

24

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
ЭКОНОМИКИ

33

РОЖДЕНИЕ  
СОЦИАЛЬНЫХ  
ИННОВАЦИЙ

49

ИНТЕГРАЛ  
ИСКОМОГО  
ОПТИМУМА

56

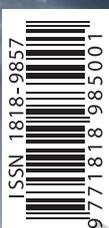
«НАУКУ СОЗДАЕТ  
ТОТ, КТО В НЕЕ  
ВЕРИТ»

# НАУКА И ИННОВАЦИИ

научно-практический журнал



№ 12(106)\_2011

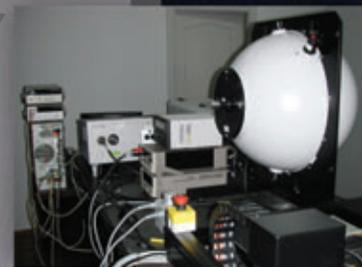


ПОРЯДОК  
ИЗ ХАОСА

ВЫПОЛНЯЕМ ИЗМЕРЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОБОРУДОВАНИИ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ. ВСЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫПОЛНЯЮТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТИПА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ.

#### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС INSTRUMENT SYSTEMS (ГЕРМАНИЯ)

- Спектральное распределение излучения в диапазоне 250-930 нм;
- Световые характеристики: яркость (от 0,005 до  $7 \times 10^4$  кд/кв.м), освещенность (от 0,1 до  $5 \times 10^6$  лк), поток (от 10 мкм до 16 клм), сила света (от 0,04 мкд до 8 ккд);
- Энергетические характеристики: яркость (от  $10^{-9}$  до 5 Вт/(ср·кв.см)), мощность излучения, сила излучения, энергетическая освещенность (от  $10^{-3}$  до  $10^5$  Вт/кв.м);
- Угловые зависимости силы света и координат цвета светодиодов и светодиодных модулей;
- «Усредненная сила света» светодиодов – согласно рекомендациям МКО;
- Координаты цветности, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи;
- Тест дисплеев на совместимость с приборами ночного видения;
- Измерения неравномерности яркостных и цветовых характеристик световых панелей, ЖКИ подсветок и дисплеев.



#### ТЕПЛОВИЗОР FLIR (ШВЕЦИЯ)

Проведение тепловизионных исследований электронных, свето- и электротехнических устройств, в том числе инфракрасная съемка зданий и сооружений.

- Температурная чувствительность: 70 мК;
- Температурный диапазон: -20... +350°C;
- Пространственное разрешение: 0,5 мм.

#### ИСТОЧНИК-ИЗМЕРИТЕЛЬ AGILENT (США)

- Измерения электрических характеристик на постоянном токе: потребляемая мощность, падение напряжения, сила тока;
- Измерения электрических характеристик на переменном токе: действующее значение напряжения и силы тока, активная потребляемая мощность, коэффициент мощности, гармонический состав тока (до 49-й гармоники), полный коэффициент гармонических искажений.



#### ГОНИОФОТОМЕТР SMS10c (ГЕРМАНИЯ), по субподряду

- Измерение КСС светильника в течение 7 — 20 мин.;
- Рабочие дистанции: 3,162 м, 10 м и 25 м;
- Диапазон измерений углов в вертикальной плоскости: -100°... + 100°;
- Диапазон измерений углов в горизонтальной плоскости: -200° ... +200°;
- Предел допускаемой погрешности угла разворота:  $\pm 0,02^\circ$ .



#### КАЛИБРОВОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ INSTRUMENT SYSTEMS (ГЕРМАНИЯ)

Имеется возможность калибровки спектрорадиометрического оборудования на эталонных лампах РТВ (ФРГ) и РУП «Белгим» (Республика Беларусь) квалифицированными специалистами. Имеющиеся эталоны: эталон СПЭО (FEL-лампа Osram Sylvania, 1000Вт), эталон СПЭЯ (LS-65-8E, серия НЕС-6206), светодиодный эталон «усредненной силы света» и светового потока (LED 039-10, type ACS530-1).

# НАУКА И ИННОВАЦИИ

научно-практический журнал

№12(106)\_2011

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. Абламейко  
И.В. Войтов  
И.Д. Волотовский  
М.С. Высоцкий  
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. Хрусталева  
И.П. Шейко  
А.П. Шкадаревич

**Ведущие рубрики:**

Порядок из хаоса – Наталья Гусакова  
Инновации – Павел Дик  
Синергия знаний – Ирина Емельянович  
В мире науки – Ирина Атрошко

**Компьютерный дизайн:**

Ирина Рабецкая

На обложке: коллаж Ирины Рабецкой.  
В оформлении темы номера использованы фото  
фрагментов трехмерного множества Мандельброта  
(www.skytopia.com)

**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,  
belscience@mail.ru  
http://innosfera.org

**Подписные индексы:**

007532 (ведомственная), 00753 (индивидуаль-  
ная) Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать  
офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Тираж 720 экз.  
Цена договорная. Подписано в печать  
05.12.2011. Отпечатано в типографии  
РУП «Минсктиппроект»: 220123, Минск,  
ул. В. Хоружей, 13, тел. 288-60-88. Лицензия  
ЛП №02330/0494102 от 11.03.2009. Заказ № 3236

**© «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.



## ТЕМА НОМЕРА: ПОРЯДОК ИЗ ХАОСА

## 6 САМООРГАНИЗАЦИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ: КЛЮЧЕВЫЕ КОНЦЕПЦИИ

Виктор Гайсенко, Вячеслав  
Кувшинов, Георгий Крылов

## 11 ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС В ТЕОРИИ СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Вячеслав Кувшинов, Андрей Кузьмин,  
Вадим Петров

## 13 ПОРЯДОК И ХАОС В ДИНАМИКЕ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Александр Поздняков

## 19 ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОРЯДКА И ХАОСА В ЭКОНОМИКЕ

Вячеслав Соловьев

## 24 ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

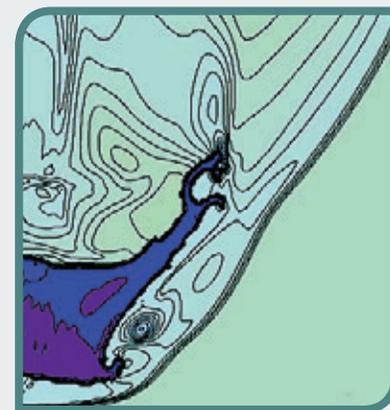
Владимир Малюгин, Юрий Харин

## 27 ОТ МОДЕЛИ - К ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМУ ЭКСПЕРИМЕНТУ

Павел Мандрик, Александр Тетерев

## 31 ХАОС И ПОРЯДОК КАК АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗУМА

Владимир Красиков



**EBSCO**  
PUBLISHING

ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ

Журнал «Наука и инновации» стал участником одной из  
крупнейших в мире баз данных «ЭБСКО». Электронная копия  
издания уже доступна в 39 странах Восточной Европы,  
Азии и Африки.



## ИННОВАЦИИ

## ТЕОРИЯ

Елена Князева

**33 СЛОЖНОСТЬ  
СОЦИАЛЬНОГО МИРА,  
РОЖДАЮЩЕГО  
ИННОВАЦИИ**

## АНАЛИЗ

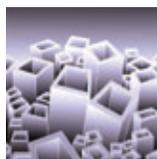
Ирина Емельянович

**37 ПОРОГОВЫЕ БАРЬЕРЫ  
НА ПУТИ БЕЛОРУССКИХ  
ИННОВАЦИЙ**

*Эксперты Европейской экономической комиссии ООН презентовали научной общественности нашей страны Обзор инновационного развития Республики Беларусь. Представляем читателям основные выводы и рекомендации, изложенные в документе.*

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Павел Дик

**45 ПРАКТИКА - КРИТЕРИЙ  
ИСТИНЫ**
СИНЕРГИЯ  
ЗНАНИЙ

## НАУКОВЕДЕНИЕ

Илья Левяш

**49 ИНТЕГРАЛ ИСКОМОГО  
ОПТИМУМА:  
КРИТЕРИЙ И  
ИНДИКАТОРЫ**

*Современная наука призвана быть генератором креативной деятельности. Поэтому между обществом и наукой должны быть отношения не приоритета, а паритета и интеграции, и роль таких отношений неуклонно возрастает по мере перехода процесса модернизации общества на инновационную ступень развития.*

## ИТ-ЭКОНОМИКА

Владимир Пархименко, Виталий Стреш, Мария Бондаренко

**53 КОМПЛЕКС  
ИНСТРУМЕНТОВ  
ИТ-МАРКЕТИНГА**


## В МИРЕ НАУКИ

## ПРОФЕССИЯ - УЧЕНЫЙ

Жанна Комарова

**56 НАУКУ СОЗДАЕТ ТОТ,  
КТО В НЕЕ ВЕРИТ**

## БИОТЕХНОЛОГИИ

Анатолий Лобанок

**61 РОЛЬ ФЕРМЕНТОВ  
В ОПТИМИЗАЦИИ  
ПИТАТЕЛЬНОЙ  
ЦЕННОСТИ КОРМОВ:  
НЕКОТОРЫЕ  
ОРИЕНТИРЫ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ**


## НАУЧНАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Елена Валякина, Владимир Литвяк, Инна Мельситова

**65 АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ  
СУХИХ МОЛОЧНЫХ  
ПРОДУКТОВ**

## ИНФОЛИНИЯ

**70 СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ  
ЗА 2011 ГОД**

## Конкурс научных статей

Журнал «Наука и инновации» с 15.12.2011 г. по 15.01.2012 г. проводит конкурс научных статей. К участию в нем допускаются статьи авторов журнала «Наука и инновации», опубликованные в течение 2011 г. Победители получают право на перевод статьи на английский язык и размещение ее в научных сетях Интернет.

Подробнее – на сайте <http://innosfera.org>



## Анонс

Международный технологический и научный обмен — один из важнейших признаков нашего времени. В этом контексте предметом обсуждения январского выпуска журнала «Наука и инновации» станет сотрудничество НАН Беларуси с крупнейшими мировыми центрами научной мысли и результаты, полученные Академией наук путем такого взаимодействия.

# Белорусская наука должна стать локомотивом экономики

24 ноября состоялась встреча Президента Республики Беларусь Александра Лукашенко с научной общественностью страны. В ходе во многом знакового события были указаны основные недочеты в организации научной деятельности, отмечены острые проблемы, требующие незамедлительного решения, и поставлена задача по формированию концептуальных подходов, направленных на дальнейшее развитие научной сферы.

Глава государства подчеркнул, что интеллектуальный потенциал Беларуси создавался напряженным трудом многих поколений ученых и в настоящее время представляет собой мощную производительную силу. Отечественная наука переориентирована на производственный вектор, 86% средств, выделяемых на исследования, идет на финансирование прикладных разработок. Такого существенного поворота науки к практике нет больше ни в одной из стран СНГ. В некоторых из них академии наук являются общественными объединениями, мало влияющими на реальные процессы. На этом фоне НАН Беларуси, на которую возложена функция организации и координации всех фундаментальных и прикладных исследований в республике, играет очень важную роль. По мнению Президента, такое доверие предполагает и столь же высокую ответственность ученых.

Александр Лукашенко поставил перед научным сообществом ряд вопросов, требующих решения уже сегодня. Один из них: почему отечественная наука, сохраненная и приумноженная с советских времен, при стабильном государственном финансировании не может вырваться в лидеры по производству высокотехнологичной продукции? Что мешает белорусским ученым работать так же, как это делают их коллеги в Китае, Корее, Индии и других государствах, благодаря чему эти страны уверенно идут по пути технического прогресса. Александр Лукашенко призвал ученых разобраться,

в чем здесь проблема: в неверном определении направлений исследований или в элементарном неумении и нежелании продвигать полезные разработки в жизнь и зарабатывать на этом неплохие дивиденды.

Президент отметил, что никакая экономика, никакая страна без науки, без ученых в современную эпоху развиваться не может. И закономерен вопрос о том, готовы ли они решать те проблемы, которые стоят перед ними. К сожалению, по словам главы государства, схоластическими и оторванными от реальности остаются экономические, обществоведческие и гуманитарные исследования. Суверенная Беларусь опытным путем определяет свое направление социально-экономического развития. Хотя в основе любых серьезных преобразований должна лежать четкая, выверенная, научно обоснованная стратегия. Александр Лукашенко считает, что ученым следует быть на полшага-шаг впереди всего общества, и разработка такой стратегии – одна из первейших задач обществоведов и гуманитариев, с которой они пока не справляются.

По мнению лидера государства, самым дискуссионным остается вопрос эффективной организации науки: «На кого сегодня делать ставку: на академические институты или вузовскую науку, отраслевые НИИ, малые высокотехнологичные фирмы?» Чтобы сделать науку более результативной и приносящей наибольшую пользу, ее структуру следует пересмотреть.

Чрезвычайно актуальная проблема – финансирование науки. Президент считает, что ученые должны зарабатывать на собственных идеях, перестав уповать только на помощь государства. Он отметил, что необходимо искоренять иждивенческие взгляды и настроения в интеллектуальной среде. Наука должна рассчитывать на свои силы: искать заказы на продукцию, организовывать собственные опытные участки для внедрения новой техники. В Беларуси создана правовая база для коммерциализации результатов научных исследований. Например, государственным научно-исследовательским институтам, где рождаются не только идеи, но и ведутся конкретные разработки, предоставлено право вхождения в промышленные холдинги. И эти возможности должны быть использованы в полной мере.

Александр Лукашенко обратил внимание и на то, как используются выделяемые из бюджета деньги, и отметил возможности изменения подходов к формированию программ научных исследований и организации контроля их результативности.

На встрече была затронута также проблема научных кадров. Президент считает, что недостаточный эффект приносит та поддержка, которая оказывается молодым ученым, аспирантам и студентам, раз они не задерживаются в науке. В то же время глава государства настораживает ситуация, что из 25 тыс. человек, имеющих ученую степень, в научных

исследованиях заняты менее 4 тыс. Возникает вопрос, что делают остальные, и следует строго спросить с тех, кто является ученым лишь по названию.

По мнению Александра Лукашенко, необходимо повысить ответственность ученых советов, которые определяют тематику и направленность диссертаций, внимательно посмотреть на их состав, компетентность и объективность в работе. Следует решительно избавляться от групповщины, клановости, которые нередко ведут к тому, что «зеленый свет» дается слабым работам, а тормозятся и игнорируются перспективные и важные.

Лидер государства подчеркнул, что все озвученные темы являются лишь вершиной айсберга проблем, которые мешают белорусской науке стать локомотивом развития экономики.

Как доложил главе государства Председатель Президиума Национальной академии наук Беларуси Анатолий Русецкий, перед НАН поставлена задача интегрироваться в экономику страны, превратиться в мощную научно-производственную корпорацию. И это вполне по силам научному сообществу, которое сможет сформировать технологическую платформу, позволяющую ему эффективно работать. Одной из главных задач Анатолий Русецкий назвал эффективное внедрение в производство научных разработок и признал, что они не всегда оказываются конкурентоспособными. Чтобы избежать подобных явлений, необходимо замыкать весь цикл – от фундаментальных до прикладных исследований и разработок. В качестве одного из успешных решений Председатель Президиума НАН упомянул создание научно-практических центров в сельском хозяйстве, медицине и по другим направлениям. По мнению Анатолия Русецкого, не так важно, где наиболее активно будет развиваться научная мысль: в научно-исследовательских учреждениях, вузах или на предприятиях, первостепенное

значение имеет то, кто это будет делать. Надо выделять средства и повышать ответственность, давать соответствующие права конкретным ученым. Глава Академии наук также высказался за более тесную координацию работы научных институтов с производством, которые должны эффективно взаимодействовать, и отметил, что на сегодняшний день в стране имеется потенциал, который позволяет увеличить добавленную стоимость продукта минимум в 2–3 раза, эффективно развивать имеющиеся направления и расширять рынки сбыта.

По словам Александра Лукашенко, впредь финансирование научных разработок будет осуществляться под конкретный конечный результат. «Если нет никаких идей прорывных, нет людей, которые зажигают ученых, показывают им перспективу, не будет развиваться наука. В науке психология играет колоссальную роль, – отметил глава государства. – Время разговоров, убаюкиваний не просто прошло, такие разговоры сегодня вредны. Надо шевелиться». «Заработали – это ваше. Хотите продать – найдите покупателя. Я готов быть первым покупателем вашей продукции, – сказал Президент. – Отсиживаться ни в одной структуре не получится. Не будет результата – не будет ни денег, ни должностей, ни званий, ни прочего».

По мнению министра образования доктора физико-математических наук Сергея Маскевича, темы диссертаций должны быть привязаны к нуждам реального сектора и максимально связаны с производственными задачами. Надо, чтобы молодые люди получали степень исследователя и знали, что их уже ждут на предприятии. Определенная ответственность здесь лежит и на промышленности, которая должна формировать предложения и заказы на инновационные разработки для научных учреждений и вузов. А те, в свою очередь, будут формировать соответствующую тематику диссертаций.

Тезис о необходимости интеграции науки с конечным производителем поддержали и другие участники встречи. Как было отмечено, это особенно важно для малых и средних предприятий, которые не могут содержать большую научную базу.

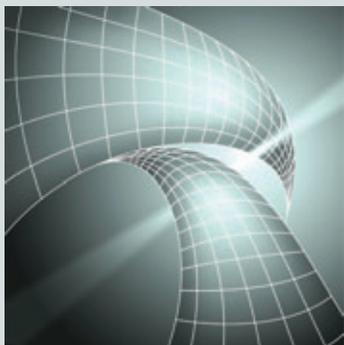
Комментируя довод о том, что по ряду направлений результат может быть получен лишь спустя некоторое время, Александр Лукашенко отметил: «Я не думаю, что их сотни или даже десятки в нашей стране, есть всего несколько таких направлений». Нельзя позволять тратить народные деньги и направлять их туда, где они неэффективны.

Президент дал поручение научной общественности и руководству НАН подготовить четкий документ, представляющий дальнейшее развитие Академии наук.

При этом Президент отметил, что государство не только не будет снижать финансирование, но и готово выделять дополнительные средства по ряду исследований, но только тех, которые нам нужны. Вместе с тем он не исключил возможности работы белорусских ученых на иностранных заказчиков по тем направлениям, которые могут быть актуальными для Беларуси. Президент отметил, что не стоит изобретать велосипед, если в других странах в этом плане уже продвинулись далеко вперед. «А если мы что-то изобрели, то это должно быть нами востребовано или мы должны иметь возможность это дорого продать», – сказал Александр Лукашенко.

Глава государства выразил уверенность, что затронутые на встрече проблемы не будут восприняты как неудовлетворенность наукой. «Я на этом этапе вам благодарен за то, что вы сделали, – отметил Александр Лукашенко. – Мы многого уже достигли, и нам надо, основываясь на этом фундаменте, сделать рывок. И только своим трудом, не упустив момент, мы можем это осуществить».

По материалам сайта [www.president.gov.by](http://www.president.gov.by) подготовила Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ



ХАОС И ПОРЯДОК  
ТАК ТЕСНО СВЯЗАНЫ  
МЕЖДУ СОБОЙ,  
ЧТО ИХ НЕВОЗМОЖНО  
РАЗДЕЛИТЬ.

ДИПАК ЧОПРА

## Самоорганизация в сложных системах: ключевые концепции

Концептуальные представления человека об окружающем мире меняются достаточно медленно. Новое знание сравнительно редко выходит за определенную предметную область или несколько областей и приводит к формированию новых методологических и философских концепций.

