в том числе и зарубежные из Чехии, Франции, Финляндии, США. И из восемнадцати имеющихся проектов десять получили желанные субсидии.

После этого начинается третий этап. В его рамках работает стартап-акселератор IdealMachine, который финансируется за счет венчурного фонда RSV Venture Partners, созданного совместно ИТМО и американско-израильскими партнерами. Первая сессия акселератора была запущена прошлой весной, с марта по июнь, и закончилась демо-днем в рамках международного студенческого форума. Здесь было профинансировано 8 проектов. В рамках второй сессии получили одобрение еще 5. После окончания трехмесячной сессии наши студенты вышли на рынок и получили дополнительные деньги у других венчурных инвесторов. Например, Smart-музей получил 300 тысяч долларов, хотя полное финансирование проекта оценивается в 2 миллиона долларов. Ребята создали мобильное приложение, позволяющее получать информацию об экспонатах в различных музеях с помощью QR-кодов.

Ну и наиболее важный признак актуальности стартап-школы – появление первого ментора. Это Александр Андреев, генеральный директор Soft Joys. Представители компании регулярно работают с ребятами, ищут общие точки соприкосновения и при определенных условиях начинают совместную работу.

#### – По каким параметрам отбираются стартапы на SUMIT?

– Самый главный критерий – человек, автор и исполнитель проекта. Если у него есть мотивация, желание работать, этого для нас достаточно. Любой SUMIT начинается с SUMIT Weekend – два дня, когда мы общаемся со всеми желающими и пытаемся отобрать наиболее подходящих. Главные вопросы, которые мы задаем: «Чем SUMIT может быть вам полезен, будете ли вы 24 часа в сутки работать над своим проектом?» и «В чем ваша мотивация?».

#### – Когда стартап уходит из-под вашего контроля и начинает самостоятельное плавание?

– Он всегда развивается самостоятельно. Одно дело формировать бизнес-модель, объяснять механизмы ее функционирования, давать советы, как избежать подводных камней, задавать наводящие вопросы, то есть обучать, но совсем другое – делать работу за кого-то. Этим мы не занимаемся.

#### – Содействуете ли вы поиску финансовых средств для развития бизнеса?

– Да, как я уже отметил, сейчас функционирует фонд RSV Venture Partners. Он был создан на два года, в следующем году его работа заканчивается. По словам Михаила Авербаха, управляющего партнера фонда, RSV ориентируется в первую очередь на проекты, имеющие существенную ИТ-составляющую. Основными факторами, привлекающими внимание

инвестора, являются идея, возможность быстрого развития и, конечно же, люди, которые будут претворять идею в жизнь. Они должны нравиться тому, кто вкладывает в них средства, поскольку приходят не просто за инвестициями, а за помощью в строительстве бизнеса. И это подразумевает партнерство в широком смысле этого слова. Сейчас создается новый фонд на 10 миллионов долларов, есть надежда, что с середины этого года он начнет функционировать. Мы будем стабильно вкладывать в проекты от 20 до 150 тысяч долларов на петербургском рынке.

#### – Заинтересованы ли крупные инвестиционные фонды в поддержке ваших проектов?

– Мы поддерживаем связи со всеми фондами и стараемся избегать патовых ситуаций, которые возникают по причине того, что работа с ними на одной стадии, например на посевной и предпосевной, делает нас конкурентами. В то же время для дальнейшего продвижения своих разработок нашим подопечным становятся нужны совсем другие суммы, и они обращаются в фонды, работающие на более поздних стадиях и инвестирующие от миллиона долларов – Runa Capital, Almaz Capital Partners. Поэтому мы стараемся дружить со всеми крупными игроками этого рынка, чтобы помочь нашим проектам получить деньги на следующей стадии, и постоянно информируем инвестиционные фонды о наиболее интересных и перспективных проектах.

#### – Поддерживаются ли ваши инициативы руководством ИТМО?

– Да, мы получаем неограниченную помощь от администрации университета, в частности со стороны ректора Владимира Николаевича Васильева, проректора по инновационной работе Николая Рудольфовича Тойвонена, деканов факультетов, за что им огромная благодарность. Правда, преподаватели порой опасаются, что самые талантливые и молодые ребята в погоне за длинным рублем уйдут из науки, но мы в этом плане не конкуренты. Мы скорее дополняем учебу теми навыками, которые часто нужны и в научной деятельности, – лидерство, командообразование и т.д.

#### – То, что создано, можно назвать технопарком?

– Я бы скорее назвал то, что мы делаем, экосистемой, в которой создаются механизмы по воспроизведению следующих поколений предпринимателей. ■

# Теория ограничений: новая управленческая парадигма

Большинство распространенных методологий принятия управленческих решений основаны на «затратном принципе» – подсчете материальных и временных затрат производственных этапов или бизнес-процессов и минимизации этих затрат на каждом участке.

Практика финансового и управленческого консалтинга показала, что зачастую подобный подход приводит к серьезным ошибкам: рост эффективности конкретного участка влечет лишь к накоплениям запасов или незавершенной продукции, а не к ожидаемому росту прибыли. Корень проблемы в том, что применение «затратного принципа» в недостаточной степени учитывает взаимосвязь между различными компонентами и может повлечь за собой неправильную оценку влияния оптимизации участка на производство или бизнес в целом. Это побуждает присмотреться к инновациям в сфере организации производства, которые данный фактор учитывают более глубоко.

Одним из таких инновационных подходов является теория ограничений (Theory of Constraints, TOC) – философия управления, разработанная израильским ученым Элияху Голдраттом и изложенная им в серии книг. Наиболее известные из них – «Цель. Процесс непрерывного совершенствования» и «Цель-2. Дело не в везении» – уже много лет являются деловыми

бестселлерами. Они написаны в форме «производственных» романов, в которых в легкой и удобной для понимания форме переданы основные логические построения и выводы ТОС.

Теория ограничений базируется на двух основных принципах, взятых из естественных наук. Первый заключается в том, что оптимизация каждой отдельной компоненты системы (подсистемы) не приводит к оптимизации системы в целом, поскольку достижение локальных оптимумов не обязательно влечет к оптимуму глобальному. Второй принцип – поведение большинства сложных систем обусловлено небольшим числом факторов-причин, и нежелательные аспекты поведения системы могут быть устранены воздействием на них. Применительно к производству или бизнесу это означает, что стремление повысить его эффективность через достижение максимально возможной эффективности каждого участка производства или бизнес-процесса может привести к нулевым или даже обратным результатам для всей фирмы, поскольку пропускная способность бизнеса или



**Виктор Яшин,** заместитель декана факультета инновационно-технологического бизнеса Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, кандидат технических наук



**Александр Семенов,** ведущий специалист ФИТБ РАНХ и ГС, кандидат физико-математических наук

производства в целом обусловлена пропускной способностью его «узких мест» (ограничений системы). Если фабрика по выпуску столовых ножей может произвести 10 лезвий и 100 ручек, то ее производительность будет ограничена 10 столовыми ножами, и интенсификация изготовления ручек приведет лишь к росту незавершенного производства. Корректным методом оптимизации по ТОС является нахождение и устранение наиболее «узкого места» (ограничения, «бутылочного горлышка») или планирование производственного процесса исходя из его пропускной способности.

Простейшей, но эффективной ситуацией, иллюстрирующей основные положения ТОС, выступает повышение прочности цепи. Известно, что при давлении на натянутую цепь первым рвется самое «слабое звено», а упрочение других приведет лишь к усилению давления на него. Таким образом, единственным верным решением будет его укрепление.

В качестве примера рассмотрим систему «завод – цех», где цех выпускает один из компонентов конечной продукции, и руководитель постоянно торопит работников, заставляя их производить больше, тратя на это свое время и усилия, – обычная картина для многих предприятий. Однако обоснованы ли усилия начальника? Если цех не является «узким местом» – то нет, поскольку избыточная продуктивность приведет лишь к накоплению

незавершенного производства, тогда как его скорость по-прежнему будет обусловлена пропускной способностью проблемного участка. А избыточный объем незавершенки – это упущенная выгода, поскольку затраты на ее производство могли быть распределены более рационально. В случае же, если цех является «слабым звеном», фактор скорости наоборот критичен: даже кратковременное снижение темпов производства в «узком месте» повлияет на темпы производственного процесса в целом.

Концепция «узких мест» проясняет причину неполноты «затратного» мышления: при уверенности, что влияние оптимизации конкретной операции или бизнес-процесса определяется тем, сколько денег и времени эта оптимизация высвобождает, управленцы упускают из виду то обстоятельство, что благодаря ей в производственном процессе может появиться еще одно ограничение, снижающее эффективность системы. Например, повышение продуктивности в рассматриваемом выше цехе может потребовать интенсификации смежных подразделений. В результате избыточная нагрузка на них может вызвать поломку оборудования, и ожидаемого роста показателей не произойдет. Тем самым увеличение давления на один из участков вызывает разрыв «слабого звена» всей цепочки производства.

В итоге Э. Голдратом предложен системный подход к управлению компанией, отталкивающийся от «узких мест» производства. Он представляет собой процедуру, состоящую из последовательных шагов:

- 1) найти главное «узкое место» системы;
- 2) максимизировать «пропускную способность» ограничения;
- 3) подчинить этой цели все остальные элементы системы;
- 4) расширить ограничение;
- 5) если в результате предыдущего шага ограничение устранено, вернуться к шагу 1.

При этом инерция также может быть ограничением системы в

том случае, когда оно сместилось, а оптимизация третьего шага по-прежнему учитывает старое, уже не существующее «узкое место», в результате чего достигнутая оптимизация теряется.

Западный опыт показывает, что результатом правильного применения ТОС становится повышение своевременности выполнения заказов, сокращение производственного цикла, снижение объема запасов и рост продаж. Закономерным следствием выступает совокупное улучшение финансовых результатов бизнеса в целом. Таким образом, теория ограничений выступает реально действующим инструментом экономии затрат и повышения продуктивности.

При внедрении теории ограничений в управленческую практику возникают две различные задачи: выявление и устранение «слабого звена» и выстраивание системы управленческого учета и планирования, использующей принципы ТОС. Далее мы рассмотрим оба этих аспекта.

#### **Выявление и устранение ограничений**

Это нелегкая задача, требующая значительных усилий со стороны как топ-менеджеров, так и управленцев среднего и низшего звеньев и всего персонала компании. Здесь все зависит от специфики производства или бизнеса. Однако на практике эту задачу облегчают наблюдения опытных сотрудников: достаточно часто «узкие места» уже известны непосредственным исполнителям работ. В других случаях, когда они скрыты, требуется провести серьезный анализ для их выявления. В целом, процесс их нахождения – искусство, которое требует мастерства консультанта.

Теория ограничений – это новая методология, применение которой в мире лишь постепенно набирает обороты, хотя имеет ряд успешных примеров ее внедрения (например, в General Motors). В опросе известной международной консалтинговой компании Bain&Co на предмет

наиболее популярных управленческих технологий, используемых в практике 8504 фирм из более 70 стран (Северная Америка, Европа, Азия, Африка, Ближний Восток и Латинская Америка), ТОС пока еще не упомянута среди основных инструментов менеджмента. Еще менее известна она в России. Исходя из этого, в практике Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации изучаются успешные примеры внедрения теории ограничений в российской практике, анализируются случаи успешного устранения «узких мест». Рассмотрим один из подобных примеров – ограничение, возникшее в работе инвестиционно-финансовой компании. Он интересен тем, что относится не к производственной, а к управленческой сфере, где проблемы часто скрыты из-за больших объемов документооборота.

Компания X управляет линейкой закрытых паевых фондов особо рискованных (венчурных) инвестиций. Фонды вкладывают средства в инновационные проекты, только начинающие свое развитие и реализуемые в рамках малых предприятий. Основная цель деятельности фонда – содействие росту капитализации компаний, получивших инвестиции, и последующий выход из проектов путем продажи своей доли инвестору следующего раунда, стратегическому игроку на рынке или менеджменту фирмы. Фонды под управлением X обычно начинают финансирование проектов на ранних стадиях, когда компания еще недооценена, ее основные бизнес-процессы не формализованы. Поэтому X совмещает в себе функции инвестора и менеджера, обеспечивая материальные средства, инфраструктурную поддержку (бухгалтерскую и юридическую) и управленческий консалтинг. Практика показала, что «узкие места» появляются и в процессе такой деятельности.

Менеджмент компании знаком с принципами теории ограничений, и поэтому появил-



шуюю неэффективность в работе управляющие смогли встретить уже подготовленными. Описание процесса устранения ограничения приводим со слов управляющего директора.