**Виктор Гайсенюк,**  
Посол Республики  
Беларусь в Республике  
Польша, доктор физико-  
математических наук,  
профессор



**Вячеслав Кувшинов,**  
завлабораторией  
«ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси,  
доктор физико-  
математических наук,  
профессор



**Георгий Крылов,**  
доцент кафедры  
компьютерного  
моделирования фи-  
зического факультета  
БГУ, кандидат физико-  
математических наук,  
доцент



общей теории относительности и квантовой механики не разрушили, а лишь модифицировали эту концепцию.

Представления об ограниченности классического детерминизма сформировались лишь во второй половине XX в. в результате исследований теории динамических систем, теории колебаний и волн, неравновесной статистической механики и термодинамики, химической кинетики, теории лазеров. При этом была выявлена общность поведения систем разной физической природы, связанная с наличием динамической неустойчивости состояний, аттракторов, бифуркаций, сложного поведения (хаоса) и других особенностей. В итоге в 80-х гг. прошлого столетия сформировалась общая теория поведения сложных систем и явлений самоорганизации в таких системах, которую принято называть синергетикой. Как и любая наука, синергетика сегодня проходит этап интенсивного развития – число публикаций растет, делаются попытки ее применения в новых предметных областях, методология расширяется до глобальных философских обобщений на экономику, социум и т.д. Наряду с положительными моментами такое развитие содержит и явно наблюдающуюся тенденцию к увлечению сомнительными аналогиями при игнорировании возможностей синергетики как науки о количественном и качественном описании поведения сложных систем. Вспоминая название известной книги И. Пригожина «От существующего к возникающему»,

В естествознании одной из первых общефилософских концепций высокой степени общности явился лапласовский детерминизм. Ее появление стало следствием чрезвычайной успешности применения ньютоновской механики к самым разнообразным задачам науки и техники. Интересно отметить, что развитие электродинамики, специальной и

сконцентрируемся в данной публикации на «существующем» в синергетике и на ее ключевых концепциях.

Глобальная задача создания теории самоорганизации в сложных системах произвольной природы является слишком общей, поэтому она никогда не ставилась. Основные достижения синергетики заключаются в понимании путей решения двух задач:

- возникновение сложного поведения в системах с небольшим числом степеней свободы (динамический хаос);
- количественное и качественное описание некоторых режимов коллективного поведения распределенных нелинейных диссипативных динамических систем с использованием относительно небольшого числа переменных (или полей), называемых параметрами порядка.

Прежде всего отметим, что именно осознание возможности наблюдения хаотической динамики в простых детерминированных системах эффективно разрушило классический детерминизм. Общие сценарии перехода к хаосу обычно реализуются как последовательность некоторых бифуркаций (качественного изменения динамических режимов функционирования системы) с изменением одного или нескольких управляющих параметров, приводящих к сложному, количественно неотличимому от хаотического наблюдаемому поведению системы.

### ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС

В повседневном смысле этого слова мы скажем, что сигнал  $x(t)$  хаотический, если никакой анализ не позволяет построить значения сигнала в последующие моменты времени, зная сигнал в предыдущие моменты. С математической точки зрения выявление хаотичности сигнала – достаточно сложная задача. С практической – хорошим критерием является выполнение двух условий. Первое – это экспоненциальное затухание автокорреляционных функций сигнала [1]. Второе – наличие сплошного спектра Фурье-образа сигнала, по крайней мере в некотором конечном частотном диапазоне [2].

Достаточно долгое время считалось, что единственным источником хаотического сигнала является привнесение неконтро-

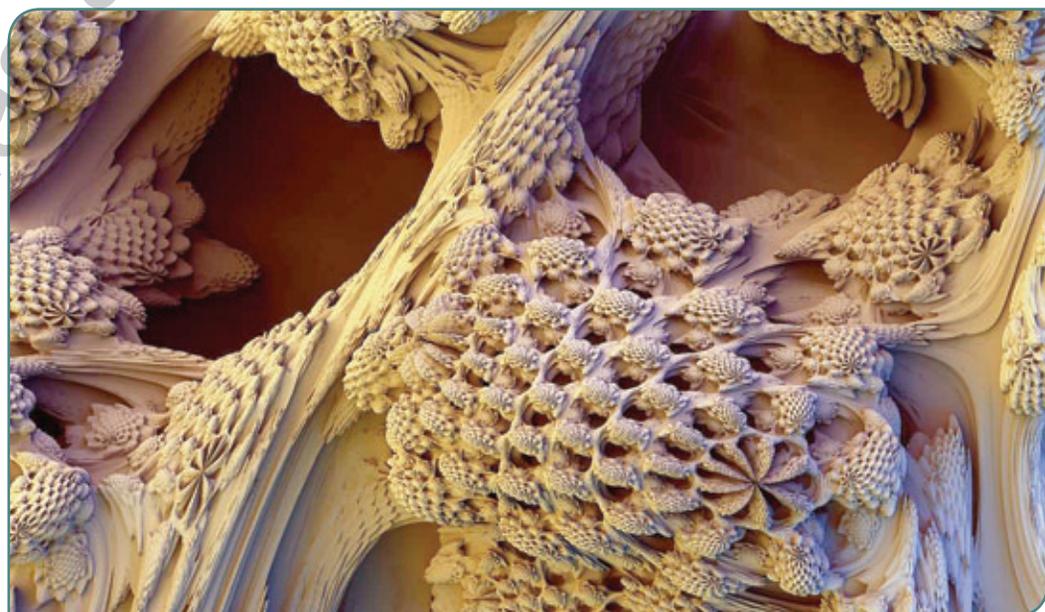
лируемых возмущений в динамику системы (внешнего шума). Позднее было осознано, что эту роль может играть и эффект забывания системой своих начальных условий.

В качестве критерия возможности сложной динамики в системах с малым числом степеней свободы может рассматриваться расхождение фазовых траекторий, начинающихся в двух бесконечно близких точках фазового пространства. Если расстояние между траекториями растет экспоненциально, говорят о локальной динамической неустойчивости. Оказывается, этого свойства в совокупности с возможностью возврата точки в некоторую окрестность начальной точки достаточно для реализации режима динамического хаоса. Из-за экспоненциальной неустойчивости траекторий и конечной точности представления начальных данных систем через некоторое время становится невозможным определить начальную точку фазового пространства, с которого стартовала данная траектория. Это, в свою очередь, означает невозможность дальнейшего точного прослеживания динамики, что и приводит к *эффективно случайной* траектории в детерминированной динамической системе.

При анализе возможностей хаотизации динамики в системах с малым числом сте-

пеней свободы существенны различия для гамильтоновых и негамильтоновых систем. Для гамильтоновых систем с  $n$ -степенями свободы и без явной зависимости сил от времени динамика в фазовом пространстве  $(p, q, i=1..n)$  задается системой обыкновенных дифференциальных уравнений, определяемых единственной функцией – функцией Гамильтона  $H$ . Гамильтоновость означает определенную симметрию и, как следствие, сохранение фазового объема. Эволюция точно-решаемых гамильтоновых систем сводится к свободному движению в фазовом пространстве на  $n$ -мерном торе [3]. Уже это движение является достаточно сложным. Если все частоты несоизмеримы, его называют  $n$ -частотным условно периодическим движением. Если начальные фазы отдельных вращений выбрать случайно, то мы получим хороший пример случайного процесса.

В случае систем, близких к интегрируемым (точно-решаемым), функция Гамильтона отличается на некую очень малую добавку  $\delta H(p, q)$  и уже для таких систем КАМ-теория дает [3], что динамическое поведение систем будет близким к вышеописанному, только если все торы являются нерезонансными, то есть частоты движения по ним не связаны никаким линейным соотношением  $\sum_i a_i \omega_i = 0$  с целыми  $a_i$ .



Уже для гамильтоновых систем с двумя степенями свободы типичным является разрушение резонансных торов в некоторых областях фазового пространства. Динамика в области разрушенных торов оказывается локально неустойчивой, что и приводит к сценарию хаотического поведения в гамильтоновых системах.

Второй реализуемый сценарий хаотического поведения в гамильтоновых системах связан с так называемыми сепаратрисами – особыми решениями в фазовом пространстве, разделяющими области с различными свойствами движений. В качестве примера рассмотрим одномерную систему – математический маятник на подвесе в поле тяжести. Понятно, что динамическое поведение системы зависит от начальных условий. Если слегка отклонить либо толкнуть маятник, он начнет колебаться; если толчок достаточно сильный, маятник придет во вращательное движение. Сепаратрисой для данной одномерной гамильтоновой системы является такая кривая в фазовом пространстве, на которой полная энергия маятника (кинетическая плюс потенциальная) точно равна потенциальной энергии маятника в верхнем возможном положении. Если маятник колеблется с большой амплитудой (вблизи сепаратрисы) и на него дополнительно воздействуют относительно небольшие случайные толчки, то ясно, что возможными являются переключения режимов движения с колебаний на вращение и обратно при увеличении или уменьшении полной энергии из-за толчков. Говорят, что движение вблизи сепаратрисы неустойчиво относительно внешнего шума. А для гамильтоновой системы, близкой к интегрируемой и с большим числом степеней свободы, неинтегрируемая добавка в функцию Гамильтона оказывается играющей роль, аналогичную внешнему шуму для вышерассмотренного примера. Она разрушает интегрируемость траекторий вблизи сепаратрисы и формирует так называемый стохастический сепаратрисный слой (или стохастическую паутину). При попадании фазовой траектории в окрестность этого слоя наблюдаемое поведение траекторий является случайным процессом.

И, наконец, надо отметить, что рассмотрение хаотизации в гамильтоновых системах при наличии сил, явно зависящих от времени, ведется в рамках общего рассмотрения негамильтоновых систем (часто называемых диссипативными).

Важнейшим понятием в общей теории динамических систем является понятие структурной устойчивости (или грубости, по Понтрягину). Система вида  $\dot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r})$  называется структурно устойчивой, если замена функций в правой части на бесконечно мало отличающиеся (возмущенная система) приводит к решениям, бесконечно мало отличающимся от решений исходной системы. Как легко понять, для задач моделирования реального мира мы должны использовать грубые системы, которые обеспечивают нечувствительность к малым погрешностям модели. Однако из-за зависимости наших моделей от некоторой совокупности параметров (например, массы маятника, его длины и ускорения свободного падения в модели математического маятника) при их изменении может встречаться ситуация, когда динамическая система перестает быть грубой. Точки негрубости (линии, поверхности) соответствуют так называемым точкам бифуркации, в которых происходит смена устойчивости некоторого режима либо смена динамического режима. Переход в хаос в этом случае связывается с последовательностью бифуркаций, приводящих к все более сложному поведению.

Второе важнейшее понятие – аттракторы динамических систем, то есть множество точек в фазовом пространстве, к которому стремится (либо в котором остается неограниченно долго) рассматриваемая система. Простейшими аттракторами могут быть особые точки (либо точки равновесия) динамической системы, в которых все функции в правой части системы обращаются в нуль. Очевидно, что система в точке равновесия в ней же и остается; если же она из малой окрестности точки равновесия стремится к этой точке, то последняя считается аттрактором системы. Большим достижением теории колебаний в начале XX в. было обнаружение особого типа аттракторов динамических систем – предельных циклов. Предельный

цикл – это аттрактор, соответствующий замкнутой кривой в фазовом пространстве, находясь на котором динамическая система совершает асимптотически периодическое движение, называемое автоколебаниями [4].

Одной из самых изученных и важных бифуркаций является бифуркация рождения предельного цикла при потере устойчивости стационарного состояния – бифуркация Хопфа [5]. В динамической системе с пространством состояний размерности большей двух возможны дальнейшие бифуркации из предельных циклов. Именно с ними связаны классические сценарии перехода к хаосу в диссипативном случае.

Простейшая возможность – изменение формы предельного цикла при вариации управляющего параметра, когда соответствующая кривая чуть-чуть не замыкается за один оборот, но замыкается за два. При этом движение остается периодическим, и бифуркация называется бифуркацией удвоения периода. В Фурье-спектре сигнала динамической системы появляются субгармоники основной частоты и комбинационные частоты. С использованием дискретных отображений для сечения Пуанкаре динамической системы Фейгенбаум показал [7], что с изменением управляющего параметра возможен целый каскад таких бифуркаций удвоения, причем этот каскад демонстрирует универсальное поведение, слабо зависящее от специфики системы. За некоторым предельным значением параметра располагается область полного хаоса, соответствующая прошедшему бесконечному каскаду бифуркаций в системе. Частотный спектр сигнала становится квазинепрерывным. Данный сценарий был обнаружен в экспериментах по гидродинамической турбулентности и в ряде других систем [5].

Вторым классическим сценарием возникновения динамического хаоса в диссипативном случае является сценарий Рюэля – Такенса – Ньюхауса, или квазипериодический [5]. Его основная идея: бифуркация из предельного цикла приводит к возникновению второго предельного цикла с несоизмеримой частотой. При этом диссипативная

система находится на некотором нерезонансном двумерном торе. Последующая бифуркация из этого нерезонансного тора, как показывает анализ, не приводит, как в раннем сценарии Ландау, к динамике на трехмерном торе, а аттрактор является фрактальным множеством со структурой и свойствами, определяемыми как особенностями динамической системы, так и значением управляющих параметров. Вместе с тем, независимо от специальных черт системы, при наличии бифуркации из двумерного тора почти всегда формируется странный аттрактор, и система демонстрирует хаотическую динамику.

Третьим и последним классическим сценарием формирования хаоса в диссипативном случае является сценарий перемежаемости [5, 6]. Согласно ему при превышении некоторого порога динамическая система начинает демонстрировать периодически сменяющиеся хаотический (турбулентный) и автоколебательные (ламинарный) режимы со случайным распределением времен смены режимов. В зависимости типа функции распределения этих длительностей от степени превышения управляющего параметра над критическим различают модели перемежаемости I, II и III типов. Аналитический подход к проблеме может также основываться на некоторых модельных дискретных отображениях, как и в случае субгармонического каскада [5, 6].

Казалось бы, какое отношение имеют рассмотренные выше сценарии к поведению сложных систем, обладающих, как, например, в гидродинамике, почти бесконечным числом степеней свободы? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим подходы к описанию сложных динамических систем с использованием небольшого числа уравнений для параметров порядка.

#### КОГДА ПРОСТЫ СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ?

Под *сложной системой* обычно понимают систему, состоящую из частей (подсистем), такую, что ее свойства (или функционирование) не сводятся к свойствам (и функционированию) включенных в нее

” СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ, ЧТО МНОГОЕ В СИНЕРГЕТИКЕ, ГОВОРЯ СЛОВАМИ ИЗ КНИГИ «ЭТОДЫ О ВСЕЛЕННОЙ» ИЗВЕСТНОГО ИТАЛЬЯНСКОГО ФИЗИКА ТУЛИО РЕДЖЕ, «...ОСТАЕТСЯ ПОКА НА УРОВНЕ ЗАХВАТЫВАЮЩИХ ГИПОТЕЗ, ЕЩЕ НЕ ПОДВЕРГАВШИХСЯ СКОЛЬ-НИБУДЬ СЕРЬЕЗНЫМ ПРОВЕРКАМ. ПОЭТОМУ ТАКИЕ ГИПОТЕЗЫ ВОСПРИНИМАЮТСЯ ОДОБРИТЕЛЬНО ЛЮДЬМИ ОБРАЗОВАННЫМИ, НО НЕ СПЕЦИАЛИСТАМИ, В ТО ВРЕМЯ КАК ФИЗИКИ ОТНОСЯТСЯ К НИМ С ОСТОРОЖНОСТЬЮ» ”

подсистем. Такое определение неплохо выглядит в плане общности, но совершенно непригодно для целей выявления и анализа, поскольку для решения вопроса, является ли система сложной, ее надо сначала досконально изучить. В теории самоорганизации обычно считают, что сложность системы определяется числом ее степеней свободы, и к сложным относят распределенные системы, описываемые полями и уравнениями в частных производных.

Первым в теории распределенных систем стоит вопрос о возможности описания структур, естественно наблюдаемых в экспериментах в различных физических системах при различных условиях. Положительный ответ на него связан с расширением понятий устойчивости, неустойчивости и теории бифуркаций на распределенные системы. Соответствующий математический аппарат связан с общей теорией линейных операторов (а не конечных матриц, как в дискретном случае) и наталкивается на серьезные вычислительные трудности при практическом рассмотрении уже бифуркаций из стационарных состояний. Отметим, что Нобелевская премия группе И. Пригожина по химии за теорию диссипативных структур была вручена за аналитическое рассмотрение автоволн в сильно упрощенной модельной системе химической кинетики (брюсселятор) и простейших геометриях области.

Положение дел изменилось с формулировкой так называемого «принципа подчинения» Г. Хакена [8], справедливого для распределенных, нелинейных, дисси-

пативных систем, описываемых эволюционными уравнениями в частных производных. Задача устойчивости стационарных состояний таких систем сводится к поиску собственных состояний некоторого линейного оператора  $\hat{L}$ .

Точки бифуркации соответствуют переходу вещественной части хотя бы одного собственного значения через нуль. «Принцип подчинения» словесно можно сформулировать следующим образом: вблизи точки бифуркации, приводящей к смене устойчивости, важными оказываются лишь собственные состояния оператора  $\hat{L}$ , соответствующие собственным значениям с положительными вещественными частями. Эти состояния называют неустойчивыми модами ( $w_k^{(u)}(x)$ ). Остальные состояния (устойчивые моды) могут рассматриваться как находящиеся в отрелаксированном к некоторому квазиравновесному состоянию, поскольку такую релаксацию обеспечивают большие по модулю отрицательные вещественные части соответствующих собственных значений. Тогда динамика распределенной системы может быть записана как динамика «модового скелета»  $u(x, t) \approx \sum \xi_k(t) w_k^{(u)}(x)$ ,

где сумма берется по неустойчивым модам, и уравнения записываются для коэффициентных функций  $\xi_k(t)$ , называемых параметрами порядка. В условиях небольшого превышения параметра над бифуркационным значением число параметров порядка обычно достаточно мало, а качество описания системы такими «коллективными переменными» оказы-

ваются очень хорошим. В свою очередь, уравнения для параметров порядка могут быть получены из исходного уравнения с использованием формализма нормальных форм [9] и применены для дальнейшего бифуркационного анализа упрощенной системы. Это позволяет расширить область качественного анализа динамики распределенной системы от задач возникновения первичных структур до задач взаимодействия структур и хаотизации.

Успешность приема разделения мод на быстрые и медленные и возможность описания в рамках коллективных переменных безусловно привлекательна и позволяет говорить об иерархической структуризации в сложной системе, о соответствии иерархии временных и пространственных масштабов для подсистем и т.п. Однако надо осознавать, что это всего лишь приближение, которое требует количественного обоснования для каждой изучаемой системы.

Отметим, что принцип подчинения имеет много общего с хорошо разработанными методами усреднения в теории колебаний [10], основная его методологическая новизна – ясность понимания того, от рассмотрения каких свойств системы можно безболезненно избавиться, а какие являются определяющими в конкретных случаях.

### СИНЕРГЕТИКА И РЕАЛЬНЫЙ МИР

Как мы видели выше, применимость методов синергетики обуславливается общей математической структурой моделей, а не спецификой предметной области. Поэтому ее успешное применение оказывается возможным и для задач экологии, микро- и макроэкономики, социодинамики и других наук [7]. Самым важным моментом при этом является стадия построения математической модели. Часто простейшие модели могут быть написаны из интуитивно понятных элементарных взаимодействий объектов в системе, как, например, в экологических моделях «хищник – жертва». При рассмотрении действительно сложных систем, например социодинамики модельных систем, это труднорешаемая задача. Вычленение связи между объектами, определение фазового пространства будущей модельной системы требуют дискриминантного и факторного анализа. На этой стадии уже можно, основываясь на коэффициентах корреля-

ции, пробовать описать взаимодействие между важнейшими факторами как некие знаковые функции от взаимодействующих факторов или вводить его как произведение факторов. Хотя получающаяся модель окажется сильно упрощенной, она может стать основой для дальнейшего улучшения анализа данных и, в силу своей структурной устойчивости, обладать неким предсказательным характером.

К сожалению, применение синергетики в социо- и гуманитарных науках чаще сводится к использованию некоторых ее концепций без анализа данных и формирования модели. Часто считается, что можно свободно пользоваться понятиями теории бифуркаций без выяснения точного типа бифуркаций, понятиями диссипативных структур и результатами теории самоорганизации для иерархических систем с неизвестной динамикой, свободно расширять применимость модельных сценариев развития специальных систем до неких глобальных философских и методологических принципов. Этим, как ни странно, грешат не только явные гуманитарии, но часто и специалисты естественных профилей при расширении своих концепций на природу в целом и социум [11–13]. Не вдаваясь в дискуссию, приведем лишь один аргумент, касающийся попыток широкого истолкования режимов с обострением [13]. Открытие С.П. Курдюмовым и А.А. Самарским этого явления в системах, описываемых квазилинейными параболическими уравнениями в частных производных, явилось действительно новым словом в нелинейной динамике распределенных систем, сформировавшим целое направление, до сих пор активно развивающееся.

Как и солитоны [14], системы с локализацией тепла обладают специальными симметричными (скэйлинговыми) свойствами. Поскольку наличие симметрии является специальным свойством системы, динамические системы симметрии не являются структурно устойчивыми. Малые «шевеления» (изменения закона) зависимости коэффициента теплопроводности от температуры или свойств источника приводят к системе уже без режима обострения. Далее, как известно, лишь для локально гиперболических систем вы-

полняется принцип близкодействия, для параболических уравнений на состояние в данной точке в следующий момент времени влияет *состояние всех элементов системы*, независимо от их расстояния от рассматриваемой точки пространства (дальнодействие). Поэтому возможность рассмотрения временной эволюции на значительных временах, эффектов иерархической организации, взаимной синхронизации или десинхронизации с использованием моделей с режимом обострения является, по-видимому, довольно оптимистичной точкой зрения.

Конечно, мы упомянули далеко не все важные достижения теории самоорганизации, равно как и подходы, развитые до настоящего времени, затронув лишь ключевые аспекты коллективного и сложного поведения. Значительный поток публикаций в этой предметной области показывает, что синергетика или теория самоорганизации в сложных системах продолжает развиваться и, можно надеяться, приведет к лучшему пониманию окружающего нас мира.

### Литература

1. Predrag Cvitanović <http://chaosbook.org/~predrag/papers/index.html>.
2. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос. – М., 2002.
3. Табор М. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. – М., 1984.
4. Кузнецов А.С и др. Нелинейные колебания. – М., 2002.
5. П. Берже, И. Помо, К. Видаль. Порядок в хаосе. О детерминистическом подходе к турбулентности. – М., 1991.
6. Кузнецов С.П. Динамический хаос. – М., 2001.
7. Трубецков Д.И. Введение в синергетику. Хаос и структуры. – М., 2004.
8. Хакен Г. Информация и самоорганизация – М., 1991.
9. Л.П. Шильников А.Л. Шильников, Д.В. Тураев, Л. Чуа, Методы качественной теории в нелинейной динамике. – М., 2003.
10. Гребенников Е.А. Метод усреднения в прикладных задачах. – М., 1986.
11. И. Пригожин, И. Стенгерс. Порядок из хаоса. – М., 1986.
12. Будущее и настоящее России в зеркале синергетики. Под ред. Малинецкого Г.Г. Эдиториал УРСС. 2011.
13. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомир. – СПб., 2002.
14. Додд Р., Эйлбек Д., Гиббон Д., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. – М., 1988.

# Детерминированный хаос в теории сильных взаимодействий

**Вячеслав Кувшинов,**  
завлабораторией  
«ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси,  
доктор физико-  
математических наук,  
профессор



**Андрей Кузьмин,**  
заместитель  
генерального  
директора «ОИЭЯИ –  
Сосны» НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических наук



**Вадим Петров,**  
научный сотрудник  
«ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси



Долгое время считалось, что случайность – лишь модельное требование, необходимое для описания физических свойств систем с очень большим числом степеней свободы. Существовало мнение, что если представится возможным определить все начальные условия для огромного числа частиц, образующих макроскопическое тело, и решить систему соответствующих уравнений движения, то, в принципе, можно полностью предсказать движение каждой отдельной микроскопической частицы. Его случайность или стохастичность, как полагают, проистекает из того факта, что данную задачу чрезвычайно трудно, если вообще

возможно, решить по чисто техническим причинам. Таким образом, как казалось, стохастичность движения является исключительно удобным приближением, на основании которого можно получать количественные результаты касательно свойств макроскопического тела, не утруждая себя решением огромного числа уравнений.

Наряду с этим представлялось, что движение механических систем с небольшим числом степеней свободы можно всегда предсказать, решив соответствующие уравнения движения. Как показали исследования, оба эти мнения оказались по сути неправильными. Однако это ни в коей мере не означает, что, например, статистическая физика и ее выводы, основанные на этих представлениях, неверны. Наоборот, у физиков долгое время вызывало неудовлетворение объяснение возникновения стохастического движения в макроскопически больших системах. Ссылка на сложность системы совместно с признанием факта принципиальной возможности абсолютно точно рассчитать ее траекторию в фазовом пространстве вызывает неудовлетворенность при использовании процедур усреднения по фазовому пространству. То, что в данный момент представляется невозможным решить огромное число уравнений движения и измерить начальные условия для большого числа микроскопических частиц, не означает, что это не может быть сделано в будущем, особенно исходя из темпов развития современной вычислительной техники и экспериментальных приборов. В то же время законы природы не могут зависеть от степени нашего развития. Во многом именно эта неудовлетворенность послужила толчком к более пристальному изучению вопроса о причинах возникновения случайного, хаотического движения.

Глубокий анализ, проведенный ученым Николаем Крыловым, показал, что в основе по-

нимания природы появления статистических законов лежит не свойство эргодичности динамической системы, а свойство перемешивания и связанная с ним локальная неустойчивость (из которого эргодичность следует автоматически) [1].

На современном этапе развития, начало которого можно отнести к 60–70-м гг. прошлого века, все области физики стали приобретать свои собственные «нелинейные» проблемы. Появились нелинейная оптика, акустика, радиофизика. Однако наиболее богатой относительно различных нелинейных проблем оказалась плазма. Возможно, что именно особенности бесстолкновительной плазмы как нелинейной среды способствовали развитию новых, в определенном смысле неожиданных, методов ее исследования: с одной стороны, вводящие стохастический элемент в динамику среды за счет сложных нелинейных взаимодействий при отсутствии явных случайных сил и воздействий, с другой – позволяющие точно интегрировать сложные нелинейные уравнения.

Приблизительно в то же время произошли радикальные изменения в исследовании нелинейных систем строгими методами. Появилась универсальная техника приближенного усреднения нелинейных систем (метод Крылова – Боголюбова – Митропольского), была доказана теорема о сохранении инвариантов в гамилтоновых системах (теория Колмогорова – Арнольда – Мозера, КАМ) и, наконец, возникло определение нового свойства нелинейных систем – динамической энтропии Колмогорова – Синая, которая, будучи инвариантом системы, отражает в количественной форме возможность нелинейных систем совершать движение с перемешиванием – свойством, которое ранее исследовалось Хопфом и Крыловым. Наряду с этим выяснилось, что перемешивание, или хаос, может возникать

даже в системах с двумя степенями свободы, а его появление или отсутствие зависит лишь от значений параметров и начальных условий. Таким образом, в физику вошло новое понятие – *детерминированный хаос*, представляющее собой явление возникновения случайного движения динамических систем в отсутствие каких-либо случайных воздействий.

Изначально внимание к явлению детерминированного хаоса было связано с проблемами классической механики и статистической физики. Попытки обоснования статистической механики инициировали его активное изучение [1]. Одним из основных результатов в этом направлении стало создание теории КАМ, касающейся общих вопросов структуры классического фазового пространства гамильтоновых систем. Было показано, что причиной возникновения детерминированного хаоса является локальная неустойчивость динамической системы, которая в случае финитного движения приводит к перемешиванию траекторий в фазовом пространстве и, как следствие, к ее нерегулярному поведению [2].

Одной из областей применения методов теории хаоса являются как классические, так и квантовые калибровочные теории физики элементарных частиц [3, 4]. В частности, изучение свойств детерминированного хаоса в квантовой хромодинамике представляет интерес в связи с нерешенными в настоящий момент проблемами адронизации и конфайнмента кварков [5, 6]. В рамках неабелевых калибровочных теорий физики элементарных частиц активно исследовалась устойчивость топологических монополюсных и сфалеронных решений по отношению к их малому возмущению. С точки зрения детерминированного хаоса рассматривалось поведение модельных пространственно-однородных систем как абелевых, так и неабелевых классических калибровочных полей, взаимодействующих с полем Хиггса [7]. Большое внимание уделяется изучению хаотического поведения калибровочных полей на решетке как в классическом, так и в квантовом случае. Поднимался, в частности, вопрос о влиянии полей Хиггса на динамику классических калибровочных полей. Был сделан вывод о том, что взаимодействие с классическим полем Хиггса приводит к регуляризации хаотического поведения полей Янга – Миллса и возникновению пере-

хода от порядка к хаосу с ростом плотности энергии полевой системы [7]. В случае безмассовой скалярной электродинамики на примере пространственно-однородных полей было показано, что квантовые поправки увеличивают энергетический порог, который необходимо преодолеть для появления областей хаотического движения в фазовом пространстве системы, и таким образом приводят к регуляризации ее поведения при малых плотностях энергии [8].

Изучение хаотического поведения классических полей сталкивается с трудностями, связанными с непрерывностью таких систем в пространстве-времени и, следовательно, наличием у них бесконечного числа степеней свободы. Существующие численные и аналитические методы исследования детерминированного хаоса рассчитаны на анализ динамики в конечномерном фазовом пространстве [2]. Таким образом, изучение хаотического поведения классических полей возможно только в тех случаях, когда по каким-либо причинам число мод, определяющих динамику полевой системы, является конечным [3]. При изучении хаотической динамики неабелевых калибровочных полей существует несколько способов уменьшения числа представляющих интерес степеней свободы до конечного значения. Исторически первой была сформулирована неабелева калибровочная теория на пространственной решетке [9]. Позднее этот подход активно использовался для изучения хаотической динамики как в классическом, так и в квантовом случае, а также другой метод построения модельных полевых систем, основанный на пространственно-однородных решениях. В рамках этого подхода также возможно изучение хаотической динамики классических калибровочных полей на малых расстояниях. Было показано – как аналитически [10], так и численно [7], – что пространственно-однородные неабелевы поля Янга – Миллса образуют систему с полностью хаотической динамикой, в то время как взаимодействие с классическим вакуумным полем Хиггса регуляризирует их поведение при малых плотностях энергии. Третий способ редукции числа степеней свободы калибровочных полей и поля Хиггса связан с численным моделированием поведения малых возмущений в окрестности топологических решений. Выводы, сделанные в рамках этого подхода, полностью согласуются с результатами, полученными при

рассмотрении пространственно-однородных полевых конфигураций.

Интересной представляется связь между петлей Вильсона, величиной, характеризующей конфайнмент цветных зарядов (кварков) в теории сильных взаимодействий, и фиделити, которая используется для описания квантового хаоса в системах, а также связь конфайнмента и явления декогеренции [4]. Интригующие и крайне важные связи требуют дальнейшего исследования.

До сегодняшнего дня одна из самых актуальных проблем в теории детерминированного хаоса – поиск наиболее общих физических причин его возникновения. В настоящее время принято считать, что источником хаотического (стохастического) движения является сильная неустойчивость последнего по отношению к вариации начальных условий. Однако данное мнение, безусловно, верное, не отвечает на ряд вопросов, особенно при переходе в квантовую область, где классические понятия траектории и начальных условий попросту не применимы. Тесно связан с предыдущим вопросом поиск количественных критериев хаотичности не только для классических, но в первую очередь для квантовых систем. Вопрос о возможности и целесообразности введения понятия хаоса в квантовом случае также активно обсуждается.

## Литература

1. Крылов Н.С. Работы по обоснованию статистической физики. – М., 1950.
2. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: от маятника до турбулентности и хаоса. – М., 1988.
3. Biro T.S., Matinyan S.G., Muller B., Chaos and gauge field theory. – World Scientific, Singapore, 1994.
4. Кувшинов В.И., Кузьмин А.В. Калибровочные поля и теория детерминированного хаоса. – Мн., 2006.
5. Симонов Ю.А. Конфайнмент // УФН. 1996. Т. 166, №4.
6. Кузьменко Д.С., Симонов Ю.А., Шевченко В.И. Вакуум, конфайнмент и струны КХД в методе вакуумных корреляторов // УФН. 2004. Т. 174, №1.
7. Берман Г.П., Маньков Ю.И., Садреев А.Ф. Стохастическая неустойчивость классических однородных  $SU(2) \times U(1)$  полей со спонтанно нарушенной симметрией // ЖЭТФ. – 1985. Т. 88, вып. 3.
8. Matinyan S.G., Muller B. Quantum fluctuations and dynamical chaos // Phys. Rev. Lett. – 1997. Vol.78, №13.
9. Wilson K.G. Confinement of quarks // Phys. Rev. D – 1974. Vol.10, №8.
10. Savvidy G.K. The Yang – Mills classical mechanics as a Kolmogorov K – system // Phys. Lett. B – 1983. Vol.130, №5.

# Порядок и хаос в динамике социально- экономических систем

В развитии материи, Вселенной в целом действуют два противоположно направленных процесса. Один из них характеризуется вторым началом термодинамики – действием фундаментальной асимметрии в природе, объективно предполагающей движение к статическому равновесию, хаосу в виде так называемой «тепловой смерти». Другой, вследствие законов синергетики, предполагает формирование порядка в виде самоорганизующихся целостностей – систем, способных порождать не только гравитационные и электрические силы, но и тепло, и связанную с системой энергию. В результате данного процесса осуществляется аккумуляция частиц в крупные космические тела: звезды, планеты, которые производят энергию и вещество, выделяемые в пространство, что предполагает образование новых системных целостностей.

## Александр Поздняков,

научный руководитель лаборатории самоорганизации геосистем Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН, доктор географических наук, профессор



## САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ

Развитие целостных природных систем независимо от их генезиса обеспечивается за счет поступления вещества, энергии и информации ( $MEI$ ) из среды и выделения их за пределы своих границ. Динамика разницы расходов вещества и энергии в этих двух потоках в течение времени и определяет развитие системы, а установление баланса  $MEI$  на входе и выходе системы характеризует ее динамически равновесный режим [1, 2].

Потоки вещества, энергии и информации, определяющие развитие природных систем, представляются как потоки, формирующие системы ( $F$ -потоки), и потоки, вызывающие их деградацию, разрушение ( $D$ -потоки). Потоки вещества и энергии из среды ( $F$ -потоки) предполагают экспоненциальное их накопление в некой формирующейся структуре  $X(t)$ ; а  $D$ -потоки предполагают изъятие части вещества и энергии из  $X(t)$  и  $F$ -потока для формирования другой структуры  $Y(t, F)$ .  $D$ -потоки, ведущие к дезорганизации систем, – это та часть вещества, энергии и

информации, которая изымается из новой формы  $MEI$ , образуемых и накапливаемых в самой системе, и используется другой формирующейся системой. При этом система теряет возможность достичь своего наивысшего уровня развития, и у нее, таким образом, устанавливается новый, более низкий предел по  $MEI$  и характерному времени развития.

Если  $F$ -поток – это поступление  $MEI$  из среды, то  $D$ -поток – это «вынужденный» расход  $MEI$  самой системой.  $F$ -поток формируется на среде, а  $D$ -поток – на конкретной системе и среде;  $F$ -поток характеризует систему как потребителя ресурсов,  $D$ -поток эту же систему характеризует как ресурс, удовлетворяющий потребности других систем.

Таким образом,  $D$ -поток ингибирует развитие системы  $X(t)$  и, следовательно, системы  $Y(t, D)$ . И вместе они, образуя структурно-функциональное эмерджентное единство, развиваются с насыщением, графически имеющим вид S-образной кривой, названной Ферхюльстом «логистической кривой роста». Весь опыт изучения самоорганизующихся геосистем показывает, что они представляют собой парные образования: если формируется система  $X(t)$ , то вместе с ней – и ее спутник, система  $Y(X, t)$ . Для  $Y(X, t)$  система  $X$  поставляет энергию и определяет пространственные границы развития и время существования. Динамика системы как бинарной структуры, осуществляется, с одной стороны, за счет поступления вещества и энергии из среды, а с другой – вследствие обмена ими между составляющими ее подсистемами [3]. Энергия в  $F$ -потоках («энергия для себя») используется для сохранения и функционирования самой системы  $X$ . Величина накапливаемых  $MEI$  в ней ограничивается

Есть основания утверждать, что самоорганизующиеся системы в самом широком смысле развиваются и функционируют с насыщением. Это происходит с системами, характеризующимися предельным циклом, в основе которого лежат внутренне структурно-организационные противоречия. Любые самоорганизующиеся системы – бинарные структуры, состоящие из взаимосвязанной совокупности двух подсистем [1].

емкостью среды (см. схему). Поэтому если в  $F$ -потоке расход  $Q(t)=const$ ,  $\Delta M(t) \rightarrow 0$ . Энергия в  $D$ -потоке – это «вынужденно» отдаваемая «энергия для спутника», причем расход ее  $q(t, M) \rightarrow Max$ . Формирование геосистемы (GS) «спутник» является объективным, имманентным свойством всех самоорганизующихся систем. Появление GS, создаваемой  $F$ -потоком, неизбежно влечет к появлению GS «спутник» и питающего ее  $D$ -потока MEI.

Другим (кроме  $D$ -потока) очень важным ограничивающим (ингибирующим) развитие системы фактором является экологическая емкость –  $V(t)$ . По мере ее заполнения системами  $X$  и  $Y$  прирост  $\Delta M$  вещества и энергии в них замедляется, и все большее количество MEI выделяется в среду. Данный механизм саморегулирования характерен для целостных природных и искусственных образований любых видов: биотических, абиотических (косных), биокосных и др. Естественно, что не сами размеры и не продуктивность систем играют роль обратной отрицательной связи, а изменяющийся вследствие роста размеров систем расход MEI. Одно и то же количество MEI со временем распределяется все более возрастающему количеству «потребителей», составляющих систему элементов.