«В последние годы наша компания стремительно росла, набирая в свой портфель новые проекты, и ее собственная инфраструктура не успевала за этим ростом. Мы очень быстро нашли потенциальное «узкое место» – это была юридическая служба, которая не могла в должной мере выполнять свою функцию в отношении финансируемых компаний. На начальном этапе требовалась подготовка большого пакета документов, при этом его содержание в каждом проекте могло существенно отличаться от других. Начальник юридической службы передавал поручения наименее загруженному сотруднику, вне зависимости от его квалификации и участия в проекте. В результате приходилось несколько раз переделывать документы, случались ситуации, когда поручения не исполнялись в срок, что приводило к конфликтам между юридической службой и проинвестированной компанией и ее менеджментом. Для разрешения ситуации в середине прошлого года мы предприняли следующие шаги:

- проанализировали организацию работ двух подразделений управляющей компании: бухгалтерской службы и юридической службы. В работе первой таких конфликтов не возникало. За сотрудником бухгалтерии изначально закреплялись определенные проекты, и он обеспечивал весь объем необходимых работ по компании, в том числе и консультации по вопросам бухгалтерского и управленческого учета;

- провели внутреннюю аттестацию сотрудников юридической службы для определения уровня квалификации;

- распределили проекты для юридического сопровождения за конкретными юристами, принимая во внимание квалификацию сотрудника и сложность разраба-

Параметры	Часы Glory	Часы Flight
Цена единицы (P), долл.	5000	3500
Спрос в год (Q), ед.	100	100
Цена сырья на единицу (TVC), долл.	800	800

Показатели	Часы Glory	Часы Flight
Производство механизма, дней	1,5	0,5
Производство корпуса, дней	1	0,5
Общее время производства, дней	2,5	1

тываемых документов по проекту. Это позволило юристу накапливать информацию по курируемой компании и более квалифицированно и оперативно реагировать на запросы компании;

- два юриста были направлены на курсы по актуальной тематике; самые сложные вопросы решались при поддержке начальника юридического департамента.

Эти меры позволили нашей компании снять напряженность в отношении с развиваемыми компаниями, повысить прозрачность загрузки сотрудников и в конечном итоге сосредоточиться на главных задачах.

Приведенный пример демонстрирует первый аспект теории ограничений – выявление и устранение «узкого места». Далее мы рассмотрим второй аспект теории – управленческое планирование производства при выявленных ограничениях.

### Основы управленческого планирования по ТОС

Управленческое планирование по теории ограничений – это уже готовая методология принятия решений в предположении, что «узкие места» системы и их характеристики выявлены. Основной методической базой по внедрению теории в область управленческого планирования является книга Т. Корбетта «Управленческий учет по ТОС», достаточно подробно излагающая процесс адаптации данной технологии под конкретное предприятие.

Основными показателями деятельности компании в контексте теории ограничений выступают:

- **полностью переменные издержки (TVC)** – те, которые могут быть сопоставлены с готовой продукцией и измеряются прямо пропорционально объему производства;

- **проход** – разность между стоимостью проданных товаров и TVC на ее производство. Проход прямо пропорционален росту продаж;

- **проход на единицу продукции (Tu)** – деньги, поступающие в систему на каждую единицу проданной продукции;

- **товарно-материальные запасы (I)** – средства, затраченные системой на приобретение того, что она намеревается продать в конечном итоге. Стоимость запасов и незавершенной продукции равна связанным с ними TVC, и добавленная стоимость при этом не учитывается, что отличает управленческий учет от многих других;

- **операционные затраты (OE)** – все ресурсы, затрачиваемые системой на преобразование товарно-материальных запасов в проход.

Основными параметрами принятия решения выступают время обработки продукта при ограничении и величина прохода на единицу рабочего времени ограничения, который и нужно максимизировать. Поясним работу этого принципа на простейшем примере (названия компании и продуктов вымышлены).

Пусть предприятие Russian Watch Company (RWC) продает два вида эксклюзивных часов – Glory и Flight, основные характеристики которых приведены в табл. 1 (данные берутся из расчета 1 год).

Таблица 1.  
Основные характеристики продукции RWC

Таблица 2.  
Данные по производству RWC

Суммарные операционные затраты производства составляют 400 тыс. долл. в год. Оно состоит из двух укрупненных этапов – изготовление механизма и корпуса. Производственный процесс RWC осуществляется в течение 24 дней в месяц или 228 дней в год. В табл. 2 приведены временные характеристики этих технологических операций.

Далее нужно определить, сумеет ли предприятие удовлетворить рыночный спрос. Для производства 100 часов Glory и 100 часов Flight потребуется  $100 \cdot 2,5 + 100 \cdot 1 = 350$  дней, что больше, чем доступные предприятию 228 дней. Тем самым закрыть все потребности RWC не может.

Применим планирование исходя из традиционного («затратного») подхода. В его рамках более перспективным выглядит производство с более высокой маржой, то есть часы Glory. Таким образом, следует продавать максимально возможное их количество, а оставшиеся ресурсы (в данном случае время) тратить на производство Flight. Однако имеющееся время не позволяет полностью удовлетворить спрос на Glory. В итоге их будет произведена 91 шт. (227,5 дня) и не выпущено ни одного Flight. Оценим прибыль RWC. Она равна  $91 \cdot (5000 - 800) - 400\,000 = 382\,200 - 400\,000 = -17\,800$  долл., то есть предприятие терпит убытки.

Далее проиллюстрируем метод теории ограничений. Для начала надо найти «узкое место» системы. Это производство механизма для часов Glory, поскольку оно осуществляется с минимально возможной скоростью. В рамках управленческого учета по ТОС следует отдать предпочтение тому из продуктов, который имеет наибольшую производительность в ограничении, то есть генерирует наибольший проход на единицу времени ограничения. Для Flight это 2700 долл./день (3500 – 800), а для Glory – 1680 долл. (5000 – 800) (1/2,5). Следовательно, предпочтение следует отдать марке Flight. В результате спрос на нее будет удовлетворен полностью

и останется ресурс на производство 51 шт. Glory. В итоге имеем  $100 \cdot (3500 - 800) + 51 \cdot (5000 - 800) - 400\,000 = 270\,000 + 214\,200 - 400\,000 = 84\,200$  долл. прибыли.

Пример управленческого планирования по ТОС показывает, что в результате рационального подхода к «узкому месту» предприятие может изыскать возможности получения прибыли, даже не устраняя само ограничение. Безусловно, этот простой пример лишь наглядно иллюстрирует принципы управления по ТОС, тогда как внедрение управленческого учета и планирования для реальных предприятий требует разработки серии типовых форм и увязки их с бухгалтерским и налоговым учетами. Вместе с тем ТОС полностью не отменяет важность локальной оптимизации – если направить усилия по ней в нужное место и сделать их в нужное время, можно действительно получить выдающиеся результаты.

В рамках теории ограничений естественное объяснение получает и частый срыв сроков поставок, свойственный многим фирмам. Дело в том, что загрузка «узкого места» не может превышать 100%, в силу чего компания не может выполнить все поступающие к ней заказы. Многие не хотят с этим считаться (или даже просто не знают своих ограничений) и в результате обещают своим клиентам то, что произвести не в состоянии. Вместо принятия невыполнимого набора заказов фирмам следует сфокусироваться на том, что максимизирует ее прибыль исходя из пропускной способности «узких мест», и подготовить свой операционный и финансовый план на базе реальных возможностей.

По нашим наблюдениям, ряд финансовых директоров крупных предприятий, даже незнакомых с ТОС, интуитивно осознают ее закономерности и поэтому не спешат рекомендовать принятие быстрых и необдуманных решений о локальных оптимизациях того или иного процесса. Им помогает хорошее знание своей

компании как единого целого. Однако на отдельных локальных участках решения менеджеров среднего звена часто полностью базируются на принципе минимизации финансовых и временных затрат, что может повлечь за собой рост количества запасов и незавершенки на производстве, а в офисах – залежей бумаги. Поэтому теория ограничений должна стать рабочим инструментом принятия решений на всех уровнях управления.

Кроме того, ТОС особенно актуальна для российских предприятий еще и по той причине, что для некоторых отраслей экономики на современном этапе все еще характерна высокая доля устаревшего и неэффективного оборудования – естественные примеры «узких мест» в рамках теории ограничений. И поэтому, вместо широкомасштабного перевооружения, требующего десятки миллионов долларов инвестиций и не всегда доступного, испытывающим сложности предприятиям в качестве рецепта повышения эффективности можно предписывать поэтапное выявление и устранение наиболее проблемных участков, а также их контроль через управленческое планирование по ТОС. Теорию ограничений целесообразно применять в фирмах с большим числом взаимосвязанных бизнес-процессов, а также на молодых предприятиях, для которых актуальна задача выстраивания производственной цепочки и закладывания основ функционирования организации. В последнем случае имеет смысл сразу проектировать их архитектуру с учетом знания уже существующих и потенциальных ограничений производства и административного блока. ■

# Механизм развития кооперации и интеграции

(Окончание. Начало в №7)

УДК 631.115.9+631.151.6

Проведенное нами исследование показывает, что эффективность кооперации и интеграции субъектов хозяйствования в АПК определяется совокупностью показателей деятельности – объемами выпуска и сбыта продукции, затратами на эти цели, прибылью от реализации и др. При этом на каждый такой показатель оказывает влияние система факторов производства.

**П**онятие «фактор» подразумевает совокупность различных обстоятельств, движущих сил, способствующих производственному процессу. Это потенциальное состояние ресурса или возможность для того, чтобы он начал действовать в целях производства. Для этого ему необходимо придать определенную направленность – соединить с другими факторами, привести в действие с помощью затрат труда и материальных средств и т.п. В данной связи важно определиться, в чем состоит различие между понятиями «ресурс», «фактор производства» и «потенциал», которые являются близкими, но не одинаковыми по смыслу.

Коренным отличием между терминами «ресурсы» и «потенциал», по нашему мнению, является то, что ресурсы могут существовать независимо от субъектов хозяйствования, тогда как потенциал характерен непосредственно для них. Это означает,



**Егор Гусаков,**  
аспирант Института системных исследований в АПК НАН Беларуси

что он наряду с материальными и нематериальными средствами включает труд отдельных работников и коллектива, возможности организации, а также экономические условия государства, обеспечивающие эффективное использование имеющихся средств и ресурсов.

Понятие «ресурсы» включает природные средства, а также экономические и социальные возможности, которые могут быть использованы в производственной деятельности. Следовательно, факторы производства – экономическая категория, означающая ресурсы, реально вовлеченные в процесс производства. Исходя из этого вытекает, что ресурсы производства – понятие более широкое, чем факторы производства, поскольку последние – это производящие или функционирующие ресурсы, которые в отличие от ресурсов, способных существовать автономно, становятся таковыми только в процессе функционирования и взаимодействия. Поэтому реальное производство есть результат комплексного взаимодействия ряда факторов. Например, кооперация и интеграция – это, с одной стороны, факторы, а с другой – процесс, который может давать экономический результат во взаимодействии с трудом, материальными и нематериальными средствами.

Факторы, формирующие производственный потенциал субъекта хозяйствования, нахо-

дятся в постоянном взаимодействии и оказывают влияние на эффективность использования каждого вида ресурсов. А производственная деятельность любого сельскохозяйственного предприятия и объединения основана на совокупном применении всех видов ресурсов, находящихся в постоянном развитии. Изменение каждого из них ведет к переменам в соотношении ресурсов, что влечет за собой реструктуризацию ресурсного потенциала предприятия в целом, а также оказывает непосредственное влияние на результат хозяйственной деятельности.

Формирование и развитие производственного потенциала предприятия или объединения следует характеризовать как функцию, зависящую от множества факторов-аргументов:

$$ПП = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – факторы, формирующие производственный потенциал (ПП).

Таким образом, находим, что под факторами следует понимать такие экономические инструменты и производительные силы, которые формируют производственный потенциал предприятия, по поводу использования которых образуются производственные отношения. Факторы представляют собой довольно сложный объект изучения. Во-первых, их множество; во-вторых, их влияние



сильно различается при индивидуализированном и комплексном использовании; в-третьих, существуют факторы, не поддающиеся количественной оценке и т.д. Поэтому при разработке стратегии развития предприятия и перспектив изменения производственного потенциала всегда важно системное взаимосвязанное изучение доступного количества факторов.