Таким образом, любые самоорганизующиеся системы, включая и социально-экономические, можно рассматривать как бинарные структуры и характеризовать их динамику на основе балансовых отношений, известных как «ресурс – потребитель» или «хищник – жертва». По существу, это закономерность всеобщего действия, согласно которой динамика систем описывается уравнением:  $dM/dt = Q(M, V, t) - q(M, t)$ , где  $M$  – выходные характеристики системы, учитывающие суммарную аккумуляцию вещества и энергии, создаваемую системами  $X$  и  $Y$ ;  $Q$  – расход энергии в  $F$ -потоке;

$q$  – расход энергии в  $D$ -потоке, создаваемом системой  $Y$ ;  $V$  – емкость среды (экологическая емкость);  $t$  – время.

Следовательно, самостоятельно развивающаяся целостная система при постоянстве расходов вещества и энергии характеризуется двумя режимами развития: режимом переходного развития, когда система, накапливая в себе MEI, быстро увеличивается в размерах; и установившимся режимом, когда система по своим размерам достигает предела. Длительность установившегося или динамически равновесного режима для одной независимо развивающейся системы определяется длительностью сохранения условий поступления вещества и энергии. Если поступление MEI из среды меняется по времени  $t$ , то система по размерам (и продуктивности) с некоторым запаздыванием по  $t$  меняется в соответствии с MEI( $t$ ) на ее входе. При этом каждому изменению MEI соответствует переходный режим развития системы. Ясно, что в связи с этим меняются и выходные характеристики системы по вы-

деляемым ею MEI, а система в целом переходит в режим развития с насыщением.

**О ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ И ИНДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ**

Лауреат Нобелевской премии по химии Илья Пригожин [4] считает, что, соглашаясь с детерминированностью развития природных процессов, мы тем самым утверждаем, что в детерминистском мире природа поддается полному контролю со стороны человека. Конечно же, положение о принципиальной возможности контроля всех природных явлений нельзя считать верным, но не является верным и то, что процессы в ней непредсказуемы, так как она нестабильна, индетерминированна.

По утверждению Грегуара Николиса и Ильи Пригожина [5]: «Мы существуем в мире неустойчивых процессов». Этому мнению, пожалуй, правильнее противопоставить другое: мы живем в мире непрерывно происходящих взаимопереходов устойчивых

и неустойчивых процессов. Нельзя категорически утверждать, что преобладает неустойчивость, и только она определяет развитие материи. Случайно организуемое направление вращения конвективных токов в ячейках Бенара не является главным показателем. Не так уж важно, в какую сторону в каждом из последующих опытов в одной и той же конвективной ячейке начнет вращаться жидкость. Важно то, что всегда при заданном постоянстве потока вещества и энергии самоорганизуется один и тот же по форме и содержанию портрет процесса, и благодаря тому только, что он морфологически и по структуре является детерминированным.

Выводы Пригожина строятся на том, что рассматриваются устойчивые и неустойчивые состояния в отрыве от характеристик потоков вещества и энергии из среды и от всего



Законы взаимодействия и самоорганизации систем

ОСОБЕННОСТЬ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО МАЛЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ВОЗРАСТАЮТ В НЕЙ ДО МАКРОСКОПИЧЕСКОГО УРОВНЯ. НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРИВОДЯТ К БИФУРКАЦИЯМ – РЕЗКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ. В СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РЕАЛИЗУЕТСЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ, САМОУПОРЯДОЧЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ. СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ЯВЛЕНИЯ НАБЛЮДАЮТСЯ НА ВСЕВОЗМОЖНЫХ УРОВНЯХ СТРОЕНИЯ, НАЧИНАЯ СО ВСЕЛЕННОЙ И КОНЧАЯ ЧАСТИЦЕЙ ВИРУСА.

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР М.В. ВОЛЬКЕНШТЕЙН «СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА И БИОЛОГИЯ»

цикла развития систем. Маятник с упорядоченно подводимой к нему энергией превращается в систему измерения последовательности протекания процессов, а систему «человек – машина» позволительно рассматривать как самоорганизующуюся, со временем усложняющуюся структуру – хронометр с поддерживающимся человеком балансом подводимой и расходуемой энергии (вещества, информации). Чтобы маятник превратить в часы, необходимо подводить к нему энергию, вещество (заменяемые детали) и информацию (знания о путях структурного совершенствования изделия) в упорядоченном виде, не случайным образом.

Другой пример: ячейки Бенара формируются не только потому, что задан некоторый постоянный объем жидкости и поток энергии, но и в силу того, что свойства жидкости и ее объем в течение времени постоянны, а поток энергии является упорядоченным, строго заданным.

Данное положение справедливо для всех познанных человечеством целостных образований. Ни замечательные по своей структурной упорядоченности самоорганизующиеся в природных условиях каменные розетки, многоугольники и гирлянды, формирующиеся самопроизвольно и подобно ячейкам Бенара, ни барханные цепи и пирамидальные дюны, ни любые другие удивительно правильно построенные формы рельефа, биогеоценозы и цивилизация, наконец, вся Солнечная система, Сейфертовские галактики – не могли бы сформироваться, не будь задан упорядоченный поток энергии и вещества. А это означает, что целостность какого-либо ранга формиру-

ется благодаря существованию среды, образуемой системами более высокого ранга, вырабатывающими упорядоченные потоки вещества и энергии. Пример, приводимый Пригожиным с двумя газами, водородом и азотом, смешанными (беспорядок, хаос) и помещенными в сообщающиеся сосуды, один из которых подогревается, а другой охлаждается, в результате чего формируется порядок (газы разделяются, размещаясь в разных сосудах), рассмотрен не до конца. В нем не учтены упорядоченные действия человека, сделавшего сосуд, поместившего в него газы и подключившего к сосуду в строго заданном и контролируемом виде тепловую энергию. Утверждение Пригожина о том, что все мироздание является существенно беспорядочной средой, в которой выкристаллизовывается порядок, необходимо дополнять симметричным положением: все мироздание является упорядоченной средой, в которой формируется хаос.

Порядок в мироздании, как и в составляющих его частях, формируется в силу действия законов развития материи, всегда направляющих к целесообразному взаимодействию частей независимо от их размеров и свойств. Законы материи есть не что иное, как проявление наивысшей формы порядка, постоянно действующих правил и «требований» с объективной необходимостью их выполнения. Не выполнять их невозможно, поскольку нельзя отменить имманентно связанные с веществом действия гравитации, законов сохранения, электродинамики, трения и пр.

Как ни казалось бы странным на первый взгляд, тем не менее и беспорядок (хаос) тоже формируется в результате действия

законов, направляющих процесс к упорядочению, гармонии. Он формируется вследствие неаддитивного сложения потоков вещества и энергии, вырабатываемых целостными разнопорядковыми системами, так что в одних случаях происходит кумуляция энергии и вещества и появляются новые целостные образования, а в других – возникает диссонанс сил и попадающая на поле их действия система разрывается на части – формируется хаос, переходящий потом в новый порядок.

Так, комета Шумейкеров, в первый раз проходившая вблизи Юпитера, была разорвана на части, а в июле 1994 г. она упала на него. Здесь порядок перевел упорядоченное движение частей (порядок низшего ранга) в беспорядок, перешедший в порядок более высокого ранга.

Повышение «чувствительности» и появление «более совершенных форм организации» происходит не само по себе, самопроизвольно, а поскольку на хаос действует порядок более высокого ранга. Это действие и выступает в качестве условий, задающих процесс упорядочения. И если эти условия сохраняются, то, как показывают наблюдения за развитием природных процессов как косной, так и живой и социально-экономической природы, целостная система после разрушения восстанавливает свою инвариантную часть структуры функциональных отношений элементов.

Таким образом, в развивающейся теории синергетики упускаются из виду несколько важных обстоятельств. Во-первых, второе начало термодинамики характеризует лишь заключительную часть цикла развития систем – их деградацию; оно не относится к первой стадии их развития, к тому периоду, когда системы формировались, а их сложность, разнообразие, размеры и другие характеристики по внутреннему содержанию и по форме возрастали и качественно улучшались. В этот период самоорганизации систем процесс, вопреки второму началу, сопровождался уменьшением энтропии и, очевидно, мог продолжаться с насыщением до некоторого равновесного, установившегося состояния, пока не прекращался или существенно не замедлялся расход вещества, энергии и информации в потоке из среды.

Во-вторых, не учитывается, что формирование и развитие целостных самоорганизующихся структур возможно лишь в одном случае – когда потоки вещества, энергии и информации, поступающие из среды или от каких-либо отдельно взятых систем, являются упорядоченными. Потоки вещества, энергии и информации, действующие случайным образом, формируют лишь хаос – полную неопределенность развития. Можно утверждать, что все известные законы развития материи потому таковыми и являются, что они отображают устойчивые, при одних и тех же условиях одинаково проявляющиеся, детерминированные соотношения. Они характеризуют порядок, своего рода детерминированный аттрактор всеобщего действия, к которому закономерно направляется тот или иной процесс.

В-третьих, выводы о диссипации энергии и необратимости развития делаются на основе рассмотрения какой-либо одной системы, нередко технической, искусственной, причем в отрыве от ее создателя – человека, что, если строго подходить к принципам выделения самоорганизующихся систем, недопустимо. Все технические системы, включая и кибернетические, являются частями самоорганизующихся систем «человек – машина», которые организуют и порядок функционирования технических систем, и упорядоченность потоков энергии.

Следует также подчеркнуть, что всякая организованная целостность диссипирует в пространство не только хаотические, но и упорядоченные потоки вещества, энергии и информации, что объективно предполагает самоорганизацию на их основе других систем. Это же относится и к техногенным системам, если их рассматривать в неразрывной связи с человеком.

В-четвертых, самоорганизация систем возможна при наличии экологической емкости, некоторого свободного пространства, в пределы которого поступают упорядоченные потоки *MEI* и, главное, в границах которого действие каких-либо сил, не допускающих саморазвития инородных систем, исчезающе мала. Солнечная система не могла бы сформироваться, если бы такая емкость отсутствовала.

«Мы рассматриваем себя как высокоразвитую разновидность диссипативных струк-

тур и «объективно» обосновываем различия между прошлым и будущим», – пишет Илья Пригожин [6], но не учитывает, что на начальных стадиях формирования и развития любой самоорганизующейся структуры, в том числе и человека, над диссипацией преобладает интеграция и концентрация *MEI*. Собственно, за счет этого и происходит образование всего наблюдаемого генетического разнообразия систем в мироздании, конкретно на Земле или в ее частях. Следовательно, поток вещества и энергии в период формирования Солнечной системы не рассеивался, а концентрировался в бесконечном множестве разнообразных систем, функционирующих за счет друг друга и друг для друга. Таким образом, все целостные структурно упорядоченные самоорганизующиеся образования следует называть *диссипативно-интегративными* системами.

#### АТТРАКТОРЫ И АТТРАКТИВНЫЕ ЦЕЛИ

Известный российский философ Елена Князева и выдающийся советский и российский ученый Сергей Курдюмов [7] называют аттракторами «...те реальные структуры в открытых нелинейных средах, на которые выходят процессы эволюции в этих средах в результате затухания в них переходных процессов». Подчеркивая это, они вводят понятие «структура-аттрактор». При этом утверждается, что «...если система попадает в поле притяжения определенного аттрактора (то есть в поле притяжения некой реальной структуры), то она неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию. С определенного класса начальных возмущений системы (среды) имеют выход на эту структуру. Будущее состояние системы (среды) как бы притягивает, организует, формирует, изменяет наличное ее состояние. Будущее «временит» настоящее». Таким образом, они полагают, что структуры-аттракторы являются реальностями и переход к ним детерминирован, для этого достаточно системе попасть в поле его действия, *то есть аттрактор существует до того, как в его поле действия попадет система!*

Однако структура-аттрактор – это возможная, вероятная реальность, если говорить о системах, естественным об-

разом самоорганизующихся. Всякая самоорганизующаяся целостная система имеет свой собственный аттрактор – состояние, которое она вместе со средой формирует и которого она могла бы достичь, если бы все начальные условия внешней и внутренней среды были бы постоянными в течение всего времени движения системы к своей цели. В естественных же условиях на пути к аттрактору в системах происходят некоторые случайные или вполне определенные события, меняющие условия поступления вещества, энергии и информации, экологическую емкость и, следовательно, аттрактор – аттрактивную цель, направление движения. Если изменения в расходах *MEI* случаются часто, то аттрактивная цель блуждает и становится *странной* в том отношении, что она меняет свои координаты не только по времени, но и по пространству.

Аттрактивная цель – это цель, которая формируется в соответствии со структурой функциональных отношений системы в конкретных условиях среды, объективно предполагающих направленную, закономерную последовательность событий и состояний. Каждое последующее состояние системы есть не что иное, как промежуточный аттрактор. Надо особо подчеркнуть, что аттрактор формируется самой системой и средой, в которых она развивается. Можно утверждать, например, что каждый человек как система при рождении имеет свой индивидуальный аттрактор развития, определяемый его генетически приобретенными особенностями организма. В конкретных динамических условиях среды его индивидуальный аттрактор может характеризоваться как самопроизвольное стремление быть спортсменом, хлебопашцем, математиком или алкоголиком! Иными словами, индивидуальные особенности самоорганизующейся системы в совокупности с условиями среды предполагают формирование аттрактивной цели этой системы. Именно данные обстоятельства и лежат в основе управления хаос-порядками. Зная особенности самоорганизации конкретной системы, можно путем изменения условий (буквально – изменяя потоки вещества, энергии и информации) задать аттрактивную цель, ведущую к хаосу и образованию нового (по желанию) порядка.

Аттрактивная цель может рассматриваться как известное в кибернетике заданное состояние системы, предполагающее развитие системы с насыщением: по мере приближения к заданному состоянию (аттрактивной цели) интенсивность ее развития затухает, процессы в системе стабилизируются, система в целом входит в режим установившегося, устойчивого развития, или динамического равновесия. Однако история развития системы на этом не заканчивается.

### ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ

Развитие есть последовательная, необратимая и направленная смена событий, обусловливаемая причинно-следственными отношениями систем различного происхождения и ранга. Эта смена событий происходит в определенной среде, которая создается полем вещественно-силового воздействия систем более высоких иерархических уровней, динамика их предопределяется взаимодействием всеобщих законов развития материи.

Если соглашаться с воззрениями Пригожина, Князевой и Курдюмова, утверждающих, что развитие происходит через неустойчивость, бифуркации, случайность, то надо признать, что у Солнечной системы в целом, любого другого звездного образования, как у отдельно взятой планеты, нет истории, потому что их движение не сопровождается событиями, выводящими их из равномерного периодического движения, потому что их поведение детерминировано. В таком случае и лесной биогеоценоз теряет историю развития, если он входит в климаксное состояние (состояние динамического, подвижного равновесия), так как в этот период его структура и ее морфологическое выражение подобны самим себе. То же самое – социально-экономические системы потеряют историческое лицо, если все они станут богатыми или, видимо, одинаково бедными.

В данных умозаключениях, во-первых, совсем не учитывается характерное время и пространство развития целостных образований; во-вторых, из всего цикла развития системы рассматривается один только ее этап, стадия, а именно – переходный режим, часть цикла развития в собственном характерном времени, когда действительно

происходит кооперирование частей в целое и формируется инвариант структуры функциональных отношений системы, когда она растет, динамика ее изменений контрастна, очевидна, хорошо фиксируема.

Достигнув же динамического равновесия, системы меняются незначительно. Но это вовсе не означает, что прекращается развитие, движение. Оно существует, причем расходы вещества и энергии в этот период, при балансе на входе и выходе, достигают своего возможного оптимального максимума. Другое дело, что это состояние, являясь высокодинамичным, внешне выражается в стабильной форме, или в аффинных соотношениях параметров, характеризующих размеры, морфологию. Целостные системы в этом состоянии обладают наибольшей устойчивостью по отношению к внешним дезорганизующим воздействиям; они приобретают свойства гомеостатичности. И состояние этих систем является детерминированным, но потому только, что являются детерминированными условия, внешняя среда, организуемая системами более высокого порядка.

История этих систем продолжается, только она проявляется во внутренних событиях, внутренней среде, в малозаметных изменениях динамики, происходящих в соответствии с изменениями условий. Теперь состояние систем максимально приближается к своему аттрактору. Но совпасть с ним по координатам, в том числе по временным,

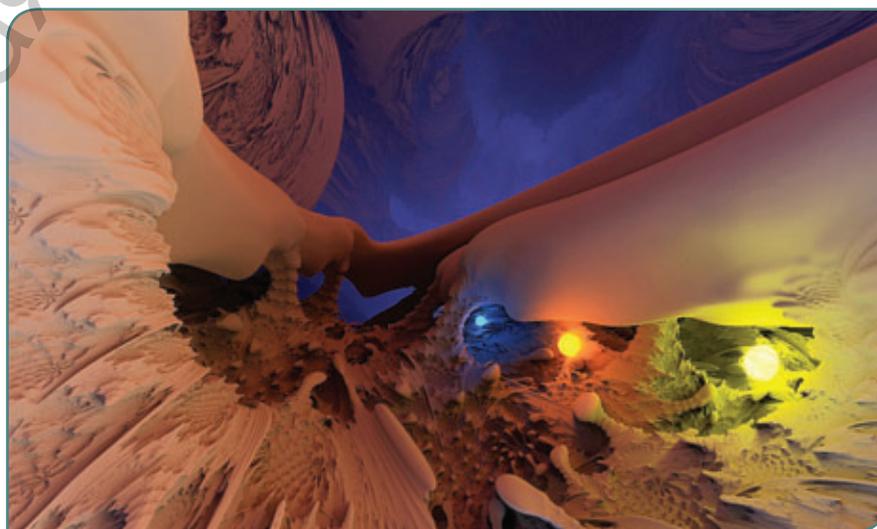
оно не может, так как аттрактор формируется и внешними условиями, внешней средой, и внутренней средой – потоками вещества, энергии и информации, создающими систему и дезорганизующими ее.

Пространственно-временное положение аттрактора может меняться медленно, если медленно меняются параметры среды, и скачками – в периоды катастроф.

### САМООРГАНИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР

Опираясь на изложенные выше положения и рассматривая механизмы формирования различных целостных систем, можно констатировать, что в развитии всех материальных (и даже абстрактных) самоорганизующихся сложных структур одновременно протекают два процесса: интеграция и аккумуляция вещества, энергии и информации и формирование потока диссипации *MEI* (формирование хаоса). При этом любая целостная система обладает имманентно присущим ей свойством целесообразности, состоящей в спонтанном и закономерном стремлении к достижению равновесия: динамически подвижного, в виде так называемого равновесного режима.

Спонтанное стремление к динамическому равновесию в процессе самоорганизации сложных структур, несомненно, относится к числу всеобщих законов развития. Оно проявляется в формировании и развитии Вселенной, планетных систем, Земли, экоси-



стем (биогеоценозов), цивилизации в целом и ее частей. Действие данной закономерности было показано нами на различных примерах: при формировании Солнечной системы и планеты Земля, формировании рельефа Земли [8]; оно появляется также в динамике биологических систем [9].

Этой закономерности подчиняется процесс создания искусственных (технических) систем. Можно без преувеличения сказать, что прогрессивное развитие цивилизации (технические изобретения, вплоть до современных кибернетических систем, атомных электростанций, ядерных зарядов, искусственных спутников и пр.) определяется границами этого объективно действующего закона. Человек, являясь продуктом природы, в своей интеллектуальной и практической деятельности также подчиняется генетически приобретенной всеобщей закономерности развития, и он закладывает ее, часто неосознанно, в основу функционирования изобретений, искусственных технических систем.