В результате многообразия производственных факторов встает необходимость их классификации по наиболее существенным признакам. На ее основе можно моделировать развитие предприятия, прогнозировать изменение производства, рассчитывать экономическую эффективность хозяйственной деятельности, определять взаимозависимость факторов и находить резервы при необходимости их структурного совершенствования. Такая классификация по ряду хозяйственных признаков состоит в следующем:

1. Суть (природа) происхождения:
  - объективно существующие (сельскохозяйственные угодья, гидротермические условия и др.);

- субъективно формируемые (материальные и нематериальные ресурсы).

2. Отношение к кооперативно-интеграционному объединению:

- собственные или внутренние, которые формируются за счет средств объединения и инвестиций;

- заемные и привлеченные (кредиты, ссуды, займы, аренда плата и т.д.);

- внешние, независимые от конкретного субъекта хозяйствования (действующее хозяйственное законодательство, существующие производственные регламенты, нормативы и стандарты).

3. Источник образования:

- природные (земля, вода, воздух и пр.);

- трудовые (затраты живого труда);

- интеллектуальные (затраты умственного труда);

- материальные (основные и оборотные средства);

- финансовые (кредиты, ссуды);

- правовые (законодательные нормы, на основании которых строится взаимоотношение кооперативно-интеграционного объединения и предприятия).

4. Объект воздействия (влияния):

- весь хозяйственный комплекс кооперативно-интеграционного объединения;

- отдельные подразделения или элементы объединения.

5. Участие в формировании производственного и финансового результата:

- прямое (непосредственное) и определяющее (сельскохозяйственные угодья);

- прямое незначительное (затраты рыночного труда);

- косвенное определяющее (действующее законодательство, рыночная конъюнктура);

- косвенное незначительное (экономическая политика конкурирующего объединения).

6. Влияние на производственный потенциал и результаты хозяйственной деятельности:

- положительное влияние (факторы, находящиеся в достатке и обеспечивающие оптимальное взаимодействие);

- отрицательное влияние (факторы, находящиеся в дефиците или прямо направленные на ухудшение и разрушение производства, – отсутствие достаточного финансового обеспечения, форс-мажорные обстоятельства).

Данная классификация позволяет определить и систематизировать всю возможную совокупность факторов, исходя из характерных черт их воздействия на производственный потенциал и результаты хозяйственной деятельности кооперативно-интеграционного объединения.

Важно отметить, что все существующие факторы могут быть также сгруппированы по элементам, определяющим производственный потенциал кооперативно-интеграционного объединения: по основным производственным средствам (фондам), в том числе по активной и пассивной их части; по предметам и средствам труда; по факторам, воздействующим на труд и определяющим его производительность и эффективность; факторам собственности на средства производства (иму-

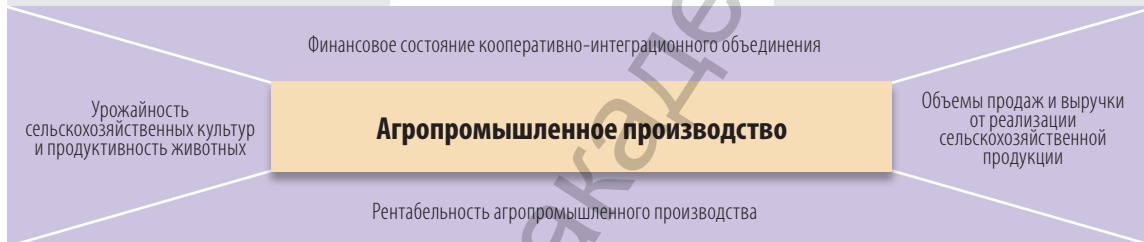
Рис. 1. Укрупненные блоки факторов эффективного функционирования кооперативно-интеграционных структур



**Факторы, обеспечивающие эффективное использование производственного потенциала**

Таблица 1. Основные факторы роста эффективности использования производственного потенциала в кооперативно-интеграционных объединениях

Технологические	Экономические	Финансовые
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышение культуры земледелия</li> <li>• Применение научно обоснованных севооборотов</li> <li>• Применение новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур</li> <li>• Наиболее полное использование генетического потенциала скота</li> <li>• Улучшение кормовой базы и качества кормов</li> <li>• Обеспечение сбалансированности между урожайностью сельскохозяйственных культур и удобрениями</li> <li>• Обеспечение сбалансированности между продуктивностью скота и кормами</li> <li>• Оптимизация специализации кооперативно-интеграционного объединения</li> <li>• Обеспечение сбалансированности между объемами производства и количеством технических средств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обеспечение сбалансированности объединения по кадрам, в том числе по высококвалифицированным кадрам руководителей и специалистов</li> <li>• Совершенствование системы мотивации и стимулирования труда</li> <li>• Обеспечение роста производительности труда</li> <li>• Обеспечение оптимального соотношения между основными и оборотными средствами</li> <li>• Установление научно обоснованных нормативов затрат ресурсов и выхода продукции на единицу ресурса</li> <li>• Оптимизация себестоимости сельскохозяйственного производства</li> <li>• Выбор оптимальной модели кооперативно-интеграционного объединения</li> <li>• Оптимизация экономических отношений между внутренними структурами объединения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Совершенствование механизма ценообразования на продукцию</li> <li>• Нормализация расчетов с дебиторами и кредиторами</li> <li>• Оптимизация кредитной политики объединения</li> <li>• Нарастивание объемов продаж и выручки от реализации</li> <li>• Максимизация прибыли от собственной хозяйственной деятельности</li> <li>• Формирование инвестиционных и инновационных средств для устойчивого развития</li> <li>• Принятие мер (разработка плана) финансовой стабилизации объединения</li> <li>• Реализация финансово-выгодных проектов</li> <li>• Поиск наиболее выгодных каналов реализации продукции и формирования собственных финансовых средств</li> <li>• Оптимизация налоговой системы объединения</li> <li>• Оптимальное использование государственных средств поддержки</li> </ul>



шество), капитал и трудовые результаты; законодательно-правовым и регламентирующим хозяйственную деятельность; управленческим и организационным; инновационным и обеспечивающим технико-технологическую модернизацию; финансово-кредитным, денежным, распределительным и перераспределительным.

Организация производственного процесса требует пропорционального наличия и соотношения, а также использования всех возможных групп факторов и их индивидуальных проявлений. Объем производства лимитируется, как правило, теми факторами, которые находятся в минимуме и не позволяют иметь требуемые пропорции. Например, в налажи-

вании эффективного функционирования кооперативно-интеграционного объединения важную роль играют так называемые производственно-экономические факторы, представленные нами на рис. 1.

Как видим, успешная деятельность любой крупной кооперативно-интеграционной структуры требует наличия следующих групп факторов и их пропорционального соотношения – основных и оборотных средств производства, включая освоение инновационных технологий их использования, трудовых ресурсов (где важнейшая роль принадлежит квалификации и образованию), природных ресурсов (в составе которых основное значение имеют сельскохозяй-

ственные уголья), собственных инвестиций, формируемых из доходов от реализации продукции и прибыли, предпринимательских качеств менеджеров (это так называемый предпринимательский ресурс), наличия доступных заемных финансовых и кредитных ресурсов, а также информационных, где ключевая роль принадлежит оперативной и достоверной информации о различных сбытовых и потребительских рынках.

Следует сказать, что традиционная классификация факторов сельскохозяйственного производства на землю, труд и капитал уже является недостаточной. Признано необходимым дополнительно учитывать фактор «предпринимательский ресурс»,

а также инновационное развитие, инвестиционные возможности и информационное обеспечение.

Также важно заметить, что производственные факторы – земля, труд, основные и оборотные фонды (капитал) – могут в определенной мере взаимозамещаться и взаимодополняться. Так, ручной труд становится все более дорогим и может быть вытеснен высокопроизводительной техникой. Ее интенсивное использование и освоение инновационных технологий несколько нивелируют роль фактора «сельскохозяйственные угодья», поскольку для равнозначного объема производства необходимо меньшее количество земли.

Замещение одного фактора другим находит отражение в изменении структуры ресурсов и производства. Например, при недостатке земли и полной обеспеченности трудом сельскохозяйственное предприятие может развивать трудоемкие отрасли – овощеводство в защищенном грунте, животноводство на откормочных площадках и др. При избытке земли и при благоприятных условиях целесообразно заниматься кормопроизводством, выращиванием зерновых и зернобобовых культур и др.

Факторы, обеспечивающие эффективное использование производственного потенциала кооперативно-интеграционного объединения, нами предложено подразделять на следующие группы:

- природно-климатическая (почвенные, климатические, водный режим, экологические и т.п.);

- денежно-финансовая (государственная поддержка, собственные средства, заемные источники);

- кадровая (обеспеченность трудовыми ресурсами, квалификация работников и др.);

- материально-техническая (основные и оборотные средства);

- информационная (уровень компьютеризации, каналы и источники информационного обеспечения и т.п.);

- организационно-управленческая (создание единого управленческого центра, анализ хозяйственной деятельности, учет и контроль, планирование и др.);

- инновационная (возможности инновационного развития, использование достижений науки и т.д.).

На основании изложенной классификации целесообразно выделить основные (ключевые) факторы роста и эффективности использования производственного потенциала кооперативно-интеграционного объединения (табл. 1).

Важнейшим условием роста эффективности использования производственного потенциала в кооперативно-интеграционных объединениях является пропорциональность соотношения ресурсов и результатов, а также факторов между собой. Так, для устойчивого роста урожайности агрокультур необходима сбалансированность площади возделывания, поставленных целей и задач, а также наличие технических средств и удобрений. Для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных требуется эквивалентное соотношение численности поголовья скота, целей производства и размера кормовых ресурсов. Рост прибыли способен обеспечить уравновешенное соотношение объемов продаж, реализационных цен и себестоимости продукции. Для эффективного функционирования кооперативно-интеграционного объединения приоритетное значение имеют его размеры и структура, а также адекватность соотношения управляющей и управляемой сфер, учитывая также непротиворечивость стратегии развития объединения (микроэкономический уровень) и макроэкономической политики государства (макроэкономический уровень).

Таким образом, эффективное функционирование кооперативно-интеграционных объединений зависит от множества факторов, их групп и комбинаций. В основе эффективности находится

оптимальное формирование и рациональное использование производственного потенциала, которое базируется на совокупности факторов, ресурсов, условий и возможностей. ■

## Summary

The following conclusions result on the basis of the conducted researches of the paragraph. The classification and technique of the integrated definition of factor groups and the generalized assessment of their influence on economic efficiency of cooperative- integrative association (the origin nature, the relation to association, the education source, object of influence, participation in result formation, positive and negative influence) are developed. This classification and order of identification and influence of efficiency factors of economic activity of cooperative- integrative structure are developed in the form of complex model of formation and target development of production potential of association taking into account the newest requirements of the organization of economic activity. As opposed to traditional factors of production where enter the land, labour and the capital, the developed system include innovative development, the enterprise resource, information resources and investment opportunities. It allows us to make more objective administrative decisions about factorial balance of agroindustrial production.

## Литература

1. Борисов А.Б. Большой экономический словарь: экономика, финансы, бухгалтер, налоги, страхование, маркетинг, менеджмент, управление. – М., 2010.
2. Гусаков В.Г. Новейшая экономика и организация сельского хозяйства в условиях становления рынка: научный поиск, проблемы, решения. – Мн., 2008.
3. Гусаков В.Г. Научные основы создания продуктовых компаний. – Мн., 2012.
4. Имяреков С.М. Организационно-экономические отношения в кооперативной системе АПК: автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / С.М. Имяреков; Всерос. науч.-исслед. ин-т экономики, труда и упр. в сел. хоз-ве РАСХН. – М., 2009.
5. Седова Н.В. Интегрированные структуры в агропромышленном комплексе российской экономики: монография. – М., 2010.



# Аллергия на рутину

В мире науки



Систематическое изучение влияния искусственного повышения температуры тела человека свыше 41 °С на развитие опухолевых процессов началось в 1935 г. Но с появлением антибиотиков и химиотерапии изыскания в этой области отошли на второй план. Возрождение интереса к гипертермии произошло в 80-е гг. XX в., когда выяснилась относительная неэффективность лечения рака с помощью химиотерапии, рентгенотерапии и хирургических методов. С 90-х гг. прошлого века все большую популярность приобретает локальная гипертермия – процедура прогрева непосредственно злокачественной опухоли, а не всего организма, для чего в опухоль вводят магнитные частицы и воздействуют на них переменным магнитным полем. В 2005 г. исследованием гипертермии занялись и белорусские ученые. Один из них – молодой ученый, кандидат физико-математических наук Сергей Кашевский.