В обобщенной энергетической форме уравнение динамики регулируемых различных технических систем имеет вид [8]:  $Bdy/dt = E_1(y,t) - E_2(y,t)$ , где  $Bdy/dt$  – аккумулируемая в системе энергия;  $B$  – постоянная системы;  $y$  – регулируемый параметр;  $E_1$  и  $E_2$  – подводимая и отводимая энергия.

Сами по себе технические системы не относятся к числу самоорганизующихся. Тем не менее ввиду того что они – часть единственного в своем роде «симбиоза» интеллектуальной антропогенной и технической систем, их необходимо рассматривать как сложную антропогенно-техногенную самоорганизующуюся систему, которая обладает всеми признаками самоорганизации: спонтанное, генетически заложенное в человеке стремление к повышению качества порядка и уменьшению энтропии проявляется в организуемой техногенной социально-экономической системе. Данная закономерность действует и в развитии социально-экономических систем.

Динамика глобальной социально-экономической системы, по существу, представляет собой подобие сообщающихся между собой резервуаров (государств, предприятий и пр.), через которые протекают различные виды вещества, энергии и информации [10, 11]. Количество вещества

$M$  в каком-либо из резервуаров (аналогов конкретных социально-экономических систем) в каждый момент  $t$  определяется разностью расходов вещества:  $P_i(t)$  – поступающего из среды и из других резервуаров (социосистем) и  $q_i(t)$  – выделяемого в среду и в другие резервуары (социосистемы).

Таким образом, общее уравнение динамики различных показателей развития цивилизации имеет вид:  $dM/dt = P_i(M,t) - q_i(M,t)$ , где  $i = 1, 2 \dots n$ ;  $P_i$  – прирост основных фондов (капитала, любой другой продукции), пропорциональный численности населения;  $q_i$  – убыль капитала, вызываемая износом и старением. Аналогичным уравнением описываются и другие социально-экономические процессы.

#### ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ХАОСА ПОРЯДКА В ДИНАМИКЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Применительно к социально-экономическим и политическим процессам в качестве самоорганизующихся систем выступает и государство, и акционерное общество, и политическая партия и пр. Главное, что отличает социосистемы от всех других, – то, что в них самоорганизующим началом служит *идея*. *Идея* является *абстрактной самоорганизующейся системой*, и она играет определяющую роль в развитии социосистемы. *Идея* социально-экономического развития может представлять собой целостную упорядоченную структуру, а может разрушаться и, перейдя через состояние хаоса, само-развиться в новый порядок – структурно организованную целостность.

*Порядок* в социально-экономических системах представляет собой установившуюся, устойчивую структуру функциональных отношений между составляющими ее подсистемами и элементами. Как и в любых других природных системах, порядок и здесь формируется в результате упорядоченного воздействия со стороны более организованных и более устойчивых на данный момент времени социосистем. Под их воздействием (физическим, информационным и пр.) существующий порядок разрушается и замещается новым. Его формирование не может осуществляться, не проходя стадии развития хаоса. Новый порядок формируется на реликтах старого, но приобретает свои особенности.

Порядок в социально-экономических системах, формируясь в результате взаимодей-

ствия их с другими высокоупорядоченными социально-экономическими системами, определяется также упорядоченной последовательностью природных событий, происходящих с имманентно присущей природе целесообразностью. Таким образом, целесообразность событий и социосистемах так или иначе определяется целесообразностью организации *порядка* более высокого ранга.

При формировании порядка в социально-экономических системах развивается *устойчивая к внешним дезорганизующим воздействиям инвариантная часть структуры функциональных отношений составляющих ее частей*.

Новый порядок возникает в результате действия сил двух видов: обусловливаемых внешними воздействиями, связанными с особенностями и закономерностями развития природы (экологической емкости), и внутренними процессами, особенностями взаимоотношения частей самой системы. Примеры внешних воздействий – природные глобальные или крупные региональные катастрофы, значительные и быстрые изменения климата и пр., вызывающие не только миграции людей, но и изменения в мировоззрении.

#### Литература

1. Поздняков А.В. Самоорганизующиеся бинарные структуры // Биология, симметрия и синергетика в естественных науках: Материалы 5-й междунар. конф. Тюмень: ТюмГНГУ, 2007.
2. Поздняков А.В. Стратегия российских реформ. – Томск, 1998.
3. Поздняков А.В. Демократия, меритократия и ноократия в решении общегосударственных проблем // Мир и Россия: регионализм в условиях глобализации. Материалы 3-й Международной науч.-практ. конф. – М., 2010.
4. Пригожин И. Философия необратимости // Вопр. философии. №6, 1991.
5. Николис Г., Пригожин И. Познавание сложного. – М., 1990.
6. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. – М., 1985.
7. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировоззрение: диалог с И. Пригожиным // Вопр. философии. №12, 1992.
8. Поздняков А.В. Самоорганизация целостных систем как результат спонтанного стремления к равновесию // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15, №1.
9. Гильдерман Ю.И. Лекции по высшей математике для биологов. – Новосибирск, 1974.
10. Форрестер Дж.В. Мировая динамика. – М., 1978.
11. Егоров В.А., Каллистов Ю.Н., Митрофанов В.Б., Пионтовский А.А. Математические модели глобального развития. – Л., 1980.

# Особенности проявлений порядка и хаоса в экономике

Природа – сложная эволюционирующая система, для которой характерны неравновесные состояния. При этом эволюция мировой системы по существу – череда этих состояний, возникающих в результате процессов самоорганизации. Последняя предполагает борьбу между силами, направленными на установление порядка, и силами, устремленными к хаосу, который и побеждает в замкнутой системе. В открытой же системе шансы порядка и хаоса становятся как минимум равными, а иногда даже кажется, что порядок побеждает. Но, справедливости ради, следует сказать, что понятия и порядка, и хаоса строго определены лишь с позиций физики, вернее – термодинамики, а значит, пользоваться этими определениями при принятии решений можно ограниченно.

**Вячеслав Соловьев,**

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



Однако нынешняя система взаимодействия между человеком и природой уже не может рассматриваться как взаимоотношения между составляющими, влиянием которых друг на друга можно пренебречь. Утверждение В.И. Вернадского о тесном контакте между мыслящей и немыслящей частями природы не только признано научным фактом, но и оказывает все большее влияние на принципы социально-экономической организации общества.

Проблема достижения порядка в природе на основе самоорганизации базируется на утверждении, что совокупности «пассивных» ее элементов могут приобретать свойство целенаправлен-

ных действий в результате кооперационных эффектов, обеспечивающих концентрацию энергии в локальном пространстве.

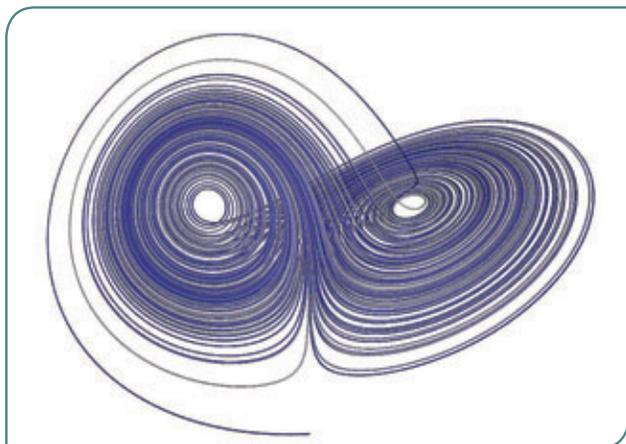
Мир все время меняется, и в этом изменении при желании можно увидеть определенную целенаправленность. И не только констатировать ее наличие, но и использовать данное явление при формировании организационной основы для принятия решений в интересах общества. Важным элементом должно быть стремление обеспечить совместную эволюцию природы и общества. Основная проблема при этом – понимание естественной целенаправленности социально-экономической эволюции человечества. Для этого, конечно, надо принять сколь-нибудь разумную гипотезу об уровне предопределенности основной цели общественного развития. В самом общем смысле здесь также можно отталкиваться от представлений о порядке и хаосе мироустройства.

Фактически дилемму порядка и хаоса можно считать отражением социально-психологических

дилемм – хотя бы таких, как добро и зло, знание и вера, рациональное и чувственное, которые на бытовом уровне часто отождествляются с понятиями «хорошо» и «плохо». Априори считается, что порядок – это хорошо, а хаос – это плохо. Но, как показывает общественная практика, данное утверждение справедливо (и то в определенной степени) только для весьма ограниченного локального пространства и сравнительно небольшого временного интервала. Следовательно, не все то, что «хорошо», действительно является таковым для всех. Аналогично и с представлением о том, что такое «плохо». Наверное, более конструктивно рассуждать только о тенденциях к хорошему или плохому.

Попробуем подойти с этих позиций к анализу механизмов, регулирующих инновационную деятельность.

В физике к объяснению причин рождения очагов упорядоченности в, казалось бы, хаотичном пространстве Вселенной пришли через представление об открытых системах. Поэтому, переходя к анализу порядка и хаоса в социальных системах, нельзя не вспомнить об идеях «открытого общества», которые появились и получили признание и распространение главным образом потому, что в середине XX в. привычные методы управления, основанные на представлениях о государстве как о полностью независимой и суверенной ячейке мирового сообщества, стали давать сбои. Это выразилось в глобальных военных конфликтах, обострении политической поляризации, углублении



социальных противоречий, нарастании экологического неблагополучия. В таких условиях идеи влиятельнейшего философа XX столетия Карла Поппера оказались как нельзя кстати и ощутимо повлияли на общую стратегию социально-политического управления. Это нашло отражение в появлении многочисленных межгосударственных организаций, формировании новых экономических отношений между странами, смягчении пограничных режимов и многом другом. Нарастание процессов глобализации позволило развить идейную основу концепции открытого общества.

Анализируя возможность упорядочения социальных отношений в нем, мы неизбежно приходим к тезису, что путь к открытости предполагает возможность замкнутости. Причем последняя вовсе не означает безоговорочно отрицательного качества той или иной общественной системы.

Когда необходимо принимать безотлагательное политическое решение в сложной или даже критической ситуации, рассчитать конструкцию новой машины, траекторию движения космического корабля, определить реальные запасы энергии и ресурсов, оценить финансовый риск конкретного инвестиционного проекта, удобнее и эффективнее пользоваться замкнутой моделью предметной области. Она предполагает возможность полного или достаточно полного

контроля всех внешних воздействий. Если решения в сходных ситуациях приходится принимать вновь и вновь, то замкнутая модель предметной области становится все более эффективной, поскольку начинает работать принцип аналогий (абдукции). Но со временем структура предметной обла-

сти принятия решений усложняется, ее границы контакта с остальным миром расширяются, изменяются целевые установки лиц, их принимающих. Вот тогда-то вспоминают об открытой модели предметной области. Она мало приемлема для принятия срочных решений и выполнения достоверных расчетов и используется скорее для того, чтобы выяснить ограничения применимости хорошо отработанных замкнутых моделей и модифицировать их с учетом новых условий и задач применения. Здесь практически неприменим принцип абдукции, а начинают работать принципы индукции и дедукции, требующие не только накопления информации, но и рождения новых знаний. Открытая модель также не вечна. Выполнив свою модифицирующую роль, она отправляется «на полку» до востребования. Итак, замкнутая – это модель «на каждый день» и «для всех», а открытая – это модель «переосмысления ситуации» и «для избранных». Именно вторая всегда помогает найти выход из, казалось бы, безвыходной ситуации и позволяет настроить замкнутую модель на новые параметры, критерии и установки. Причем это касается не только социумов и присущих им политических, экономических, демографических коллизий, но и естественнонаучной и технико-технологической сферы. Открытая модель – это создание условий для синергизма процессов и событий. Благодаря ей тот, кто принимает решения, обогащается новыми знаниями о воз-

можных траекториях развития событий, учась у природы.

Таким образом, проповедуя идеи и принципы открытого общества, следует все-таки определиться, насколько его идеи конструктивны в смысле использования в качестве «утилитарного» управленческого принципа в конкретной ситуации.

Но наличие принципиальной возможности «вкусить плодов» от идеи открытого общества – еще не реальная возможность насладиться этим процессом. Как свидетельствует мировой опыт, в переходный период любое государство вынуждено формировать свою социально-экономическую политику исходя из существующих традиций, фактически сложившейся структуры производства и состояния экономики. В то же время государство должно стремиться к созданию такой социально-экономической среды, которая содействовала бы благоприятным для развития рыночных отношений социально-экономическим преобразованиям. Однако само по себе совершенствование рыночных отношений – не самоцель, а лишь способ продвижения к конкурентоспособному типу экономики. Для государства, в конце концов, не важно, что превалирует в отношениях между субъектами производства: рынок или централизованное планирование. Главное – это достижение конкурентоспособности продукции на межгосударственном уровне.

Если попытаться применить приведенные рассуждения при формировании методологии перехода на инновационный путь развития экономики стран СНГ, то следует учитывать территориальную, отраслевую и структурную неоднородность научно-технологического потенциала этих государств, сложность и неоднозначность как экономического, так и политического их взаимодействия с зарубежными странами. В результате на различных временных промежутках приходится использовать разные модели инновационного развития.

К примеру, приемлема для начального периода экономического реформирова-

ния экономики Украины модель эффективного использования локальной концентрации инновационного потенциала. Она позволяет учесть, что инновационное развитие на Украине начинается не с нулевого уровня. Определенные территории и предприятия характеризуются концентрацией научного, образовательного, производственного, финансового потенциалов, объединенных единым процессом технологического развития. Государству остается внести определенное организующее начало. Как результат согласованного действия разнообразных инновационных факторов здесь возникает сеть прогрессивных экономических взаимосвязей с очень высокой степенью децентрализации и самоорганизации. В качестве субъектов здесь могут выступать научно-технологические парки, технополисы, территориальные и отраслевые научно-технические центры и т.п. Наиболее перспективны для развития этой модели территории с высокой концентрацией научно-исследовательских организаций и вузов и такие технологические направления, как создание новых материалов, сварочное производство, производство средств электронной техники, биотехнологии и т.д.

Кроме этого, имеет смысл обратить внимание на модель региональных приоритетов инновационного развития. Это позволяет с самого начала включить местные власти и ресурсы в процесс экономических преобразований. На данном уровне имеются, однако, свои особенности, касающиеся прежде всего процедуры разработки, утверждения и выполнения региональных инновационных программ. Этапу их разработки должно предшествовать определение региональных приоритетов, которые не должны противоречить государственным. Этапу утверждения должна предшествовать конкретизация ожидаемых результатов, описание проектов, ориентированных на конкретных исполнителей. При этом необходимо использовать современные методы экспертизы предложений, а если предполагается, что

исполнители проектов будут получать льготы и бюджетную поддержку, желательно провести лицензирование видов инновационной деятельности. Для того чтобы обеспечить этап выполнения региональных инновационных программ, следует иметь четкое представление об источниках финансирования проектов, осознавать, что определенная нагрузка должна лечь и на региональный бюджет. Очевидно, необходимы специальный орган управления, контролирующий выполнение программ, и система мониторинга.

Следующим шагом к экономической открытости общества в контексте инновационного развития может стать реализация модели централизованного управления инвестиционной деятельностью в инновационной сфере. Она становится актуальной, если планируется выход отечественной продукции на мировой рынок. При этом инновационные структуры обязательно проходят период активного развития и завоевания внутреннего рынка. Акцент делается на использовании передовых технологий, позволяющих выпускать более дешевые и качественные по сравнению с зарубежными аналогами товары. Основная цель правительства состоит в содействии наращиванию научно-технического потенциала до стандартов международной рыночной экономики.

Следующий шаг, завершающий путь к экономической открытости, – модель международного сотрудничества в инновационной сфере. Для стран Содружества ее целесообразно реализовывать в два этапа. Вначале естественно стремление к формированию единого инновационного пространства СНГ. В основу должно быть положено научно-техническое сотрудничество между предприятиями и организациями стран СНГ на основе общих программ, коммерческих заказов на научно-техническую продукцию, взаимовыгодного обмена научно-технической информацией и т.п. Учитывая исторически сложившиеся тесные научно-технические и экономические связи

между бывшими республиками СССР, выгодно восстановить большинство из них на новой основе. К реализации второго этапа, который ориентирован на активное участие страны в международном научно-техническом сообществе и широкий обмен научными результатами и новыми технологиями, имеет смысл переходить лишь со временем. Данная модель предусматривает радикальное повышение качества отечественного научного потенциала и стремление к взаимовыгодному сотрудничеству с государствами различной политической ориентации и разным уровнем экономического развития. Наличие в странах с переходной экономикой определенной базы международного сотрудничества в рамках СНГ позволит им увереннее чувствовать себя в широкой международной кооперации.

Очевидно, что экономическая открытость повлечет за собой и открытость социальную. Карл Поппер считал, что социальное или социально-политическое сопровождение перехода к открытому обществу должно включать в себя укрепление свободы и вытекающей из нее ответственности, мир во всем мире, борьбу с бедностью и демографическим взрывом, обучение ненасилию. Выполнение данных условий гарантирует социальную стабильность, которая представляет собой устойчивое состояние социальной системы, позволяющее ей эффективно функционировать и развиваться в условиях внешних и внутренних воздействий, сохраняя свою структуру и основные качественные параметры.

В первой половине XX в. стабильность рассматривалась как процесс установления соответствия между модернизацией социальных функций и изменением структуры общества, включая его институты. Это позволило соединить статические и динамические методы исследования социальных систем. Экономике в этот период представляли как открытую систему, которая, стремясь к равновесию,

**ДЛЯ ГОСУДАРСТВА НЕ ВАЖНО, ЧТО ПРЕВАЛИРУЕТ В ОТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ СУБЪЕКТАМИ ПРОИЗВОДСТВА: РЫНОК ИЛИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ. ГЛАВНОЕ – ЭТО ДОСТИЖЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ УРОВНЕ**

принципиально не может его достичь. Это позволило рассматривать в качестве источников существования и развития социальных систем не только внутренние ресурсы, но и потоки вещества, информации и энергии, которые поступают из внешнего мира. Внутренние ресурсы позиционируются здесь как средство обеспечения взаимного обмена входов и выходов как между элементами системы (подсистемами), так и между ее окружением. При этом стабильность фактически рассматривается как процесс. Для этого периода характерно заимствование некоторых идей, которые раскрывают процесс стабилизации, у классической механики (Толкотт Парсонс). К числу таких заимствований относятся, в частности, принцип инерции (процесс действия будет продолжаться до тех пор, пока противоположно направленные мотивирующие силы не задержат или не отклонят его); принцип внутренней реакции (если в системе имеет место изменение направления действия, она стремится воспрепятствовать этому с помощью внутренних изменений, которые сравнимы по мотивационной силе, но противоположны по направлению); принцип реакции на внешние усилия (любое изменение скорости процесса действия прямо пропорционально величине мотивационного усилия). Данные три «закона стабильности» очень напоминают три закона ньютоновской механики.

В такой интерпретации условия достижения социальной стабильности сводятся к обеспечению устойчивости институционального комплекса,

который должен характеризоваться стабильностью нормативных стандартов, симметрией между склонностью к действию и определенными социальными ожиданиями, одинаковым и неискаженным определением всеми субъектами социальных отношений «ситуации».