– К окончанию физического факультета БГУ я занимался изучением жидких кристаллов, – рассказывает Сергей Брониславович. – Довелось попробовать себя на производственном предприятии, но вскоре стало понятно, что монотонность труда не для меня. А вот на науку «аллергии» не было и поиск привел меня в лабораторию физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова. Приобретать нужные для профессии учебного качества долго не пришлось, сказалась любовь к точным наукам. Хотя в первые годы работы учился многому. Со временем усвоил, что важнейшее качество человека науки – наблюдательность. Я сразу включился в работу. Участвовал в выполнении нескольких проектов лаборатории. Касательно гипертермии, был задействован на всех стадиях проекта, начиная с синтеза частиц и заканчивая проведением процедур на животных. Первые эксперименты были направлены на изучение возможности использования высококоэрцитивных частиц для борьбы с опухолевыми клетками. К началу наших исследований в мире общепринято было применение суперпарамагнитных частиц для генерации тепла. Существующий скептицизм в отношении более крупных высококоэрцитивных частиц только подогревал интерес. Сейчас уже известно, что суперпарамагнитные частицы, размер которых составляет около 10 нм, имеют ряд недостатков. Один из них – вследствие своей малости частицы не задерживаются в опухоли, а диффундируют из нее. Поэтому в экспериментах с жи-

выми организмами приходится блокировать их механическую подвижность специальными гелями. Однако это приводит и к значительному снижению мощности тепловыделения в переменном магнитном поле.

Первые эксперименты на животных проводились совместно с Республиканским научно-практическим центром онкологии и медицинской радиологии имени Н.Н. Александрова, с доктором медицинских наук, заведующим отделом комплексной терапии с экспериментальной группой и группой химиотерапии Юрием Истоминым. Цель опытов состояла в изучении возможности использования высококоэрцитивных частиц и отработке режимов гипертермии, то есть температуры и времени, обеспечивающих разрушение опухоли. Полученные результаты показали, что наибольший эффект достигается при температуре 44–45 °С в течение 15–20 минут. На этой стадии исследований вопрос о выживаемости животных не ставился.

– В настоящее время, – уточняет Сергей, – совместно с учеными Института физиологии НАН Беларуси, а именно кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником лаборатории физиотерапии и курортологии Татьяной Терпинской и главным научным сотрудником лаборатории модуляции функций организма Владимиром Улащиком проводятся эксперименты по изучению режимов гипертермии, обеспечивающих полное выздоровление животного. Оно наступает примерно в 50% случаев при чистой гипертермии, а в сочетании с противоопухолевыми

препаратами возрастает до 90%. Следует сказать, что использование только препаратов дает положительный результат в 10% случаев.

Процедура гипертермии проводится на специально разработанном и изготовленном комплексе для локальной низкочастотной гипертермии. Главная его функция – прогреть опухоль до заданной температуры и поддерживать эту температуру в течение сеанса. Комплекс состоит из трех подсистем – измерения температуры и тока в индукторе, выдачи воздействия на него и управляющей процессорной части. После введения в опухоль суспензии с магнитными частицами животное помещается в индуктор переменного магнитного поля. Перемагничиваясь, частицы выделяют тепло, которое идет на нагрев опухоли.

*– Одним из преимуществ используемых нами высококоэрцитивных частиц перед суперпарамагнитными заключается в возможности получения необходимого количества тепла в магнитных полях малой частоты. Если для суперпарамагнитных частиц речь идет о сотнях килогерц, то мы используем частоты, на два порядка меньше. Это позволяет контролировать температуру классическими термомпарами.*

Комплекс дает возможность непрерывно записывать величину тока в индукторе магнитного

поля и показания двух датчиков. Один из них – контрольный – размещается на границе опухоль-здоровая ткань, второй – дополнительный – в центре пораженного участка. Датчиками температуры служат медь-константановые термопары, встроены в тонкие медицинские иглы. Система обратной связи комплекса обеспечивает автоматическое регулирование тока в индукторе, а значит, и амплитуды воздействующего на опухоль переменного магнитного поля, обеспечивая подъем температуры до заданного уровня и ее поддержания в точке введения контрольной термопары. Регистрируемая комплексом информация о сеансе гипертермии непрерывно выводится на дисплей и сохраняется в протокольном файле. Помимо этого фиксируется температура в месте размещения второй термопары.

Таким образом, оператор имеет возможность отслеживать в режиме реального времени величину контрольной температуры, температуры дополнительной термопары, величины тока в индукторе, при необходимости корректировать диапазон его регулирования, изменять общее время сеанса, прекращать нагрев в любой момент времени.

*– Сохраняемая в сеансе гипертермии информация о величине тока в индукторе при известной массе введенных в опухоль частиц позволяет производить расчет мощности тепловыделения в процессе нагрева, а также величину суммарной выделившейся в опухоли тепловой энергии. Для этого используется, во-первых, установленная в экспериментах зависимость удельной поглощательной способности частиц от амплитуды поля и, во-вторых, соотношение между током в индукторе и амплитудой возбуждаемого им магнитного поля.*

В лаборатории создается устройство для работы на более крупных животных – кроликах, кошках, собаках. Планируется доработать его к концу года. Прибор изначально проектировался с учетом существующих

физиологических ограничений на параметры магнитного поля. Еще в 80-х гг. прошлого века в экспериментах на добровольцах было показано, что его амплитуда и частота должны выбираться так, чтобы исключить общий нагрев организма вихревыми токами. Интересно, что практически во всех опытах с использованием суперпарамагнитных частиц это ограничение игнорируется. А терапевтически значимые тепловыделения получают в условиях, не применимых для работы с людьми.

*– Для визуализации проникновения суспензии в опухоль не помешал бы и радиовизиограф. Сейчас она вводится вслепую. При экспериментах на маленьких животных это не представляет большой проблемы, поскольку опухоль прощупывается руками, а вот при работе с крупными без визуализации процесса не обойтись.*

У Сергея Кашевского много планов и идей, но делится он ими осторожно. Еще менее охотно он рассказывает о личной жизни, отдыхе и других увлечениях. Как оказалось, работа поглощает много времени. Ведь помимо проекта по гипертермии ведутся исследования и по ряду других направлений.

*– В настоящее время веду изыскания по проекту с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований. Его суть – установление связей между поведением взвешенных в жидкости магнитных частиц в переменном магнитном поле и реологическими характеристиками жидкости. Также участвую в разработке портативного прибора, который позволит, во-первых, измерять вязкость крови и, во-вторых, регистрировать коагуляционные свойства ее капельных объемов. Подобный прибор был бы весьма востребован как для индивидуального пользования, так и для нужд медицинских учреждений. ■*

Мария ДУБРОВСКАЯ  
Фото автора

Индуктор переменного магнитного поля для локальной низкочастотной гипертермии



# Параметрические распадные неустойчивости в неоднородной плазме

**П**роблема обеспечения источников энергии для будущего является одной из центральных проблем развития современного индустриального общества. Ограниченность существующих запасов ископаемого топлива и необходимость захоронения больших количеств радиоактивных отходов атомной энергетики определяют необходимость и актуальность поисков альтернативных источников энергии. Одним из перспективных таких ресурсов являются реакции управляемого термоядерного синтеза (УТС), во время которых выделяется значительное количество энергии при незначительном количестве радиоактивных отходов. Существенный прогресс в реализации идеи УТС достигнут на установках с магнитным удержанием высокотемпературной плазмы – токамаках. Закончено проектирование и ведется строительство международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР, основанного на концепции токамака.

Для осуществления УТС необходимо нагреть плазму до температур, примерно соответствующих температуре поджига термоядерной реакции в дейтериево-тритиевой смеси (порядка 10 кэВ). Нагрев плазмы происходит путем передачи энергии внешних источников в энергию хаотического движения частиц плазмы. Температура поджига термоядерной реакции значительно превышает температуру, достигаемую в режимах омического нагрева в токамаках, мощность которого быстро падает с ростом температуры. Одним из основных дополнительных методов нагрева плазмы с магнитным удержанием (токамак, открытая ловушка, стелларатор и др.) является нагрев с помощью высокочастотного (ВЧ) электромагнитного поля. Важной за-

дачей для установок токамак является поддержание в разряде постоянного электрического тока, обеспечивающего удержание частиц и нагрев плазмы, что решается с помощью электромагнитных волн различных частотных диапазонов.

Высокочастотные методы нагрева плазмы чаще всего основаны на использовании различных резонансных эффектов. Так, ионно-циклотронный резонансный нагрев (ИЦРН) определяется условием равенства частоты  $\omega$  внешнего поля первой или второй гармоники ионной циклотронной частоты  $\omega = \omega_{vi} = = Z_i e B / m_i c$  ( $Z_i$  – заряд иона,  $B$  – индукция удерживающего магн. поля,  $m_i$  – масса иона). ИЦРН в крупных токамаках требует применения ЭМ-колебаний с длиной волны ~10 м. Обычно применяется ИЦРН на ионах малой примеси (например, на ионах водорода, трития или  $He^3$  в дейтериевой плазме). Можно создать также условия, когда при ИЦРН энергия будет вкладываться в основном в электроны. На токамаке ИТЭР мощность ИЦРН достигает 20 МВт.

Электронно-циклотронный резонансный нагрев (ЭЦРН) основан в близости частоты ЭМ-волны  $\omega$  к электронной циклотронной частоте  $\omega_{ve}$  (или ее гармонике). Для реактора-токамака это соответствует ЭМ-волнам длиной 1–2 мм, генератором которых обычно бывают гиротроны. Гиротронный комплекс токамака Т-10 обеспечивает ввод в плазму излучения мощностью 4 МВт. Применение сильного ЭЦРН в открытых ловушках создает в них «надтепловые» электроны, что необходимо для формирования тепловых барьеров. ЭЦРН и другие резонансные методы нагрева позволяют в определенной мере управлять распределением его мощности по сечению плазмы.

Лучшие результаты по генерации в плазме квази-постоянного тока достиг-

нуты при применении электромагнитных волн промежуточного (нижнегибридного) частотного диапазона, лежащего между электронной и ионной циклотронной частотами. Взаимодействие с электронами этих волн основано на резонансе Ландау, реализующемся при совпадении фазовой скорости волны со скоростью электрона. В крупных токамаках промежуточному диапазону соответствуют длины электромагнитных волн ~ 5–10 см. Мощность нижнегибридных волн в современных экспериментах – 10 МВт.

При плотностях потока энергии излучения, достигаемых в современных экспериментах по нагреву и поддержанию тока, плазма ведет себя как нелинейная электродинамическая среда. Это, в частности, проявляется в параметрической раскатке в ней собственных колебаний, частоты и волновые векторы которых связаны между собой условиями пространственного и временного синхронизма. При превышении полем электромагнитной волны (волны накачки) некоторого порогового значения в плазме развиваются параметрические, в частности, распадные неустойчивости, что может приводить к возбуждению высокочастотной плазменной турбулентности и, в конечном счете, к аномальному поглощению греющего излучения. Отметим, что при мощностях излучения и температурах плазмы, достигаемых в опытах по лазерному нагреву, аномальное поглощение энергии может превосходить классическое столкновительное, определяя как локализацию области поглощения, так и вид функции распределения частиц по скоростям.

К сходным эффектам параметрические процессы приводят и при СВЧ-нагреве плазмы в токамаках в диапазоне нижнегибридных частот, вызывая





Рис. 1. Линейная плазменная установка «Гранит»

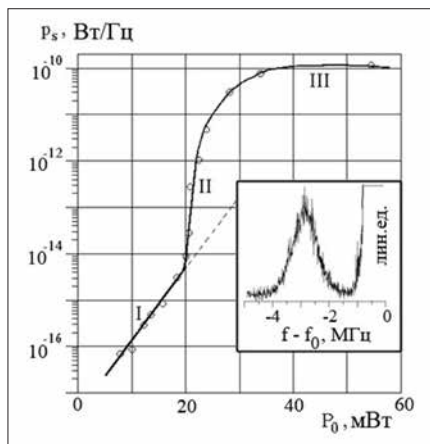


Рис. 2. Зависимость спектральной плотности мощности рассеянного сигнала от падающей СВЧ-мощности. Вставка – спектр рассеяния на участке I

сильное периферийное поглощение энергии и генерацию быстрых частиц, а также приводя к поглощению энергии при отсутствии нижнего гибридного резонанса. В то же время параметрические неустойчивости рассеяния волны накачки, в результате которых наряду с плазменными возбуждаются и электромагнитные волны, приводят к аномальному отражению греющего излучения плазмой. Согласно современным представлениям, именно параметрические неустойчивости рассеяния на ионно-звуковых колебаниях приводят к тем значительным уровням отражения лазерного излучения плазмой, которые наблюдаются в экспериментах. Значительную опасность параметрическое отражение представляет и для планирующихся экспериментов по СВЧ-нагреву плазмы сферических токамаков с помощью электронных бернштейнских волн, возбуждаемых в плазме за счет эффекта линейной трансформации необыкновенной волны в области верхнего гибридного резонанса. Величина

аномального отражения и поглощения энергии плазмой определяется уровнем насыщения параметрической неустойчивости и зависит от ее поведения на начальной, линейной, по амплитудам раскачиваемых волн, стадии развития (от ее характера, порога, инкремента).

Согласно теоретическим представлениям, важнейшим обстоятельством, оказывающим на развитие распадное неустойчивости стабилизирующее воздействие, является пространственная неоднородность плазмы. Она значительно повышает порог развития параметрических процессов и существенно изменяет их характер. Причиной этого повышения является конвективный вынос энергии параметрически раскачиваемых волн из узких областей взаимодействия, локализованных в окрестностях точек, в которых выполнены условия пространственного синхронизма.

$$K_{ox}(x_d) = K_{Ix}(x_d) + K_{2x}(x_d),$$

где  $K_{Ix}(x)$ ,  $K_{2x}(x)$  и  $K_{ox}(x)$  – проекции волновых векторов раскачиваемых волн и накачки на направление неоднородности. Вынос энергии подавляет неустойчивость в окрестности точки  $x_d$  при условии, что характерный размер области резонанса

$$l = |d/dx [K_{ox}(x) - K_{Ix}(x) - K_{2x}(x)]|_{x=x_d}^{-1/2}$$

существенно меньше характерной длины усиления

$$|v_1 v_2 / \gamma_0^2|^{1/2} \gg l,$$

где  $\gamma_0$  – инкремент соответствующей неустойчивости однородной плазмы, рассчитанный без учета затухания волн для параметров плазмы в точке  $x = x_d$ ; а  $v_1$  и  $v_2$  – проекции групповых скоростей на направление неоднородности.

При выполнении обратного условия  $l > |v_1 v_2 / \gamma_0^2|^{1/2}$  в плазме в окрестности слоя  $x = x_d$  происходит параметрическая раскачка плазменных колебаний, однако экспоненциальный рост их амплитуд  $a(t)$  во времени насыщается уже в линейном приближении на уровне

$$a(+\infty) = e^{\pi|\kappa|} a(0),$$

где  $\kappa = \gamma_0^2 l^2 / v_1 v_2$ ,  $e^{\pi|\kappa|}$  – коэффициент конвективного усиления [1]. Плазма в этом случае, строго говоря, не является

неустойчивой, и распадное взаимодействие сводится к пространственному (конвективному) усилению широкого частотного спектра шумов, падающих на область трехволнового резонанса. Параметрические процессы при этом протекают сравнительно вяло, а возбуждающиеся волны не когерентны.

Согласно теоретическим представлениям, в неоднородной плазме возможно возбуждение и «настающей», абсолютной распадное неустойчивости, насыщающейся за счет нелинейных эффектов на более высоком уровне. Как правило, она возбуждается на базе конвективного, пространственного усиления, если существуют условия для возвращения хотя бы части конвективно вынесенной энергии назад в область разряда. Развитие теории параметрических неустойчивостей неоднородной плазмы позволило выявить многочисленные возможности возникновения таких петель обратной связи. Простейшая из них реализуется, если условия пространственного синхронизма выполнены не в одной, а в двух точках, а направления групповых скоростей дочерних волн противоположны [2].

Порог возбуждения абсолютной параметрической неустойчивости определяется условием баланса усиления и потерь при распространении волн в петле обратной связи. Инкремент неустойчивости имеет порядок обратного времени обращения энергии волн в петле. Существенным обстоятельством является то, что при абсолютной неустойчивости, во всяком случае, на начальной ее стадии, раскачивается лишь дискретный спектр колебаний плазмы. В силу чего можно ожидать, что она представляет собой когерентный волновой процесс.

Следует подчеркнуть, что теоретическая картина развития параметрических неустойчивостей неоднородной плазмы до начала исследований, результаты которых составили цикл работ, удостоенный премии НАН Беларуси и РАН за 2012 г. в области естественных наук, не была подкреплена прямыми наблюдениями. Среди экспериментальных фактов, подтверждавших ее косвенно, можно назвать, пожалуй, лишь отмеченное во многих опытах превышение порога возбуждения параметрических процессов над значениями, предсказываемыми теорией однородной плазмы. Целью совместных исследований, проведенных

в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси и ФТИ РАН, была экспериментальная проверка приведенной теоретической схемы и разработка методов контроля параметрических неустойчивостей неоднородной плазмы. Исследования проводились в соответствии с договорами о научно-техническом сотрудничестве между ФТИ РАН и ИФ НАН Беларуси в рамках государственных программ научных исследований, а также неоднократно поддерживались грантами в рамках международных проектов ИНТАС (3 гранта) и РФФИ - БРФФИ (5 грантов).

Эксперименты выполнялись на линейной плазменной установке «Гранит» (аббревиатура - Гибридный Резонанс, Анизотропия Нагрева И Трансформация) ИФ НАН Беларуси (рис. 1) [3], в которой плазма формируется с помощью электронно-циклотронного пробоя в баллоне диаметром 2 см, длиной ~1 м, наполненном аргоном при давлении 1÷2 мм рт.ст. и помещенном в магнитное поле 3 кГс. Плотность плазмы неоднородна как радиально, так и в продольном направлении и не превосходит значений  $n_e \approx 10^{12}$  см<sup>-3</sup>. Электронная температура  $T_e \approx 1 \div 2$  эВ.

Волной накачки является косая ленгмюровская волна (КЛВ) на частоте  $f_0 \approx 2350$  МГц, возбуждаемая с помощью волноводного ввода в виде основной радиальной моды Трайвелписа-Гулда. Распространяясь по аксиально неоднородному плазменному волноводу, эта волна постепенно замедляется. В окрестности точки, где концентрация на оси системы равна критической  $n = n_c$ , характеристики волны испытывают особенность типа фокуса, а сама волна трансформируется в «теплую» ленгмюровскую [3-5]. Окрестность точки фокуса представляет собой удобный объект для исследования нелинейных явлений, так как из-за эффекта замедления КЛВ и сужения ее канала распространения в этой области происходит существенное увеличение амплитуды электрического поля волны. Это отличительная особенность эксперимента на установке «Гранит», которая приводит к снижению порогов возбуждения нелинейных процессов до очень низких величин  $P_0 \approx 1 \div 10$  мВт по СВЧ-мощности, подводимой к плазме. В этих условиях оказывается возможным использование в эксперименте стандартной, доступной и легко перестраиваемой СВЧ-аппаратуры. В то же

время столь малая СВЧ-мощность почти не оказывает возмущающего действия на плазму, что существенно облегчает интерпретацию экспериментов. И волна накачки, и возбуждаемые параметрически в окрестности точки трансформации высокочастотные волны представляют собой хорошо локализованные параксиальные волновые пучки, что делает геометрию их нелинейного взаимодействия почти одномерной.

Кроме того, волноводный характер распространения КЛВ в окрестности точки фокуса обуславливает дискретность их пространственного спектра. В этих условиях пороги возбуждения КЛВ, обладающих различной пространственной структурой, сильно различаются, и существует широкий интервал мощностей, в котором параметрически раскачивается лишь одна, основная, радиальная мода. Естественно, что все это существенно облегчает интерпретацию результатов измерений.

При превышении мощностью волны накачки порогового значения масштаба 10 мВт в спектре отраженного плазмой сигнала появляется сдвинутый в красную сторону на 2-3 МГц спутник (рис. 2, вставка в рамке), характерный для возбуждения параметрической распадной неустойчивости  $l \rightarrow l' + s$  [4]. При малом уровне мощности ( $P_0 < 20$  мВт) (рис. 2, участок I), подводимой к плазме волны  $l_0$ , возбуждается конвективная распадная неустойчивость, в результате которой в плазме генерируется отраженная основная ТГ мода  $-l'_0$  и ионно-акустическая волна  $s$ , распространяющаяся вдоль магнитного поля в направлении уменьшения концентрации (рис. 3). При превышении порогового уровня в 3-4 раза мощность отраженного сигнала возрастает на 6-7 порядков величины (рис. 2, участки II и III), что приводит к полному аномальному отражению вводимой мощности и к ограничению генерации ускоренных электронов в окрестности резонансной точки - фокуса [5]. При увеличении мощности волны накачки область параметрического отражения перемещается в более плотную плазму в сторону возбуждающего волновода, то есть в область меньших замедлений и амплитуд волны накачки. Такое специфическое для неоднородной плазмы нелинейное скинирование не позволяет достичь сильно надпорогового режима параметрического взаимодействия.

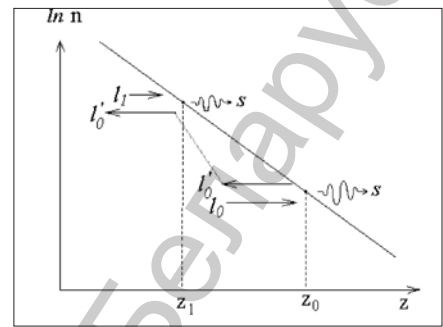


Рис. 3. Схема распространения волн при параметрическом распаде

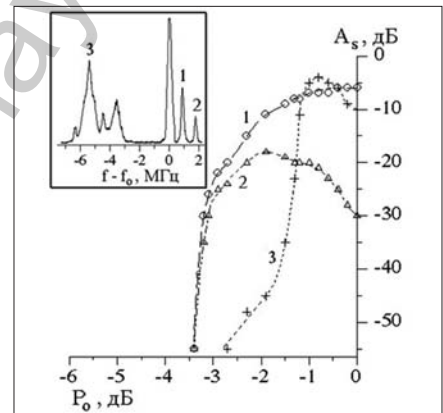


Рис. 4. Зависимость спектральной плотности мощности рассеянного сигнала от падающей СВЧ-мощности в режиме вынужденного рассеяния вперед. Вставка – спектр рассеяния при  $P_0 \sim 50$  мВт (0 дБ)

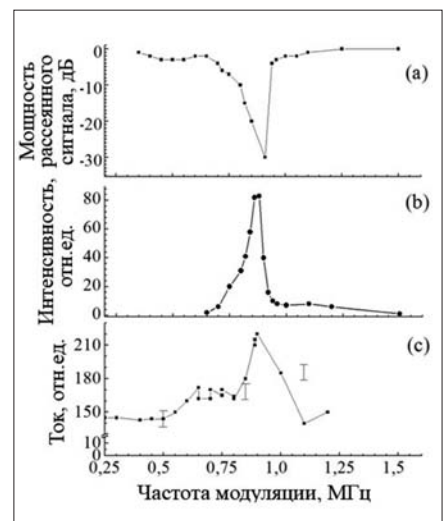


Рис. 5. Зависимость мощности рассеянного сигнала (а), интенсивности свечения плазмы (б) и тока ускоренных электронов (в) от частоты модуляции

Параметрически возбуждаемая низкочастотная волна была идентифицирована как ионно-звуковая с помощью оригинальных методик времени-пролетного [6] и корреляционного [7] усиленного рассеяния, позволивших измерить как частоту, так и волновой вектор плазменных флуктуаций, а впоследствии нашедших применение в экспериментах по исследованию турбулентности на токамаках. Было показано, что при небольших уровнях мощности волны накачки неустойчивость  $l \rightarrow l' + s$ , в соответствии с теоретическими предсказаниями, представляет собой некогерентный процесс – конвективную параметрическую неустойчивость неоднородной плазмы. Определены коэффициенты конвективного усиления –  $10^3$ – $10^4$  [4].

С помощью зондирования методом усиленного рассеяния СВЧ-излучения параметрически возбужденных ионно-звуковых (ИЗ) шумов было визуализировано распределение амплитуды ИЗ-волны в области пространственного усиления [9]. Сопоставление экспериментальных данных с результатами расчета подтвердило основополагающие теоретические представления о процессе конвективного усиления. Были поставлены также эксперименты по подавлению конвективной неустойчивости  $l \rightarrow l' + s$  за счет целенаправленного увеличения затухания Ландау волны накачки [8].