В середине XX в., особенно во второй его половине, идея социального равновесия стала рассматриваться как несовершенная и даже ошибочная. Рассматривая как основную движущую силу социальной стабильности не нормы и ценности, а интересы, не порядок, а отсутствие согласованности и конфликты, социологи пришли к выводу о позитивной и творческой, а не разрушающей функции конфликта в обществе. Насилие, разногласия, отклонения могут быть при определенных условиях основой интеграции системы, инструментом формирования, стандартизации и поддержки социальной структуры. К этому периоду относится появление термина «креативное разрушение», которым Йозеф Шумпетер определил процессы трансформации, сопровождающие радикальные инновации. Оказывается, что жизнь, используя инновации, борется с конфликтами ради обеспечения стабильности и одновременно эти конфликты постоянно воспроизводит. Особенно выразительно это направление проблем социальной стабильности рассматривается в синергетике. Устойчивость и равновесие вообще оцениваются здесь как возможный тупик эволюции (И. Пригожин). В то

же время неустойчивость может выступать условием стабильного и динамического развития (Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов).

Нововведения, направленные в большинстве своем на решение конкретных технологических, а иногда и социальных проблем, с неизбежностью выступают источником нестабильности в ближайшем ареале их использования. Это связано с тем, что реализация главной целевой функции инноваций – повышения производительности труда – непосредственно ведет к сокращению рабочих мест, а значит, к повышению социальной напряженности. Кроме того, важно заметить, что инновационная продукция часто ведет себя на отраслевых рынках непредсказуемо, может существенно менять отношения между производителями и потребителями на смежных рынках, а не на том рынке, где действует «источник» этой продукции. Некоторые инновации могут способствовать появлению абсолютно новых отраслевых рынков. Однако все перечисленные проблемы, которые на первый взгляд ухудшают условия стабильного социального развития, носят сугубо локальный характер. Что же касается проблем взаимодействия с окружающим миром, то, повышая информационное разнообразие производственных и организационных систем конкретных территорий, инновации способствуют более эффективному взаимодействию этих территорий с внешним миром.

Ориентация большинства стран на инновационное развитие привела к тому, что философами, социологами и экономистами изменчивость технологических и организационных систем рассматривается как важный фактор экономического роста. Казалось бы, инновации должны стать сердцевинной государственной политикой большинства развитых стран в плане обеспечения социальной стабильности. Однако властные структуры, которые фактически отвечают за социальную стабильность, продолжают рассматривать ее как статический

процесс и не спешат сбалансировать социальные и технологические изменения в пространстве и во времени. В результате одним из нарастающих противоречий между антимонопольной политикой, которая концентрирует отношение власти к рынку, и современной экономической теорией, которая определяет практику формирования приоритетов взаимодействия хозяйствующих субъектов на отраслевых рынках, является неоднозначность трактовки влияния инновационных факторов на конкурентные отношения между субъектами хозяйствования, которые и определяют, по общему мнению, эффективность экономического развития. При этом базой формализации алгоритмов антимонопольного регулирования до сих пор является модель так называемой совершенной конкуренции, которую разработали в 1920-х гг., когда рынок стал рассматриваться как институциональная основа внутреннего хаоса.

На самом деле, как показывает практика, страны с развитой рыночной экономикой имеют разные системы рыночных институтов, функционирование которых мало соответствует принципу совершенной конкуренции. При этом каждая из таких систем складывалась под влиянием культуры и истории той или иной страны, поэтому при институциональном заимствовании появляется опасность возникновения конфликтов между укоренившимися и внедряемыми нормами.

Не исключено, что организационной инновацией, которая в состоянии

решить эту проблему, могли бы стать так называемые кластеры, которые, кстати, позволяют экономике развиваться за рамками конкуренции по факторным издержкам. Следует отметить, что кластеры являются эффективным средством обеспечения социальной стабильности на региональном уровне. В понимании профессора Гарвардской бизнес-школы Майкла Портера, это «группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга». Важно, что они возникают стихийно, самостоятельно «подстраиваются» как под вызовы, приходящие извне, так и под реально действующие национальные институциональные системы управления. Исходя из этого, кластеры по своей природе не требуют для своего создания усилий со стороны властных структур. В то же время государство заинтересовано в появлении кластеров как корпоративных хозяйствующих структур, содействующих повышению конкурентоспособности экономики. Поэтому понятно стремление правительств высокоразвитых стран содействовать их появлению и развитию.

Принимая во внимание, что инновация в большинстве случаев действует локально, то есть вносит изменения в производственный процесс конкретного предприятия или, в лучшем случае, конкретной отрасли, технологическая

сопряженность производств отдельных «разнородных» предприятий, входящих в кластер, с большой вероятностью будет нарушена, и такая структура, скорее всего, прекратит свое существование. Отсюда напрашивается вывод о том, что в условиях инвестиционно-инновационной модели экономического роста, во-первых, важно выявлять кластеры, в которые входят предприятия, использующие наиболее передовые технологические уклады, а, во-вторых, активизация инновационной деятельности на определенной территории, несомненно, будет содействовать разрушению низкоукладных и возникновению высокоукладных кластеров. И первое, и второе, конечно же, будет содействовать социальной стабильности на территории региона или государства.

Завершая краткий анализ взаимоотношений упорядоченного и хаотичного в любой социально-экономической системе, еще раз обратим внимание на то, социальная стабильность в современном мире неразрывно связана с инновационной деятельностью, которая по своей природе обеспечивает самоорганизацию любого экономического агента. В связи с этим система управления экономическим развитием должна в первую очередь акцентировать внимание именно на те институциональные и структурные особенности экономических систем, которые позволяют выстраивать отношения между государством и первичными экономическими агентами не на основе реализации запланированных заранее взаимных обязательств, а, скорее, на основе самоорганизации субъектов хозяйственной деятельности. И поэтому, формируя экономическую политику, государство не должно игнорировать указанную способность к самоорганизации, а всячески стимулировать проявление такой способности или, по крайней мере, не препятствовать ей. Несоблюдение такого подхода с неизбежностью ведет к тому, что прогресс в экономике государства будет упущен и социальная стабильность в современном ее понимании нарушена.

**КЛАСТЕРЫ ПО СВОЕЙ ПРИРОДЕ НЕ ТРЕБУЮТ ДЛЯ СВОЕГО СОЗДАНИЯ УСИЛИЙ СО СТОРОНЫ ВЛАСТНЫХ СТРУКТУР. В ТО ЖЕ ВРЕМЯ ГОСУДАРСТВО ЗАИНТЕРЕСОВАНО В ПОЯВЛЕНИИ КЛАСТЕРОВ КАК КОРПОРАТИВНЫХ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СТРУКТУР, СОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ**

# Эконометрическое прогнозирование национальной экономики

Теоретические и прикладные исследования, связанные с разработкой и применением методов и программного обеспечения статистического анализа данных, эконометрического моделирования и прогнозирования, ведутся в Научно-исследовательском институте прикладных проблем математики и информатики (НИИ ППМИ) с участием кафедры математического моделирования и анализа данных факультета прикладной математики и информатики.

**Владимир Малюгин,**  
доцент кафедры математического моделирования и анализа данных БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент



**Юрий Харин,**  
директор НИИ прикладных проблем математики и информатики БГУ, член-корреспондент



ное статистическое прогнозирование») и СЭМП («Система эконометрического моделирования и прогнозирования»), внедренные в ряде белорусских и зарубежных организаций.

Исследования, связанные с разработкой и применением моделей, методов и программного обеспечения эконометрического прогнозирования процессов в белорусской экономике, ведутся в трех основных направлениях: моделирование и прогнозирование национальной экономики; прогнозирование и оценка вариантов денежно-кредитной политики; анализ и прогнозирование рисков в банковской деятельности.

## ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Исследования в рамках эконометрического моделирования национальной экономики начались в 1997 г. разработкой в интересах Министерства экономики Республики Беларусь математического и программного обеспечения эконометрического моделирования и прогнозирования динамики важнейших макроэкономических показателей белорусской экономики. Главным итогом проведенных исследований явилось создание первого отечественного эконометрического

пакета СЭМП, в котором реализованы как традиционные, так и робастные методы эконометрического анализа и прогнозирования. Пакет внедрен в Национальном банке, а также в ряде белорусских университетов. Дальнейшее развитие это направление получило в рамках международных проектов.

В 2001–2003 гг. совместно с Центральным экономико-математическим институтом (ЦЭМИ) РАН была создана система эконометрических моделей, предназначенная для анализа и прогнозирования инфляции, обменного курса белорусского рубля, процентных ставок и других социально-экономических индикаторов.

В рамках международного проекта INTAS в 2003–2007 гг. совместно с университетами Великобритании, Франции, России и Украины разработаны эконометрические модели национальных экономик Беларуси, России и Украины на основе методологии LAM, а также межстрановая модель LAM ICM. Модели серии LAM-3 относятся к малым квартальным эконометрическим моделям (содержат 25 уравнений и тождеств), реализующим «механизм коррекции ошибок» и предназначенным для анализа и краткосрочного (до одного года) прогнозирования важнейших макроэкономических показателей. Для каждой из трех стран создан вариант со своими значениями параметров, включающий 4 долгосрочные и 21 краткосрочную зависимости, в том числе 9 тождеств и 12 стохастических уравнений. Идентификация модели, то есть вычисление оценок ее параметров, осуществляется с помощью процедуры стохастической оптимизации RSG.

Научным коллективом за более чем 20 лет накоплен значительный опыт по созданию и применению методов и программного обеспечения для решения задач статистического анализа, моделирования и прогнозирования в различных прикладных областях. Разработан ряд пакетов прикладных программ, среди которых ППП СТАН («Статистический анализ данных»), РОСТАН («Робастный статистический анализ данных»), СТАТПРО («Статистическое прогнозирование»), РОСТАТПРО («Робаст-

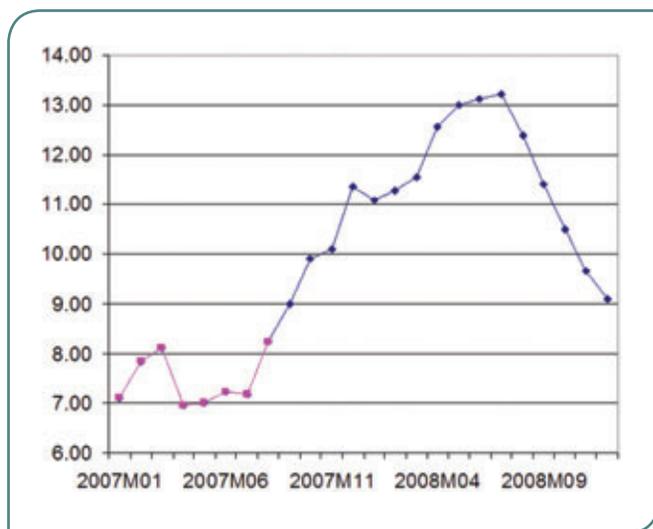


Рис. 1. Прогнозная динамика ИПЦ\*

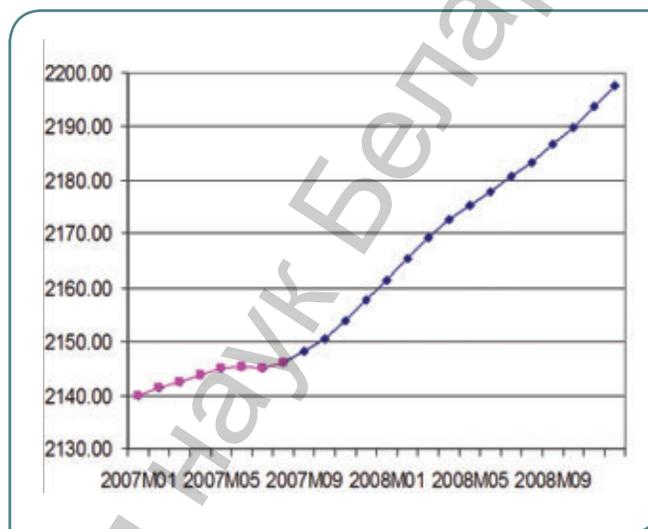


Рис. 2. Прогнозная динамика BYR/USD\*

\* Прогнозные значения ИПЦ и обменного курса белорусского рубля по отношению к доллару на конец прогнозного периода (декабрь, 2008 г.) близки с фактическим значениям

Межстрановая модель LAM ICM объединяет модели LAM для экономик Беларуси, России, Украины и предназначена для решения ряда основных задач. Первая из них – совместное прогнозирование важнейших макроэкономических показателей национальных экономик: валовой внутренней продукт, показатели инвестиций, доходов и потребления, индекс потребительских цен, заработную плату, занятость в государственном и частном секторах экономики, безработицу, спрос на деньги, промышленное производство, импорт, экспорт и др. Вторая – проведение имитационных экспериментов для исследования влияния на макроэкономические показатели трех стран импульсных шоковых воздействий, идущих со стороны одной из них. Модель включает 90 уравнений, в том числе 3 блока по 25 уравнений для национальных экономик Беларуси, России и Украины и 15 уравнений связи. Общее число параметров равно 336. Они оцениваются автономно до объединения моделей в межстрановую. Для агрегирования моделей национальных экономик в единую систему используются уравнения связи с добавлением новых эндогенных переменных. Связь между моделями экономик отдельных стран осуществляется через уравнения международной торговли.

Для построения и использования модели LAM ICM разработано специальное

программное обеспечение GIRAF ICM. Основные его возможности обусловлены традиционной для построения данной серии LAM технологией, а также целями использования межстрановой модели и обеспечивают решение следующих основных задач: автономная идентификация моделей национальных экономик Беларуси, России и Украины с помощью процедуры стохастической оптимизации *RSG*; тестирование устойчивости модели на основе анализа откликов на импульсные шоковые воздействия с помощью процедуры *IRA*; совместное прогнозирование эндогенных переменных для моделей трех стран на основе стохастических краткосрочных зависимостей; проведение заданных имитационных экспериментов с межстрановой моделью для оценки влияния шоковых воздействий на экономики трех государств.

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ

Проведение эффективной денежно-кредитной политики (ДКП) обуславливает необходимость разработки и оценки альтернативных ее вариантов. Для этого в центральных банках традиционно применяется разнообразный модельный инструментарий в виде эконометрических и аналитических моделей. Установленные

с их помощью зависимости между показателями денежно-кредитного сектора и других секторов экономики используются для прогнозирования целевых ориентиров ДКП, а также для оценки влияния на них воздействий как со стороны самой денежно-кредитной системы, так и со стороны других секторов экономики через определяемые экзогенно макроэкономические показатели. Разработка подобного инструментария в виде систем эконометрических моделей в интересах Национального банка Беларуси ведется совместно с его заинтересованными аналитическими подразделениями в НИИ ППМИ БГУ. Разработано и внедрено две системы эконометрических моделей, предназначенных для прогнозирования целевых индикаторов и оценки вариантов ДКП (СЭМ-ДКП): система СЭМ-ДКП-1 (2004 г.) и система СЭМ-ДКП-2 (2007 г.).

В основе структуры обеих систем СЭМ-ДКП лежит предположение о наличии трех этапов формирования денежно-кредитной политики: установка стратегических и промежуточных целей; выбор инструментов регулирования. Исходя из этого, структура системы СЭМ-ДКП-2 предусматривает четыре блока уравнений, реализующих четыре модели конечного и промежуточных целевых показателей: *индекса потребительских цен* (конечный показатель ИПЦ),

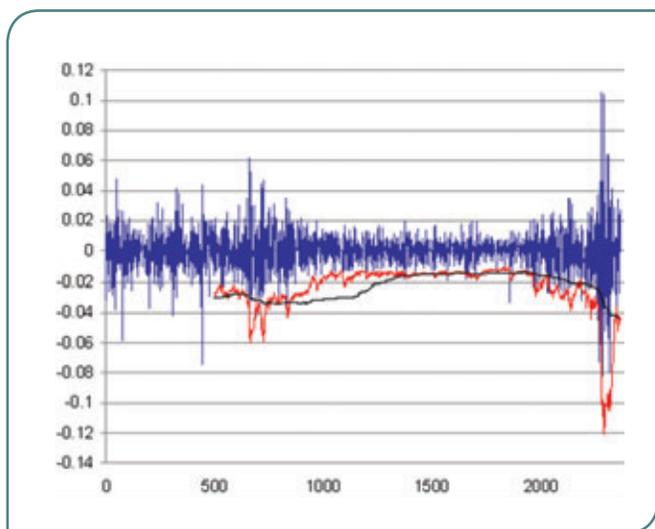


Рис. 3. Прогнозирование меры риска VaR

обменного курса белорусского рубля к доллару США, денежного предложения и процентных ставок (промежуточные показатели).

Эконометрические представления уравнений из указанных блоков имеют форму моделей коррекции ошибок. Начальная версия системы оценена по месячным временным рядам за период с декабря 1995 г. (базовый период) по сентябрь 2007 г. и внедрена в эксплуатацию в Нацбанке в 2007 г.

Система СЭМ-ДКП-2 позволяет проводить сценарное прогнозирование и оценку вариантов ДКП. Исходные базовые предпосылки для этого – макроэкономические условия и инструменты, предусмотренные документами системы государственного планирования и прогнозирования. При этом предусмотрен учет фактически складывающихся тенденций в экономике и денежно-кредитной сфере республики, а также внешние условия – экономическая ситуация в Российской Федерации, на мировых финансовых и товарных рынках. На рис. 1 и 2 продемонстрирована прогнозная динамика изменения основных целевых показателей для одного из сценариев ДКП в предполагаемых условиях функционирования белорусской экономики с октября 2007 г. по декабрь 2008 г. с учетом планов прогнозов экономического развития на

2008 г. Для периода с января по сентябрь 2007 г. указаны фактические показатели, а для периода с октября 2007 г. по декабрь 2008 г. – их прогнозные значения. Значения переменных за сентябрь 2007 г. используются как заданные начальные значения в уравнениях с лаговыми переменными.

#### АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ В БАНКОВСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

К числу наиболее актуальных задач управления банковскими рисками, для решения которых активно применяются методы эконометрического

прогнозирования, можно отнести анализ и прогнозирование устойчивости коммерческих банков и разработку систем раннего предупреждения банковских кризисов; оценку и прогнозирование валютного и кредитного риска, а также оценку кредитоспособности заемщиков коммерческих банков (кредитный скоринг).

Одной из ключевых особенностей современного финансового рынка является существенная неоднородность волатильности, то есть дисперсии доходности финансовых активов в силу значительных и непредсказуемых колебаний их курсов: периоды относительно низкой волатильности чередуются с периодами высокой волатильности. Для описания такого типа неоднородности финансового рынка широко используются эконометрическая модель условной гетероскедастичности ARCH, предложенная Робертом Энглом, и многочисленные ее модификации. Различные модели волатильности применяются в рамках подхода *Value at Risk (VaR)* при оценке банками размера резервного капитала для покрытия риска активных операций. Задача оценки и прогнозирования меры риска *VaR* – достаточно сложная эконометрическая проблема, требующая не только выбора адекватных реальным данным эконометрических моделей, но также их корректного построения и при-

менения. Нарушение указанных условий и использование моделей, не учитывающих адекватным образом динамику волатильности, может приводить к неэффективным решениям и, как следствие, существенным потерям. Для иллюстрации этого на рис. 3 приводятся результаты прогнозирования *VaR* для временного ряда доходностей по индексу Доу-Джонса (голубая линия) с помощью алгоритма, не учитывающего и учитывающего условную гетероскедастичность финансового рынка с помощью модели GARCH (им соответствуют черная и красная линии).

Основные результаты исследований по указанным направлениям представлены в работах [1–12].

#### Литература

1. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Харин А.Ю. Эконометрическое моделирование. – Мн., 2003.
2. Малюгин В.И. Рынок ценных бумаг: количественные методы анализа / В.И. Малюгин. – М., 2003.
3. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Абрамович М.С. Математические и компьютерные основы статистического анализа данных и моделирования. – Мн., 2008.
4. Харин Ю.С. Оптимальность и робастность в статистическом прогнозировании. – Мн., 2008.
5. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Пранович М.В., Мулин Д.Л. Система эконометрических моделей для прогнозирования и оценки вариантов денежно-кредитной политики // Белорусский экономический журнал. №3, 2003.
6. Харемза В.В., Харин Ю.С., Макарова С.Б., Малюгин В.И. и др. О моделировании экономики России и Беларуси на основе эконометрической модели LAM-3 // Прикладная эконометрика. №2, 2006.
7. Харемза В.В., Харин Ю.С., Макарова С.Б., Малюгин В.И. и др. Моделирование и прогнозирование макроэкономических показателей экономики Беларуси, России и Украины на основе межстрановой модели LAM ICM // Экономический бюллетень НИЭИ Минэкономики Республики Беларусь. №4, 2007.
8. Малюгин В.И., Демиденко М.В., Миксюк А.Ю., Калечич Д.Л., Цукарев Т.В. Разработка и применение эконометрических моделей для прогнозирования и оценки вариантов денежно-кредитной политики // Прикладная эконометрика. №2 (14), 2009.
9. Малюгин В.И., Пытляк Е.В. Оценка устойчивости коммерческих банков на основе эконометрических моделей с дискретными зависимыми переменными // Банковский вестник. №4 (369), 2007.
10. Egorov A.A., Malugin V.I. Analysis of the banking crises by the panel logit model with the application to Belarusian banking system // Proc. of the 8<sup>th</sup> Intern. Conf. «Computer Data Analysis and Modeling». Vol. 2. – Мн., 2007.
11. Малюгин В.И., Гринь Н.В. Об эффективности статистических алгоритмов кредитного скоринга // Банковский вестник. №4, 2010.
12. Малюгин В.И., Петрушко А.А. Прогнозирование VaR в условиях неоднородной волатильности рынка // Банковский вестник. №3, 2011.

# От модели – к вычислительному эксперименту

За последние полвека компьютерное моделирование превратилось в самостоятельную область научно-практической деятельности, пройдя путь от отдельных расчетов в области космической навигации, физики ядерных реакторов или взрывов до применения во всех областях естествознания, социологических и гуманитарных наук.

**Павел Мандрик,**  
декан факультета  
прикладной  
математики и  
информатики БГУ,  
кандидат физико-  
математических наук,  
доцент



**Александр Тетерев,**  
доцент кафедры  
вычислительной  
математики БГУ,  
кандидат физико-  
математических наук,  
доцент



До возникновения компьютерного моделирования научные исследования делились, как правило, на теоретические и экспериментальные. Его место и роль в системе научного познания можно пояснить на примере классической «задачи трех тел» о движении трех масс, притягивающих друг друга в соответствии с законом Ньютона. Не имеющая аналитического решения, эта задача с успехом моделируется на компьютере, причем не

только для трех, но и для любого большего разумного числа тел. Такое решение ничем не хуже квадратур, поскольку может быть получено с любой заданной точностью и наглядно представлено с помощью компьютерной графики.

Особый вид компьютерного моделирования – вычислительный эксперимент, идеология и перспективы развития которого сформулированы академиком АН СССР А.А. Самарским и впоследствии получили дальнейшее развитие [1–3]. Можно отметить основные черты вычислительного эксперимента. Во-первых, это сложный процесс, в котором участвуют специалисты различного профиля [2]. Во-вторых, он носит итерационный характер, заключающийся в многократном возврате к этапам разработки предметной, математической, вычислительной и программной моделей до достижения адекватности модельного объекта исследуемому.

Несомненно, наибольшего развития вычислительный эксперимент получил в физике. Хотя до сих пор, несмотря на достигнутые успехи в этой области, известное утверждение о том, что компьютерная/вычислительная физика, как всякая молодая наука,

подает больше надежд, чем приносит пользы, недалеко от истины. Однако более чем двадцатипятилетний опыт сотрудничества научных коллективов лаборатории теоретической физики НИИ прикладных физических проблем и кафедры вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики БГУ позволяет сохранять и развивать прогрессивные наукоемкие технологии познания сложных физических явлений. Тематика сотрудничества коллективов была заложена в лаборатории академиком АН БССР М.А. Ельшвиным, а на кафедре определена ее первым заведующим – академиком АН БССР В.И. Крыловым. Основой для этого послужило моделирование задач радиационной газовой динамики, выполняемое в интересах военно-промышленного комплекса страны. В плане конверсии состоялся переход к моделированию задач о естественных и техногенных катастрофах, астероидной и кометной опасности, извержении вулканов и рождении цунами, динамики свободных и инкапсулированных пузырьков в ультразвуковом поле. Результаты компьютерного моделирования, полученные за последние 15 лет на кафедре вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики БГУ использованы при решении ряда прикладных задач (примеры некоторых из них см. на рис.). Это и столкновение планетезималей на ранней стадии эволюции Солнечной системы, и последствия падений

космических объектов различной природы на Землю, и сложные течения газа и плазмы, возникающие в лабораторных экспериментах и при испытаниях на полигонах.

### МОДЕЛИ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Термины «модель», «математическое моделирование» и «вычислительный эксперимент» интуитивно понятны каждому исследователю, даже не имеющему отношения к процессу моделирования. Но смысл и совокупность действий, соответствующих этим терминам, исследователями в различных научных областях понимаются по-разному [4]. Так, например, проведенные французским астрономом Леверье расчеты, на основании которых была открыта планета Нептун, в одних энциклопедических изданиях относят к математическим моделям, а в других – к вычислительному эксперименту.

Поясним, какой смысл мы вкладываем в термин «модель» на разных этапах вычислительного эксперимента. На первой стадии, как правило, формулируется предметная модель изучаемого явления, процесса или конкретного эксперимента. Имеется в виду словесное предметное (то есть физическое, химическое, биологическое и т.п.) подробное описание иссле-

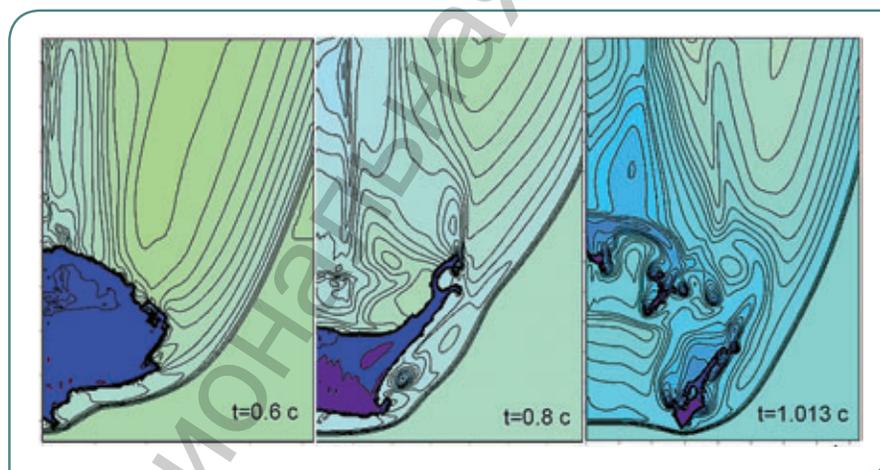
дуемого объекта со всеми принимаемыми ограничениями, предположениями и упрощениями. На втором этапе разрабатывается математическая модель, представляющая собой соответствующее описание предметной модели. Это, как правило, система или системы алгебраических, дифференциальных, интегральных, дифференциально-алгебраических уравнений. Третий этап – разработка вычислительной модели, представляющей собой совокупность вычислительных методов и алгоритмов, предназначенных для решения математической модели на компьютере. И, наконец, на четвертом этапе создается компьютерно-программная модель, представляющая собой реализацию вычислительной модели, построенная по модульному принципу, что позволяет облегчить тестирование и проведение модернизации программного обеспечения. О некоторых аспектах выбора вычислительных моделей на примере вычислительного эксперимента физических задач, в которых авторы принимали непосредственное участие, – подробнее.

Наиболее полно при компьютерном моделировании используются методы частиц, сеток, Монте-Карло или статистического моделирования. Рассмотрим здесь для примера вычислительные методы, основанные на

моделях частиц [5], так как, в известной мере, любая среда представляет собой совокупность взаимодействующих между собой частиц вещества. Это могут быть, например, непосредственно атомы, ионы, электроны и другие элементарные частицы, из которых состоит вещество, или отдельные звезды в галактике, или отдельные галактики во Вселенной.

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ «ЧАСТИЦА-ЧАСТИЦА»

Очевидной является модель взаимнооднозначного соответствия между физическими частицами и их вычислительными образами, а силы взаимодействия каждой такой частицы с любой другой из рассматриваемой совокупности описываются известными законами, например законом Кулона или законом всемирного тяготения. Это так называемый метод «частица-частица», или PP-модель, или PP-метод. Понятно, что для моделирования такой системы истинных частиц достаточно введения обычной системы координат, а в расчетной сетке нет необходимости. Подобные модели основаны на первопринципах, то есть на законах природы. Они обладают высокой точностью результатов, но применение их к реальным задачам чрезвычайно ограничено, поскольку затраты машинного времени растут как квадрат числа рассматриваемых частиц. Введение понятия макрочастицы как совокупности одинаковых и близких по параметрам истинных частиц несколько расширяет круг задач, в частности, можно рассчитать спиральную структуру галактики, если под микрочастицей понимать объединение миллионов реальных звезд. Характеристики PP-модели могут улучшиться и если силы взаимодействия будут не далекодействующими, а короткодействующими, поскольку количество операций (а значит, и время расчета в этом случае) будет пропорционально числу всех частиц, умноженному на число соседних. Это значительно повышает быстроедействие PP-модели, чем объясняется широкое ее применение для атомных жидкостей.



Моделирование гидродинамического разрушения ядра кометы в плотных слоях земной атмосферы

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ  
«ЧАСТИЦА-СЕТКА»**

Упрощением PP-метода является метод «частица-сетка», или PM-метод, в котором используется формализм ближнего действия, а для моделирования силового поля применяется уравнение Пуассона. В результате такого представления взаимодействия частиц расчет действующих сил происходит гораздо быстрее, но менее точно, чем при PP-методе. Так как поле должно быть известно в любой точке, где находятся частицы, все пространство покрывается расчетной сеткой, на которой и проводится решение уравнения Пуассона и на которую распределяются параметры частиц. Такой подход приводит к уменьшению числа операций, которое становится пропорциональным числу частиц и числу расчетных ячеек пространственной сетки в степени пространственного приближения. Как следствие, это приводит к огромному выигрышу времени расчета задачи, в ущерб точности результатов (в связи с потерей разрешения в поле потенциала и, как следствие, силового взаимодействия).

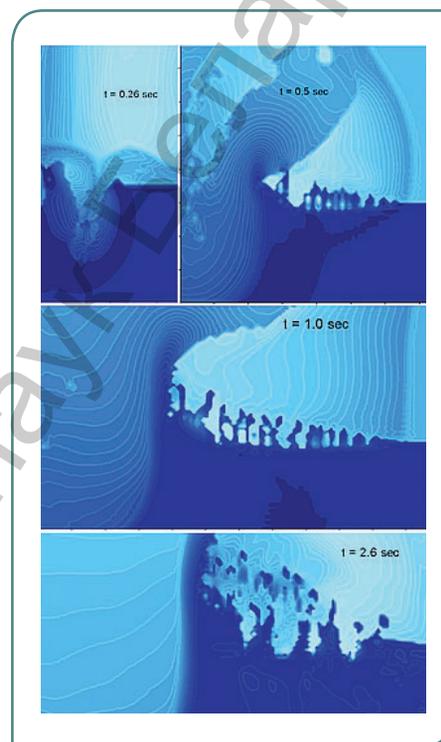
PM-метод следует рекомендовать, когда шаг сетки можно выбрать меньше, чем характерная длина рассматриваемых структур (например, ширина спирального рукава галактик), а число макрочастиц в каждой расчетной ячейке можно задать порядка 10 [5]. PM-метод применяется, в частности, при моделировании гидродинамических течений. Это так называемый метод «частиц в ячейке», или PIC-метод, разработанный, кстати, для моделирования последствий ядерного взрыва. Например, предельным случаем PM-метода в гидродинамике можно назвать методы, в которых под макрочастицей понимается сама расчетная ячейка. К таким методам можно отнести широко известные – FLIC-метод («жидкость в ячейке»), метод крупных частиц и

др. Их можно причислить к сеточным методам, поскольку понимание под макрочастицей самой расчетной ячейки убирает дискретное поведение частицы, так как ее параметры становятся просто сеточными, а число операций пропорционально числу расчетных ячеек в расчетной сетке. Достоинство таких методов – в простоте и большом быстродействии, что и определило популярность их использования.

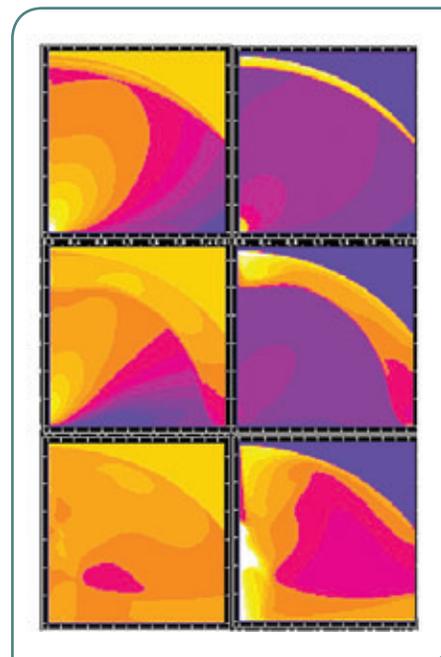
**ГИБРИДНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ  
МОДЕЛЬ**

Следует отметить еще один гибридный метод – P<sup>3</sup>M [5], позволяющий моделировать системы с дальнедействующими силами. Он представляет собой объединение PP- и PM-методов, сущность которого в разбиении действующей силы на две составляющие, одна из которых – медленноменяющаяся дальнедействующая может с успехом моделироваться PM-методом, а вторая – короткодействующая с неизвестным темпом изменения. Такой подход позволяет объединить лучшие стороны обоих методов и моделировать системы, состоящие из гораздо большего числа частиц, чем обычно используется. Это связано с тем, что количество операций P<sup>3</sup>M-метода пропорционально числу частиц, расчетных ячеек и произведению числа частиц на число их соседей. По своим скоростным качествам этот метод находится между PP- и PM-методами и обладает точностью, значительно превышающей данные показатели у PM-метода.

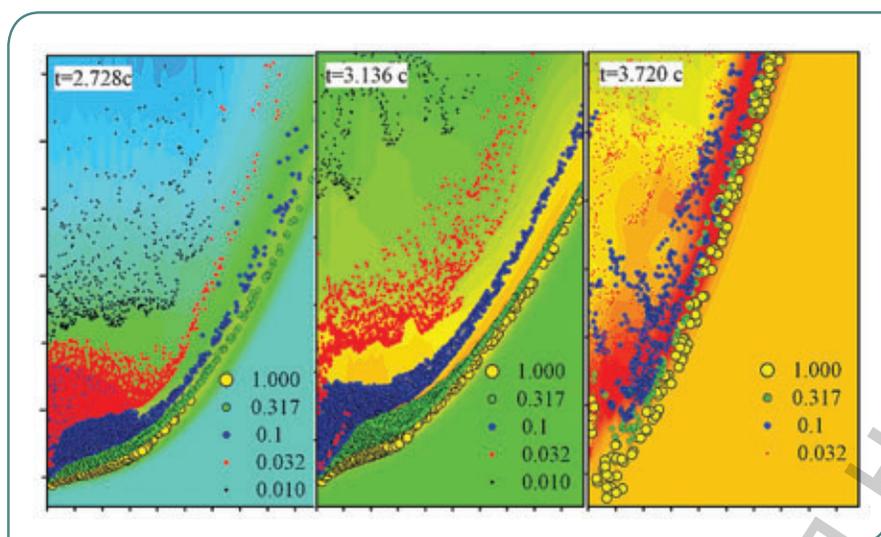
P<sup>3</sup>M-метод использует две расчетные сетки. Одна необходима для вычисления дальнедействующей компоненты силы и является не чем иным, как сеткой PM-метода, а вторая, «более грубая», называется цепочечной сеткой и предназначена для быстрого поиска соседей к данной частице и предотвращения повторных расчетов взаимодействия пары частиц. Подобная организация значительно повышает производительность метода и делает



Развитие неустойчивости на поверхности глубокого водоема при падении в него фрагментов ядра кометы



Взаимодействие струйного течения плазмы взрывного генератора Войтенко со сферической преградой



Сепарация фрагментов изначально разрушенного астероида при его пролете через плотные слои атмосферы

обе его составляющие независимыми друг от друга.

Следовательно, ответственный за вычислительную часть компьютерных экспериментов исследователь должен не просто хорошо ориентироваться в существующих вычислительных методах, но и правильно их применять, а возможно, и предлагать свой собственный путь решения задачи. Иначе может получиться, что процесс предметно-математического моделирования окажется не осуществимым из-за временных характеристик выбранного подхода. К примеру, избрав РР-метод для расчета торможения спускаемого космического аппарата в плотных слоях атмосферы, исследователь получит программный продукт, который за реальное «человеческое» время не сможет рассчитать даже одной секунды исследуемого явления. Поэтому утверждение авторов о том, что секрет успеха вычислительных экспериментов заключается в разработке модели, которая достаточно детализирована, чтобы точно воспроизвести важные физические эффекты, и все же не настолько подробна, чтобы сделать расчеты неосуществимыми, несмотря

на большой прогресс вычислительной техники за прошедшее время, остается по-прежнему актуальным [5].

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ответ на вопрос «Как повысить эффективность вычислительного эксперимента?» для многих очевиден: «Распараллелить вычисления!» В компьютерных системах это развивалось различными путями: конвейерными, матричными и даже специально спроектированными процессорами для расчета определенного типа вычислительных методов, системы с большим числом независимых процессоров с распределенной и общей памятью, грид-системы и облачные вычисления. В настоящее время это самые перспективные пути значительного повышения производительности компьютеров, но, к сожалению, общих рецептов распараллеливания вычислительных методов, используемых в вычислительных экспериментах, пока не существует. В связи с этим переложить полностью сложно-логический процесс на разработку специального программного обеспечения компьютера не удастся – он остается задачей для специалиста по параллельному программированию. И все же, несомненно, при проведении крупномасштаб-

ных научных расчетов именно за такими системами будущее.

Применение универсальных или специализированных математических пакетов позволяет переложить на компьютер реализацию самых трудоемких этапов вычислительного эксперимента (а именно, вычислительных и программных моделей). Однако для проведения крупномасштабного проекта большинство математических пакетов не подходят. Они, как правило, предназначены для решения задач инженерного плана или математического моделирования «не очень сложных» систем и обеспечивают быстрое получение результатов по некоторым «оригинальным» моделям. В этих случаях удается быстро добиться результатов, не тратя время на поиск подходящих вычислительных методов и их программную реализацию. Многие исследователи для моделирования задач любой сложности пользуются, например, программным комплексом ANSYS, который рассчитан и на многопроцессорные компьютеры. Это универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет. Но даже она не решает всех проблем, возникающих при проведении научных вычислительных экспериментов. Однако несомненно, что будущее за новыми специализированными программными комплексами именно подобного рода, поскольку они дают возможность воспользоваться плодами труда опытных коллективов исследователей.