При превышении коэффициентом усиления порогового значения  $s \approx 10^3$  на базе конвективной неустойчивости  $l \rightarrow l' + s$  возбуждается абсолютная параметрическая неустойчивость неоднородной плазмы [9], которая проявляется экспериментально в резком росте (на 4 порядка) спектральной плотности мощности, рассеянной в плазме, и в сужении спектра рассеяния (рис. 2, участок II). При зондировании ИЗ-шумов обнаружено пространственное распределение, характерное для петли обратной связи, приводящей к возвращению в область распада  $l \rightarrow l' + s$  ( $l_0$  и  $l'_0$  – основные радиальные моды накачки и рассеянной КЛВ) части конвективно вынесенной из нее энергии. Выявлен механизм возникновения петли обратной связи, связанный с двумерной неоднородностью плазмы, а также с наличием у волны накачки небольшой примеси первой радиальной моды  $l_1$ . Основное усиление в петле происходит

в процессе  $l_0 \rightarrow l'_0 + s$ , а замыкание петли обратной связи – за счет сравнительно более слабого взаимодействия  $l_1 \rightarrow l'_1 + s$  (рис. 3). Показано, что возбуждение абсолютной неустойчивости происходит на базе значительного пространственного усиления, компенсирующего потери энергии в петле обратной связи. На основе предложенного механизма оценен порог возбуждения абсолютной неустойчивости, ее инкремент, а также определена структура частотного спектра неустойчивых мод. Расчетные значения сопоставлены с экспериментально наблюдаемыми. Поставлен эксперимент по стимулированию абсолютной неустойчивости в целях подтверждения роли петли обратной связи в формировании рассеянного сигнала. Показано, что зондирующая волна сравнительно небольшой мощности способна значительно увеличить сигнал рассеяния накачки, если она взаимодействует с ИЗ-шумами внутри петли обратной связи. Если же взаимодействие зондирующей волны с ИЗ-шумами происходит вне петли обратной связи, то имеет место сильное подавление абсолютной неустойчивости из-за увеличения затухания Ландау волны накачки.

Как было установлено, абсолютная параметрическая неустойчивость – когерентный волновой процесс, в котором возбуждается дискретный спектр сфазированных ИЗ-волн [10]. При этом параметрическое отражение КЛВ вблизи от точки фокуса протекает когерентно как вблизи порога абсолютной неустойчивости, так и при значительном его превышении. Результаты исследований динамики установления рассеянного сигнала позволили найти инкремент абсолютной неустойчивости и показать, что он определяется временем распространения ИЗ-волны в петле обратной связи. При повторном возвращении рассеянной волны в область распада и ее рассеяния на параметрически возбужденной ИЗ-волне реализуется специфический для неоднородной плазмы механизм их генерации каскадных спектров рассеяния [11].

Что же является причиной насыщения (рис. 2, участок III) абсолютной неустойчивости  $l \rightarrow l' + s$ , наблюдаемое в эксперименте? В исследованиях показана малая эффективность механизмов, связанных с каскадными процессами и генерацией гармоник ИЗ-волны, и сделан вывод об истощении волны накачки

как основном механизме насыщения. Проведенное сопоставление экспериментальных зависимостей амплитуды параметрически отраженной волны от мощности накачки с предсказаниями специально развитой теории показало хорошее соответствие.

В данной постановке эксперимента проявляется также эффект когерентной генерации антистоксовой компоненты рассеяния СВЧ-волны. Наблюдаемые спектры рассеяния, содержащие антистоксовую компоненту, имеют сложную структуру (рис. 4) и указывают на когерентный характер процесса, так как состоят из линий, ширина которых сравнима с шириной линии накачки. При малой мощности накачки в спектре присутствует только антистоксовая компонента, смещенная относительно линии накачки на +0,9 МГц (рис. 4, линия 1). С ростом мощности наблюдается резкое увеличение амплитуды антистоксовой линии и затем – насыщение ее роста. При этом в стоксовой области спектра порогово проявляется линия, смещенная от линии накачки на -5,5 МГц (рис. 4, линия 3). С помощью комплексных измерений светового излучения и энергии электронов показано, что процесс генерации антистоксовой компоненты приводит к возрастанию поглощения волны.

С помощью разработанных методов на основе усиленного рассеяния измерены групповая и фазовая скорости плазменных колебаний, приводящих к этому эффекту, и показано, что они представляют собой ионно-звуковые колебания, распространяющиеся в направлении градиента концентрации плазмы и навстречу волне накачки [12]. Возбуждение такой ионно-звуковой волны происходит в результате процесса вынужденного рассеяния вперед  $l_0 \rightarrow l'_1 + s$ , который конкурирует с вынужденным рассеянием назад и имеет близкий порог возбуждения. Распадные условия  $k_0(z) = k_1(z) + k_s$  (при  $k_s < 0$ ) могут быть выполнены для этого процесса в двух пространственных точках. По данной причине формируется петля обратной связи, и становится возможным возбуждение абсолютной неустойчивости по механизму, предсказанному еще в 1972 г. М. Розенблютом [2]. Антистоксовая компонента спектра рассеяния возбуждается во вторичном процессе рассеяния волны накачки  $l_0 + s \rightarrow l'_0$  на параметрически возбужденной ионно-звуковой волне.



Немонохроматичность волны накачки может оказывать существенное влияние на параметрические неустойчивости. К немонахроматичности накачки приводит широкая полоса генерации генератора, частотная (фазовая) ее модуляция или одновременная генерация нескольких фиксированных частот. В стационарной неоднородной плазме, подвергающейся воздействию нестационарной, а именно, частично модулированной волны накачки  $\omega_0 = \omega_0(t)$ , возможно резонансное снижение порога параметрической неустойчивости и селективное возбуждение плазменных шумов. При этом координата точки распада будет зависеть от времени  $x_d = x_d(\omega_0(t))$ . При совпадении ее скорости с групповой скоростью одной из дочерних волн возможно подавление конвективных потерь и, как следствие, снижение порога возбуждения неустойчивости. Это предположение было подтверждено теоретически, а сам эффект продемонстрирован в специально поставленном эксперименте. Эффект снижения порога неустойчивости  $l_0 \rightarrow l_0' + s$  имел ярко выраженный резонансный характер и наблюдался как при пилообразной, так и при гармонической частотной модуляции при скорости свипирования частоты накачки, обеспечивавшей совпадение скорости точки распада и скорости ионно-звуковой волны [13].

Абсолютная параметрическая неустойчивость неоднородной плазмы  $l_0 \rightarrow l_0' + s$  подавляется с помощью гармонической и стохастической частотной модуляции. Однако, вопреки существующим теоретическим предсказаниям, подавление неустойчивости достигалось лишь при спектральном уширении волны накачки, в сотни раз превосходящем экспериментально наблюдаемый инкремент неустойчивости. В предложенном объяснении этого эффекта учитываются особенности распадной неустойчивости в неоднородной среде, а именно то, что компоненты волны накачки различной частоты могут взаимодействовать с дочерней волной в различных пространственных точках. Критерием подавления является соотношение ширины области вариации положения точки распада и размера петли обратной связи, вызывающей абсолютную неустойчивость.

При гармонической частотной модуляции волны накачки проявляется эффект резонансного подавления пара-

метрической распадной неустойчивости индуцированного рассеяния назад (рис. 5) [14]. Он имеет место при совпадении частоты модуляции с разностью частот собственных мод неустойчивости. Этот эффект можно использовать для контроля и ограничения уровня аномального отражения накачки за счет организации петли обратной связи, в которой рассеянный сигнал после двукратного частотного преобразования применяется для частотной модуляции волны накачки. Это приводит к снижению уровня аномального отражения и повышению доли СВЧ-мощности, поглощаемой в плазме.

Существует и технически более простая возможность контроля

параметрических распадных неустойчивостей неоднородной плазмы с помощью дополнительной волны накачки малой мощности, смещенной по отношению к основной накачке по частоте на разность частот собственных мод неустойчивости [15]. Такой впервые экспериментально реализованный новый метод управления уровнем отражательных параметрических распадных неустойчивостей неоднородной плазмы может быть, в частности, использован для контроля аномального отражения мощности накачки при электронном циклотронном нагреве плазмы в тороидальных системах управляемого термоядерного синтеза. ■

**Валерий Архипенко,**

главный научный сотрудник  
Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,  
доктор физико-математических наук

**Евгений Гусаков,**

заведующий лабораторией  
физики высокотемпературной плазмы Физико-технического института  
им. А.Ф. Иоффе РАН, доктор физико-математических наук, профессор

**Леонид Симончик,**

заведующий лабораторией  
физики газового разряда Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,  
доктор физико-математических наук, профессор

**Литература**

1. Piliya A.D. Decay instability in inhomogeneous plasmas // 10th Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases: Proceeding of international conference, Oxford, England, 13-18 sep. 1971 / Oxford. 1971. P. 320.
2. Rosenbluth M.N. Parametric instabilities in inhomogeneous media // Phys. Rev. Lett. 1972. Vol. 29, №9. P. 565–568.
3. Архипенко В.И. [и др.]. Самостоятельный нормальный тлеющий разряд при атмосферном давлении на постоянном токе // Спектроскопия плазмы и природных объектов / В.И. Архипенко, В.С. Бураков, А.Ф. Чернявский. – Мн., 2007. С. 10–66.
4. Экспериментальное исследование конвективной параметрической неустойчивости неоднородной плазмы / Архипенко В.И. [и др.] // Физика плазмы. 1987. Т.13, №6. С. 693–707.
5. Ограничение генерации быстрых электронов за счет параметрического отражения греющей волны / В.И. Архипенко [и др.] // Письма в ЖТФ. 1986. Т.12, №49. С. 1190–1194.
6. Экспериментальное исследование задержки электромагнитной волны в окрестности гибридного резонанса / В.И. Архипенко [и др.] // Письма в ЖТФ. 1994. Т. 59. С. 393–396.
7. Измерение длины волны плазменных колебаний методом корреляционного усиленного рассеяния / В.И. Архипенко [и др.] // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19, №11. С. 20–26.
8. Подавление плазменной параметрической неустойчивости за счет увеличения затухания Ландау волны накачки / В.И. Архипенко [и др.] // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 43. С. 71–73.
9. Экспериментальное исследование механизма абсолютной параметрической неустойчивости неоднородной плазмы / В.И. Архипенко [и др.] // ЖТФ. 1987. Т.93, № 10. С.1221–1234.
10. Наблюдение когерентного аномального параметрического отражения СВЧ-волн плазмой / Архипенко В.И. [и др.] // Письма в ЖТФ. 1987. Т.46, вып.1. С. 17–19.
11. Каскадные параметрические спектры в неоднородной плазме / В.И. Архипенко [и др.] // Физика плазмы. 1989. Т. 15. С. 444–452.
12. Experimental investigation of coherent parametric microwave absorption in magnetized inhomogeneous plasma / V.I. Arkhipenko [et al.] // Plasma Phys. Contr. Fusion. 1998. Vol. 40. P. 215–231.
13. Inhomogeneous plasma parametric decay instability driven by frequency modulated pump / V.I. Arkhipenko [et al.] // Physics of Plasmas. 2004. Vol.11. P. 71–79.
14. Suppression and feedback control of anomalous induced backscattering by pump-frequency modulation / V.I. Arkhipenko [et al.] // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 101. –175004.
15. Absolute parametric decay instability control by the complementary pump / V.I. Arkhipenko [et al.] // European Physical Letters. 2011. Vol. 93. –25001.

# Темная сторона ВСЕЛЕННОЙ

В 1970-е гг. американский астроном Вера Рубин с коллегами измерила скорости звезд в других галактиках и обнаружила что-то странное: звезды по краям галактик двигались быстрее, чем это было предсказано теоретически [1]. Чтобы сопоставить ее наблюдения с известными законами тяготения, астрономы предположили существование невидимой массы, которая получила название темной материи.

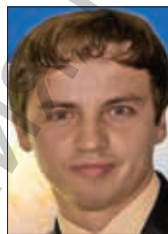
Одним из наиболее выдающихся достижений в наблюдательной и теоретической астрофизике XX в. стало понимание того, что обычное видимое вещество, состоящее из атомов, элементарных частиц и бозонов, не доминирует во Вселенной. Существует еще и так называемая темная материя, суммарная масса которой приблизительно в пять раз больше. Несмотря на то, что сегодня еще предстоит получить данное вещество в лаборатории, уже обнаружен ряд астрофизических свидетельств его присутствия во Вселенной.

Происхождение темной материи в результате горячего расширения Вселенной пытаются понять с привлечением квантовой теории и термодинамики. Физика элементарных частиц необходима для рассмотрения возможных кандидатов в темную материю и изучения их взаимодействия с обычным веществом. В рамках

общей теории относительности, астрофизики и космологии рассматриваются процессы общей эволюции темной материи во Вселенной, образование структур, равновесные конфигурации. Ожидается стремительный прогресс в наблюдательной космологии, начало которого положено с запуском аппарата WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), а продолжение следует по результатам работы спутника Planck.

## История исследования

На протяжении длительного периода астрономы использовали фотометрические методы для оценки масс космических объектов, поскольку в большинстве случаев можно было статистически установить отношение массы к светимости. В начале 1930-х гг. нидерландский астрофизик Ян Оорт обнаружил: движение звезд в Млечном Пути свидетельствует, что притягивающая их масса должна быть больше по сравнению с фотометрической оценкой. Изучая доплеровские сдвиги в спектрах звезд нашей Галактики, ученый установил, что скорости звезд больше скоростей замкнутых орбит в поле тяготения видимой массы Галактики. Это позволяло сделать вывод: внутри Млечного Пути должно содержаться намного больше вещества. Однако Оорт посчитал более вероятным предположение о поглощении



**Александр Поплавский,**  
преподаватель  
ГУО «Лицей БГУ»

большой части излучения звезд Галактики межзвездной пылью.

В то же время швейцарский астроном Фриц Цвикки отыскал похожие признаки недостающей массы, но на больших масштабах. Он исследовал скопление Волосы Вероники с помощью тех же доплеровских сдвигов в спектрах галактик, вычислил разброс скоростей в отдельных галактиках. Сравнивая массу скопления, рассчитанную по законам тяготения, с суммарной массой входящих в него галактик, определенную на основе соотношения масса-светимость, астроном резюмировал существенное несоответствие данных величин. Дальнейший детальный учет масс туманностей и оценки межзвездной и межгалактической среды не привели к устранению выявленного противоречия. Почти через полвека после открытий Оорта и Цвикки Вера Рубин провела детальное изучение 60 одиночных галактик, видимых практически с ребра (последнее условие необходимо для большей точности спектральных методов). Полученные Рубин надежные кривые скоростей [1] значительно отличались от рассчитанных теоретически скоростей отдельных групп звезд в поле тяготения Ньютона. Начиная с некоторого расстояния от центра галактики кривые становились «плоскими», то есть пропадала зависимость

скорости от расстояния. А в случае гравитационного воздействия только видимой материи их значения должны были неизбежно уменьшаться с расстоянием.

Независимость круговых скоростей от расстояния означает, что притягивающая масса линейно возрастает с радиусом, внутри которого она заключена. Таким образом, невидимая непосредственно масса не концентрировалась в центрах спиральных галактик.

В 1970-е гг. был открыт еще один метод исследования скрытой массы: гравитационное линзирование. Это явление следовало из общей теории относительности Эйнштейна, в которой постулировалось, что пространство-время во Вселенной искривлено в окрестности масс, а объекты и свет движутся по геодезическим линиям, которые не являются прямыми. В результате обычно прямолинейные лучи света искривляются. Чтобы увидеть эффект линзирования, астрономы наблюдают далекие яркие объекты (например, галактики с активными ядрами), между которыми и исследователем на сравнительно близком от него расстоянии находится массивное скопление галактик. Если оно расположено точно на луче зрения с галактикой, можно увидеть яркое кольцо – так называемое «кольцо Эйнштейна». Однако такое идеальное расположение очень редко, чаще встречаются характерные дуги и полосы. Впервые линзирование наблюдалось группой Уолша в 1979 г. [2]. Используя телескоп в обсерватории Китт Пик, они обнаружили два удаленных объекта, разделенных расстоянием всего 6 угловых секунд, с одинаковыми красными смещениями, звездными величинами и спектрами. В дальнейшем, особенно с запуском в космос телескопа «Чандра», подобные эффекты наблюдались с завидной регулярностью, чаще всего в виде множественных дуг в скоплениях.

Изучая искаженные изображения галактик, можно сделать вывод о количестве темной



материи. Результаты наблюдений линзирования снова указывали на то, что светящаяся масса составляет небольшую часть от общей. Кроме того, были получены ограничения на локализацию темного вещества внутри скоплений.

#### Астрофизические ограничения

Чтобы объяснить темную материю, физики прежде всего обратились к астрофизическим объектам, состоящим из обычной материи, то есть из адронов и лептонов. Мы знаем, что темная материя должна быть «темной». Поэтому возможными кандидатами могли быть коричневые карлики, нейтронные звезды, черные дыры и планеты. Все эти объекты применительно к объяснению феномена темной материи получили название MACHOs (MAssive Compact Halo Objects). Для отождествления таких объектов несколько групп астрономов анализировали эффекты линзирования статистическими методами и обнаружили всего не более двух десятков явлений на 12 миллионов звезд [3]. Эти и другие наблюдения показали, что MACHO могут объяснять только небольшой процент невидимой массы в нашей Галактике. Остальная часть не сконцентрирована в компактные объекты, а равномерно «размазана». Дальнейшее изучение убедительно показало, что другие виды барионной

материи также не могли быть темным веществом. Это следовало из теории нуклеосинтеза и анализа космологического реликтового излучения.

Период нуклеосинтеза протекал от нескольких секунд до нескольких минут после Большого Взрыва, когда в горячей Вселенной нейтроны и протоны вступали в реакции термоядерного синтеза с образованием дейтерия, гелия и небольших примесей других легких элементов. В действительности нуклеосинтез является главным источником дейтерия во Вселенной. Этот изотоп может образовываться и внутри звезд, но тут же разрушается, превращаясь в гелий. Таким образом, изучая отношение дейтерия к водороду в областях Вселенной с первичным содержанием элементов, астрономы могут получать информацию о составе вещества непосредственно после Большого взрыва. Используя методы ядерной физики, можно рассчитать скорости ядерных реакций и начальные концентрации легких элементов. Как выяснилось, отношение дейтерия к водороду зависит от общего числа барионов во Вселенной, поэтому его измерение позволяет оценить относительное количество вещества. Определенное таким методом, число барионов оказалось только на уровне одной пятой от общего количества материи.

Спиральная галактика (типа SA0), находящаяся на расстоянии 24 Мпк в созвездии Льва. Как и многие другие подобные объекты, эта галактика окружена гало из темной материи. Hubble Legacy Archive, ESA, NASA, Robert Gendler





Крупное скопление галактик Abell 1689, изображение которого получено с помощью камеры высокого разрешения на Космическом телескопе им. Хаббла. Скопление окружено массивным гало темной материи, которая в совокупности с видимым веществом галактик действует как гигантская гравитационная линза. STScI/NASA

Микроволновое реликтовое излучение, открытое в 1964 г. американскими учеными – астрофизиком Арно Пензиасом и физиком Робертом Уилсоном, представляющее собой чернотельный фон с температурой 2,7 К, послужило другим способом определения состава Вселенной. Она в первые несколько сотен тысяч лет после Большого Взрыва была горячей и плотной, состояла из смеси разноименно заряженных частиц, обменивающихся фотонами. Затем Вселенная настолько остыла, что стало возможным образование нейтральных атомов водорода и гелия. При этом фотоны начали распространяться свободно, постепенно теряя свою энергию с расширением Вселенной. Сегодня мы наблюдаем это излучение, называемое реликтовым, с максимумом в миллиметровом диапазоне.

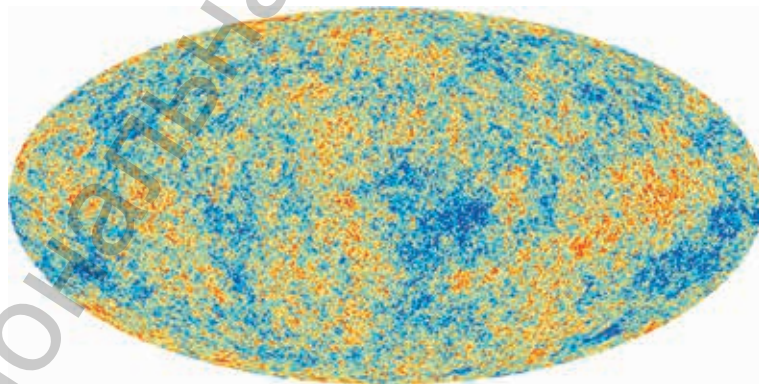
Для проверки выполнения распределения Планка, то есть чернотельности спектра реликтового излучения, и поиска его неоднородности в 1989 г. был запущен спутник COBE. Первоначально наблюдаемая однородность излучения представляла огромную проблему, поскольку не позволяла объяснить наблюдаемую структуру вещества во Вселенной. Неоднородности реликтового фона удалось обнаружить на уровне  $10^{-5}$  сразу двум группам – американцам Мазеру и Смуту и участникам советского эксперимента на установке «Реликт», запущенной на 6 лет раньше COBE.

Это фундаментальное явление может быть обусловлено двумя эффектами. Крупномасштабная анизотропия вызвана тем, что фотоны с меньшими энергиями, наблюдаемыми в настоящее время, происходят из более плотных областей молодой Вселенной, поскольку такие потенциальные ямы труднее покинуть. На малых угловых расстояниях флуктуации порождаются так называемыми барионными акустическими осцилляциями. Перед тем как фотоны становились свободными, они образовывали фотон-барионную жидкость, куда также входили и электроны. Жидкость участвовала в следующем круговороте: она сжималась, попадая в потенциальные ямы, где ее давление увеличивалось, потом начинала

снова расширяться, пока гравитация не затягивала ее обратно. Процесс повторялся до момента рекомбинации. В зависимости от конкретного момента «отрыва» фотона внутри цикла появились вариации температуры. Поэтому флуктуации реликтового излучения отражают как первичные сгустки материи, так и динамику фотон-барионной жидкости. Таким образом, неоднородности фона излучения сильно зависят от числа барионов в эпоху рекомбинации. Однако выяснилось, что флуктуации оказались слишком малыми для того, чтобы стать зародышами образования структуры. Если учитывать их размер, то становится ясно, что наблюдаемые структуры во Вселенной не успели бы сформироваться до настоящего момента. Проблема заключается во времени: обычное вещество стало нейтральным только в эпоху рекомбинации, перед этим электростатические силы не давали материи эффективно образовывать сгустки внутри потенциальных ям для образования структур. Следовательно, требовалось наличие некоторого электрически нейтрального вещества для ускорения данного процесса.

Спутник WMAP был запущен в 2001 г. с целью более детального изучения анизотропии реликтового излучения. Он находится в точке Лагранжа L2 системы Земля – Солнце. С помощью полученных данных была установлена анизотропия в миллионные доли Кельвина. К тому времени компьютерные программы также стали более совершенными. Все это позволило определять параметры расширения Вселенной (например, постоянную Хаббла) и ее состав.

В мае 2009 г. Европейским космическим агенством был запущен новый спутник Planck, целью которого стало еще более высокое угловое разрешение. В 2010 г. аппарат достиг точки L2, а в конце марта 2013 г. была опубликована новая карта реликтового излучения и следующие параметры: постоянная Хаббла



Анизотропия реликтового излучения по результатам работы спутника Planck. Излучение отражает эпоху начала свободного распространения фотонов спустя 380 тыс. лет после Большого Взрыва. На снимке запечатлены небольшие вариации температуры, соответствующие начальным флуктуациям плотности вещества и зародышам будущей структуры Вселенной. ESA/NASA

$H = 67$  км/с/Мпк, вклад видимой материи в общую плотность – 5%, темной – 27% [4].

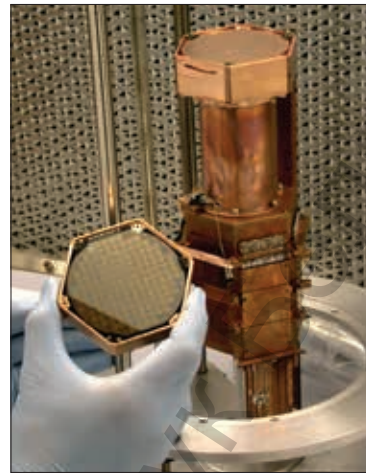
В последнее десятилетие стали активно внедряться компьютерные методы. Крупномасштабное моделирование образования структуры во Вселенной методом  $N$  тел также продемонстрировало необходимость темной материи. Такие вычисления производятся на суперкомпьютерах, число частиц может достигать нескольких миллиардов. Согласно результатам [5], темная материя должна формировать иерархическую структуру внутри своих скоплений. Кроме того, моделирование подтверждает тот факт, что без темной материи у Вселенной не было бы губчатой структуры, хорошо наблюдаемой уже более полувека. Дополнительные сценарии предполагали, что темная материя могла быть и релятивистской («горячей»). Однако анализ показал, что вместо формирования структуры образованные сгустки должны были быстро диссипировать. Таким образом, темная материя может быть только «холодной». Одно из последних ярких свидетельств косвенных наблюдений темной материи получено в скоплениях галактик, которые сталкиваются. В ряде подобных объектов (1E 0657-56 и скопление «bullet», MACS J0025.4-1222) было обнаружено несоответствие расположения горячего газа и основной массы скопления [6].

### Природа темного вещества

Несмотря на то что существование темной материи хорошо проявляется по нескольким направлениям наблюдений, состав темного вещества остается не выясненным. Чаще всего упоминают слабо взаимодействующие массивные частицы WIMP. Другими словами, должны существовать массивные медленно движущиеся частицы, электрически нейтральные и практически не участвующие в сильном взаимодействии. К сожалению, им трудно найти место в стандартной модели – квантовой теории поля, описывающей три

из четырех фундаментальных взаимодействий в природе: электромагнитные, слабые и сильные взаимодействия. В стандартной модели известно 17 частиц (6 кварков, 6 лептонов, 5 переносчиков взаимодействий), часть из которых были предсказаны перед тем, как их экспериментально обнаружили. В марте 2013 г. было подтверждено существование последней частицы – бозона Хиггса [7], переносчика поля Хиггса, ответственного за то, что у других частиц есть массы. Несмотря на успехи стандартной модели, она не может объяснить темную материю. Единственные стабильные электрически нейтральные частицы – это нейтрино. Однако они не могут быть темной материей, прежде всего потому, что нейтрино – релятивистские частицы. Вселенная, которую они могли бы преимущественно заполнять, должна иметь более замедленное формирование структуры, причем по сценарию «сверху вниз», то есть более массивные структуры должны сформироваться первыми. Однако наблюдения показывают, что галактики уже существовали меньше миллиарда лет после Большого Взрыва, а это, в дополнение к итогам моделирования, хорошо подтверждает сценарий «снизу вверх» [8]. Результаты наблюдений флуктуаций реликтового излучения, полученные с помощью проектов WMAP и Planck, сильно ограничивают количество нейтрино во Вселенной, делая тем самым их вклад в общую массу темной материи пренебрежимо малым. Отсутствие кандидатов на роль частиц темной материи в рамках стандартной модели не снижает ценности данной теории, но требует ее возможного расширения. Такие теории были предложены, наиболее популярная из них – суперсимметрия.

Суперсимметрия (SUSY) подразумевает наличие дополнительной симметрии между фермионами и бозонами и допускает их взаимопревращения. Каждый бозон имеет свой суперсимметричный фермион и наоборот.



Один из германиевых детекторов эксперимента CDMS (Cryogenic Dark Matter Search) по поиску частиц WIMP. Всего используется пять связок из шести таких приемников. Fermilab

Введение такой дополнительной симметрии удваивает число частиц. И все же есть некоторые теоретические преимущества. Прежде всего, суперсимметрия решает некоторые трудности стандартной модели. Кроме того, при энергиях во Вселенной в настоящий момент эта симметрия должна быть нарушена, вследствие чего все суперпартнеры должны быть очень массивными. В возможном составе частиц стандартной модели с суперсимметричным расширением существует несколько кандидатов на роль частиц темной материи. Это нейтралито (частицы – суперпартнеры бозонов Хиггса и калибровочных бозонов), снейтрино (суперпартнер нейтрино) и гравитино (суперпартнер гравитонов, которые следуют из квантовой теории гравитации). Все эти частицы, электрически нейтральные и слабо взаимодействующие – идеальные WIMP. Однако снейтрино должны были аннигилировать очень быстро в период ранней Вселенной и их реликтовые плотности не могут быть космологически значимыми. Гравитино скорее подходят на роль горячей темной материи, но крупномасштабная структура Вселенной не согласуется с такой моделью. Все это делает нейтралито предпочтительной частицей.

Во многих версиях SUSY нейтралито является наиболее легкой стабильной частицей. Хотя результаты экспериментов на Большом адронном коллайдере пока не позволили обнаружить ни

одного из эффектов, предсказываемых теорией суперсимметрии, все же остается надежда на моделирование в ее рамках темной материи. Прямое детектирование WIMP основано на предположении, что они могут слабо взаимодействовать с ядрами обычного вещества в очень чувствительных детекторах. Сигнал от WIMP должен обладать особыми характеристиками. Прежде всего, явления будут равномерно распределены по поверхности детектора, отражая тот факт, что темная материя на таких локальных масштабах окажется однородной. Во-вторых, случаи должны быть единичными, в отличие от взаимодействия с космическими лучами, которые могут затрагивать группы атомов приемника. Кроме того, они должны меняться в течение года, в связи с годичным движением Земли вокруг Солнца.

Наиболее значимыми из всех существующих являются три эксперимента по прямому детектированию частиц WIMP: Cryogenic Dark Matter Search (CDMS II) в глубокой шахте в штате Миннесота (США), британская коллаборация ZEPLIN-I и подземная лаборатория XENON-10 в итальянской области Гран Сассо. Каждый из приборов использует свой метод детектирования. В CDMS II применяются германиевые и кремниевые детекторы, охлажденные ниже 50 мК. При столкновении частицы WIMP с ядром высокочувствительные приемники способны измерять вызванную столкновением ионизацию. ZEPLIN использует сцинтилляционные свойства жидкого ксенона. XENON-10 основан на двух вышеперечисленных методах. Еще один эксперимент, DAMA, зарегистрировал модуляцию сигнала расчетной амплитуды, которая могла следовать из-за годичного движения Земли [9]. Однако данный результат так и остается не подтвержденным другими прямыми экспериментами. Это может объясняться тем, что скорости WIMP больше порога DAMA, но меньше, чем у других приборов.

В теории суперсимметрии нейтрально могут аннигилировать сами с собой, производя набор продуктов, которые также могут быть обнаружены. На этом основаны непрямые методы детектирования. Поскольку, согласно теории, частота аннигиляции пропорциональна квадрату плотности темной материи, естественными местами поиска частиц WIMP служат области их большой предполагаемой концентрации: Солнце, Земля, центр Галактики. Продукты аннигиляции могут включать гамма-лучи, нейтрино и антивещество. Считается, что аннигиляция с образованием гамма-излучения должна наблюдаться наиболее часто, например, из центра Галактики. Одним из вариантов такого процесса является распад частицы WIMP на кварк и антикварк, которые в дальнейшем превращаются в гамма-кванты. Если такой гамма-квант попадает на детектор, его траектория отслеживается и делается вывод о возможной принадлежности в WIMP. Коллаборация ERGET в 1998 г. обнаружила избыток гамма-излучения по сравнению с фоном [10]. Однако некоторые авторы указывают на возможное несоответствие данных заключений моделям WIMP, поэтому результаты ERGET можно все же считать противоречивыми.

Другим важным продуктом аннигиляции WIMP являются нейтрино. Внутри массивных тел, таких как Солнце и Земля, в потенциальных ямах могут скапливаться частицы темной материи. При этом некоторые из них, в зависимости от массы, аннигилируют с образованием нейтрино. Если рассматривать Солнце, то такие продукты аннигиляции трудно отделить от произведенных в результате протон-протонной реакции. В таком случае, если речь идет о нашей планете, поток нейтрино из ее недр мог бы свидетельствовать о непрямом обнаружении WIMP. Современные нейтринные телескопы Super-K в Японии и AMANDA-II на Южном полюсе пока не обнаружили никаких

сигналов, превышающих шум. Поиски антиматерии как продуктов аннигиляции WIMP сопряжены со значительными трудностями, поскольку требуют выноса телескопов в верхние слои атмосферы и выделения «темных» античастиц среди космических лучей. Однако ряд проектов (HEAT, BESS и PAMELA) все-таки обнаружили избытки позитронов и антипротонов высоких энергий [11].

Таким образом, астрофизические и космологические свидетельства присутствия темной материи во Вселенной впечатляют, но по-прежнему далеки от окончательного понимания. К сожалению, пока еще нет полностью обоснованной теоретической модели, объясняющей как природу темного вещества, так и его происхождения во Вселенной. Темная материя – это возможность изучить Вселенную в рамках упорядочивания ее структуры. Кроме всего прочего, это нечто загадочное, вдохновляющее ученых на новые поиски и открытия. ■

## Литература

1. Rubin V. Rotation of the Andromeda Nebula from a spectroscopic survey of emission regions / V. Rubin, W.K. Ford // *Astrophys. J.* 1970. Vol. 159. P. 379–389.
2. Walsh D. 0957+561 A, B: twin quasistellar object or gravitational lens? / D. Walsh, R. Carswell, R. Weymann // *Nature*. 1979. Vol. 279. P. 381–384.
3. The MACHO project: microlensing results from 5.7 years of Large Magellanic Cloud observations / C. Alcock, R.A. Allsman, D.R. Alves [et al.] // *Astrophys. J.* 2000. Vol. 542. P. 281–307.
4. Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters / P.A.R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan [et al.] // Preprint arXiv:1303.5076. 2013.
5. Madau P. Dark matter subhaloes and the dwarf satellites of the Milky Way / P. Madau, J. Diemand, M. Kuhlen // *Astrophys. J.* 2008. Vol. 679. P. 1260–1271.
6. A direct empirical proof of the existence of dark matter / D. Clowe [et al.] // *Astrophys. J. Letters*. 2006. Vol. 648 (2). P. L109–L113.
7. New results indicate that new particle is a Higgs boson // CERN [Electronic resource]. 2013. Mode of access: <http://home.web.cern.ch/about/updates/2013/03/new-results-indicate-new-particle-higgs-boson>.
8. Iye M. A galaxy at a redshift  $z = 6.96$  / M. Iye [et al.] // *Nature*. 2006. Vol. 443. P. 186–188.
9. Bernabei R. New results from DAMA/LIBRA / R. Bernabei [et al.] // *Eur. Phys. J.C.* 2010. Vol. 67. P. 39–49.
10. Dixon D. Evidence for a galactic gamma-ray halo / D. Dixon [et al.] // *New Astronomy*. 1998. Vol. 3. P. 539–561.
11. Adriani O. An anomalous positron abundance in cosmic rays with energies 1.5–100 GeV / O. Adriani [et al.] // *Nature*. 2009. Vol. 458. P. 607–609.



# IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «НОВОЕ ВРЕМЯ»



26-28 сентября 2013 г.  
Севастополь, Украина

Тел.: +380-692-932038, +380-50-0094880,  
+380-50-8126181; факс: +380-692-555626,

E-mail: [el-voz@i.ua](mailto:el-voz@i.ua)

Национальная академия наук Беларуси



научно-практический журнал

# НАУКА И ИННОВАЦИИ

Виды подписки  
на журнал:

- печатная версия
- электронная версия
- «Эконом-Пакет»  
(печатная +  
электронная версия)

Подписка через редакцию:

тел./факс:

+375 17 284 16 12

e-mail: [nii2003@mail.ru](mailto:nii2003@mail.ru)

220072, г. Минск,

ул. Академическая, 1-129

[www.innosfera.org](http://www.innosfera.org)

00753  
007532

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ

**МИССИЯ ЖУРНАЛА –  
популяризация достижений  
белорусской науки и формирование  
ее положительного имиджа в обществе**

Наука, техника, образование, инновации, идеи, открытия, новые технологии, последние достижения отечественной и мировой научной мысли, обзоры, мнения, комментарии – всё это на страницах ежемесячного научно-практического журнала «Наука и инновации»

## Постоянные рубрики:

**Тема номера** – детальные и полные исследования самых актуальных проблем науки и жизни

**Инновации** – вопросы формирования национальной инновационной системы, цели и задачи, приоритеты инновационного развития экономики

**Синергия знаний** – проблемы экономики науки, кадрового потенциала, высшей школы, вопросы интеллектуальной собственности

**В мире науки** – результаты фундаментальной и прикладной науки

**Инфолиния** – новости, подробные анонсы мероприятий и событий отечественной науки и бизнеса

**Агрегатор научных разработок** – электронный каталог инновационной продукции

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

**Надеемся  
увидеть вас  
среди читателей  
и авторов  
нашего издания!**