#### Литература

1. Самарский А.А., Попов Ю.П. Вычислительный эксперимент в физике. /Сб.: Наука и человечество. – М., 1975.
2. Самарский А.А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент // Вестник АН СССР. №5, 1979.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М., 1997.
4. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. – М., 1990.
5. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц. – М., 1987.

# Хаос и порядок как антропологические интенции организации разума

Как известно, Кант в своей «Критике чистого разума» ограничил число антиномий четырьмя не потому, что больше не видел других возможных, он скорее руководствовался принципом достаточности в представлении содержательных примеров, иллюстрирующих его положение о регулятивных идеях, имманентных нашей исходной ментальной конституции. Напомним, таковых идей три: субъекта, Бога и мира. Они не эвристично-указательны, а системно-организующи. Необъятный массив возможных суждений в их контексте и образует множество потенциальных антиномий.

**Владимир Красиков**, профессор кафедры философии Кемеровского государственного университета, доктор философских наук



Источником антиномии «хаос – порядок» служит идея «мира», предмет рациональной космологии. Понятия хаоса и порядка – такие же интегральные характеристики чистой идеи «мира», как и классические кантовские понятия «конечность – бесконечность», «простота – сложность». Можно успешно выстроить колонки аргументов в подтверждение приоритета в сущем либо хаоса, либо порядка. Пути относительного «решения» или «примирения» антиномичных характеристик идеи «мира», в данном случае «хаоса» и «порядка», заключаются в установлении-демонстрации их априорности, то есть принадлежности к массиву исходных интенций конститутивной организации нашей психики (сознания), прослеживании основных трендов их интерпретации в истории мысли и формулировании «диалектических» решений.

Реализуя поставленные задачи, попытаемся сначала установить корреляции интенций к «порядку», устойчивости, фиксированной определенности и к «хаосу», текучести, открытой неопределенности – в нашей исходной видовой природе, материалы к исследованию которой обильно поставляют социобиология, эволюционная эпистемология и историческая антропология. Перефразируя бессмертный тезис Маркса «бытие вида определяет его психическую конституцию (сознание в широком смысле)», возьмем его в качестве методологического принципа.

Помимо сознания, видового интегрального специфицирующего признака *homo sapiens*, выражающегося в символизации окружающего и претворении его в виде уже своей (трансцендентальной) реальности, существуют еще и два других наших отличительных признака, наиболее часто выделяемых учеными. Они связаны в большей степени с радикальным психическим половым диморфизмом человечества. Речь идет о признаках:

а) «истинной» социальности (альтруизме);  
б) ярко выраженной агрессивности (территориальности). Их субъектами являются, соответственно, женщины и мужчины. Это фундаментальное онтологически видовое раздвоение, психический диморфизм

ответственен, похоже, вообще за «бинарность» самоорганизации психической жизни и мыслеактивности человека. В данном же случае мы вменяем ему ответственность за наличие в нашей исходной психоконституции исследуемых интенций.

В основе «истинной» социальности (то есть в отличие от форм «социальности», имеющих ранее в дочеловеческом мире) лежит базовое исходное отношение матери и ребенка – их теснейшая, пожизненная эмоционально-психологическая взаимозависимость, являющаяся архетипом и денотатом всевозможных форм взаимной приязни, взаимопомощи, любви между всеми другими членами человеческих общностей. Интенсивность и постоянство этих фундаментальных чувств у нашего вида столь велики, что являются неявным индуцирующим образцом для всех других возможных форм приязни даже на весьма отдаленных от родственности уровнях, превращаясь в альтруизм, гуманизм и псевдородственные формы социального поведения.

Но что же общего между чувствами эмоциональной слиянности, эмпатического сродства, взаимопонимания и убежденностью в изначальном и вездесущем хаосе? Искомое общее – в резонансе их психологической подоплеки: наитие – вера, слиянность – невычлененность, ровность – невыделяемость, неиерархичность, неартикулированность жизненного контекста. Я вовсе не утверждаю, что только антропологическая категория «женщина» формообразует и «живет» в этом метафизически жизненном контексте. Дело гораздо сложнее. В этом контексте находятся и целые грандиозные формации человеческого мышления (мифологическое сознание), и некоторые стилистически близкие к нему яркие мужчины-философы (Я. Беме, М. Хайдеггер и др.).

Даже просто фиксирующее осознание этого «хаотического» контекста – как социального, так и космологического – весьма затруднено, тем более рефлексия над ним. В этой связи мне напоминает попытка художественного освоения в описании мира Хаоса в романах Роджера Желязны из серии «Хроники Эмбера», «Принц Хаоса» и др. Этот мир изображается как мир перманентного становления. Акцент сделан именно на текучести, рассеянии, отсутствии долговременных форм устойчивости – мира материального и непрерывной динамической смене облика высокоорганизованных его обитателей.

Осознание и выражение «хаоса» затруднены непривычностью работы с ним разума, разума мужского, воспитанного тысячелетиями в более простом контексте «порядка». «Хаос», сплошная, не артикулированная среда, потенциально содержащая в себе множество возможностей, трудна в освоении, требует неизмеримо большей работы воли, ресурсов памяти, высокого напряжения и неослабного удержания панорамного внимания. Женщине же это дается легко и естественно, без усилий – в силу именно отсутствия потребности в превозмогании действительности, ее переустройства. Она и есть сама ее природная действительность – суть и квинтэссенция. Она – мать, прародительница, эволюционная «цель» (если таковая и есть), машина репродукции и единственно значимое. Ее реальность – мир хаоса родственности, крови, струящейся в венах вида, сплошной поток, дифференциация внутри которого текуча и полиформна, пребывающая как «все во всем». «Женская рациональность», столь возмущающая «мужскую», и выражает это органичное пребывание в подобной реальности, растекание по ней, становление ею. Отсюда конкретность, ситуативность, рассеянность – особый формат восприятия, когда бдением удерживается вся окрестная среда, в отличие от формата внимания противоположного пола – с его захваченностью избранным фрагментом окружающего, последовательностью в его отслеживании и работы с ним.

Последнее и есть, по сути, творение порядка. Мужской разум ограничен, он фокусирован и центрирован, напряжен в избирательном внимании, всегда склонен придавать

сверхзначимость предметам своих занятий. Но это и более простая работа, так как всегда локальна в сравнении с обременением непредставимой мозаичной сложности и формо-подвижности «хаоса». Даже если мы пускаемся в космологические рассуждения: искать – полагать, структуры – порядки во Вселенной неизмеримо проще, нежели концептуализировать ее в режиме «хаотического бытия». Порядок стал алкаем человеком. По сути – мужчиной, так как женщина была «безъязыка» на протяжении всей писаной истории. Именно в силу простоты и экономности в расходовании психической энергии при представлении и обосновании порядка. Захват «политической власти» в ходе патриархатной революции привел и к смене «концепции мира», в основу которой легла органичная мужская идея «порядка», ставшая доминантой познания и смыслополаганий. Идея «хаоса» маргинализовалась – она была изначально чуждой и неподъемной для новых хозяев жизни, прежний же ее субъект, владелец и разработчик впал в тысячелетия оцепенения и рабства.

Этим и объяснима бросающаяся в глаза неэквивалентность в мыслительной разработке данных понятий. Они требовали явно неодинаковых затрат в постижении, представлении, имели разные адреса востребования и поощрения. Величественный порядок сиял своей простотой и определенностью, был внушителен своей нездешностью и вечностью, сверкал вертикальностью, иерархизмом, слепил блеском власти, в основание которой всегда и находился, был легкий, изящен и идеалистически блестящ – в полагании и обосновании. Хаос был темен своей сложностью и многоформностью, неблагонадежно полицентричен и рассеян, требовал исключительного напряжения в работе, не давая в итоге никаких дивидендов, помимо растерянности, дезориентации и оцепенения.

Помимо антропологических различий в предпочтениях и истории использования данных стратегий «просмотра действительности», следует показать и серьезные методологические размежевания между ними. «Хаос» и «порядок» – не столько понятия, сколько разные исходные установки-сценарии обработки (претворения) чувственных данных, имеющие сходство с функцией упорядочивающего апри-

орного чувства «пространства» в кантовской теории познания. Только, в отличие от внесения чувством «пространства» рамок единства в чувственный опыт, интенции к хаотически-текучему и к упорядоченно-фиксирующему задают исходно разные душевные экспозиции и, соответственно, несоизмеримые пути концептуализации и метафизической уверенности.

Интенция к хаотически-текучему есть эволюционно-психологический механизм «укоренения в наличном сущем», исходно-конститутивный для женской, стабилизирующей стороны видового бытия. Укоренение в сущем осуществляется посредством операций «сохранения», «удержания» всего многообразия впечатлений в их перводанности, внимание рассредоточено и пребывает во многом. Оно также есть включение соответствующих психических и ментальных состояний непосредственности и неартикулированности («слиянности, захваченности действительностью»), «примирения» и «довольство внешним».

Интенция к упорядоченно-фиксирующему есть эволюционно-психологический механизм «слома только-действительности»: бунта, побега, отказа, превозмогания, исходно конститутивный для мужской, дестабилизирующей, стороны видового бытия. Здесь мы можем видеть процедуры фокусировки внимания, отвлечения от реальности и пафос гиперболизации в творении новой, самолюбования в провозглашениях обретений «истины» и «сущего-как-оно-должно-быть». Здесь родились «упрощение», «абстрагирование», «редукция», «схематизация» – аутентичные мыслительные формы порядков.

Вот так и получается: хотим, стремимся и полагаем одно, получаем же в итоге противоположное. Интенция к хаотизму порождает стабильность и консерватизм, умиротворение любой революции, прозаизацию любой мечты, habituализацию и убийство повседневностью всего возвышенно-идеалистического. Тогда как интенция к порядку инициирует постоянное волнение, текучесть, метаморфозы, насилие, нетерпимость, войны, постоянно возобновляемый катастрофизм, однако же, и, как побочное следствие, непрерывное становление и изменение в непонятном направлении – перманентное полагание и смену иллюзий-порядков.



ВСЕГДА ВЫБИРАЙТЕ  
САМЫЙ ТРУДНЫЙ ПУТЬ –  
НА НЕМ ВЫ НЕ ВСТРЕТИТЕ  
КОНКУРЕНТОВ

ШАРЛЬ ДЕ ГОЛЬ

## Сложность социального мира, рождающего инновации

В современном обществе возрастает сложность форм социальной организации, сокращаются масштабы исторического времени, ускоряется его ход. Вследствие этого увеличиваются неопределенности и риски, в том числе и риски соскальзывания на катастрофические сценарии развертывания истории. Мир, в котором мы живем, является нелинейным, причем его повышающаяся комплексность означает одновременно и усиление нелинейности, а значит, и возможности свершения даже маловероятных событий. Слова древнегреческого историка Еврипида о том, что ожидаемое не случается, неожиданному Бог открывает дверь, отвечают духу сегодняшнего дня.

**Елена  
Князева,**  
завсектором Института  
философии РАН,  
доктор философских  
наук, профессор



Неопределенности и риски, в основе которых лежит внутренняя спонтанность бытия, иными словами, случайность как его имманентное свойство, имеет и иную сторону: всякий акт рождения нового в природе и обществе так или иначе связан с ней. Эта мировоззренческая позиция лежит в русле философии становящегося бытия Гераклита, философии жизни Анри Бергсона и философии процесса Альфреда Уайтхеда. В настоящее время лишь тот, кто готов к восприятию нового и обладает способностью его созидать – креативностью, может надлежащим образом вписаться в общество, будь то человек или социальная организация, – неспособные к инновациям структуры, скорее всего, потерпят поражение. Социальное управление, ориентированное

на новое общество, также должно быть, в сущности, инновационным и креативным, способствовать производству и диффузии нововведений.

Понятие нового связано с одной из вечных философских проблем – парадоксом развития и попытками решить его. Специфическую область знания – инноватику – можно определить, вслед за Вячеславом Романовым, как «всеобщую науку о креативном обновлении» [1]. Предметом ее исследования являются инновационные процессы и закономерности их протекания, новшества и проходимые ими «жизненные циклы», начиная с их возникновения и распространения, диффузии в среде и заканчивая появлением результата и рутинизацией.

Социальная инноватика предстает с этой точки зрения как теория социальных инноваций и их жизненных циклов. Эта наука опирается на философское изучение природы нового и способов его возникновения в бытии, которое предстает самыми разными гранями в зависимости от контекста обсуждаемых проблем:

- как нечто эмерджентное, рождающееся сразу, вдруг, неожиданно и не выводимое из наличного;

- как проявление не проявленного, потенциально заложенного;
- как воспоминание старого, уже виденного (déjà vu), как уже бывшее в иных формах;
- как возобновление старых смыслов, возвращение к утраченному, забытому;
- как совпадение результата со скрытой установкой.

При этом инновацию можно рассматривать на двух уровнях, в связи с чем необходимо понимать различие между понятиями «открытие» и «инновация». На индивидуальном уровне человеческой деятельности рождение нового предстает как открытие, а на коллективном (социальном, культурном) – собственно как инновация. Первое трансформируется во второе лишь тогда, когда получит определенное признание в научном или культурном сообществе, в обществе в целом. При этом отнюдь не всем открытиям суждено стать инновациями – многие из них «умирают» вместе с их творцом, ибо введение в социум, как правило, сопряжено с трудностями. Другие имеют ограниченный круг трансляции и изменяют только локальную среду для дальнейшей поисковой и конструктивной деятельности. И лишь очень немногие открытия пробиваются на уровень общего течения событий в культуре и социуме или даже определяют становление нового культурного и социального образца.

Все новое нередко первоначально отвергается обществом как неприемлемое и неправомерное отступление от господствующей культурной парадигмы или как нарушение существующего общественного порядка; носители инноваций третируются обществом как безумцы или люди не от мира сего. Для того чтобы инновация была признана, ее создатель должен быть настойчив в достижении своей цели и обладать способностью к использованию особых состояний социальной среды – когда она чувствительна даже к малым, незначительным воздействиям, которые могут привести к становлению нового культурного или социального образца.

Признавая ценность инноваций, необходимо отдавать себе отчет в том, что они невозможны без возобновления старых смыслов, возвращения к утраченному со-

временным обществом. Нельзя открывать новое, не пытаясь вернуться к прежним, забытым, но хранящимся в сокровищнице культуры смыслам. Это тоже своего рода открытие, ведь уже древние даосы говорили, что «хороший правитель управляет как можно меньше», указывая тем самым, по сути дела, на путь самоорганизации социальных структур, на способы мягкого, нелинейного управления.

Природу инновационной сложности можно раскрыть с помощью понятий нелинейности, неустойчивости, целостности и эмерджентности. Сложная система обладает следующими характерными свойствами:

- множеством элементов, соединенных нетривиальными, оригинальными связями друг с другом;
- внутренним разнообразием элементов или подсистем, которое обуславливает гибкость, способность изменять свое поведение в зависимости от меняющейся ситуации;
- многоуровневостью – сложные системы больше, чем сумма их частей любого размера, поэтому их нужно анализировать в терминах иерархии взаимодействий. В то же время и часть может быть сложнее целого, являясь носителем всех системных качеств и одновременно обладая сверхсложными собственными режимами функционирования и развития (например, человек сложнее общества);
- открытостью – она обменивается веществом, энергией или информацией с окружающей средой, и ее границы порой трудно определить (их видение зависит от позиции наблюдателя);
- возникающими эмерджентными феноменами – новыми неожиданными свойствами, появляющимися на динамическом уровне системы как целого, которые не могут быть «вычитаны» из анализа поведения отдельных элементов. При этом и вещь (объект, система), ставшая частью целого, может трансформироваться и демонстрировать эмерджентные свойства;
- памятью – для нее характерно явление гистерезиса, при смене режима функционирования процессы возобновляются по старым следам (руслам);
- регуляцией петлями обратной связи: отрицательной, обеспечивающей восстановление равновесия, возврат к прежнему состоянию, и положительной, ответственной

за быстрый, самоподстегивающийся рост, в ходе которого расцветает сложность.

Функции системы на порядок сложнее, чем ее строение, и управляющее воздействие чтобы быть эффективным, должно быть не менее комплексным. Кроме того, чем выше сложность, тем больше неустойчивость – она балансирует на краю хаоса; ее поведение описывается теорией самоорганизованной критичности. Они являются операционально (или организационно) замкнутыми системами, а возрастание сложности есть повышение степени избирательности в ее взаимодействии с окружающей средой, в восприятии и действии, в творчестве и т.д.

С понятием инновационной сложности связано представление об эмерджентных свойствах систем, возникающих в ходе их эволюции. Однако это не просто непредсказуемость появления новых качеств, когда мы говорим о непостижимости возникновения нового, мы подчеркиваем только гносеологический аспект новизны. Эмерджентность, как и креативная случайность, укоренена в бытии, имеет онтологическое основание – когда говорят, что новое возникает спонтанно, ничем не детерминировано, то подчеркивают онтологический аспект. Кроме того, эмерджентность есть нередуцируемость свойств целого к свойствам частей, а также несводимость более организованного к менее организованному, сложного к простому, высокого уровня иерархии к низкому. Эволюция происходит скачками, на каждом ее витке появляются новые лидеры. Иначе говоря, имеют место фазовые переходы, эмерджентные трансформации, в которых творятся ранее неизвестные свойства. Эмерджентность – это способ рождения новизны в процессе эволюции природы и общества.

Классическое определение социальной инновации включает в себя указание на:

- улучшение общества путем введения чего-то нового (новых методов или технологий, форм социальной практики или отношений, продуктов или услуг);
- успешную эксплуатацию новых идей;
- изменения, которые создают новые измерения в производительности или эффективности социальных действий.

Инновации обычно трактуются как основной двигатель развития общества и социальных отношений. А факторы, ведущие к социальным инновациям, рассматриваются как важнейшие для принятия решений, на которых строится эффективная социальная политика. В организационном контексте они связаны с развитием усовершенствований, ведущим к повышению результативности, продуктивности работы, увеличению удельного веса продукции на рынке. Организации на всех уровнях, начиная с местных, локальных и заканчивая государственными и конфедеративными, способны производить новшества и быть источником инновационной волны в обществе.

Хотя социальные инновации являются «кипучим и брызжущим котлом», из которого питается социальный прогресс, некоторые из них могут быть негативными, деструктивными. Подвижки к новому могут и ухудшать положение дел и социальный статус организации, поэтому к ним необходим взвешенный подход с известной долей критики. В отличие от нововведений в технике и инженерии, экономике природа социальных инноваций изучена недостаточно. Они представляют собой новые и значимые формы социальной практики, социальных взаимодействий и отношений, а также существенные сдвиги в менталитете, умонастроении в обществе. Изменения в технической сфере общества происходят в высоком темпе, но, несмотря на это, основные тренды развития в этой области лучше поддаются прогнозированию, причем не только краткосрочному, но и среднесрочному. Изменения в экономике также происходят достаточно быстро и относительно хорошо прогнозируемы. Однако сфера социальных отношений и взаимодействий наиболее инертна, существенные и тем более радикальные перемены в ней происходят не столь быстро и затрагивают более глубинные слои общественной жизни, влияющие как на техническое, так и на экономическое развитие.

Социальные инновации обычно разделяют на поддерживающие и прорывные. Первые позволяют сохранять жизнь социальных организаций на прежнем уровне

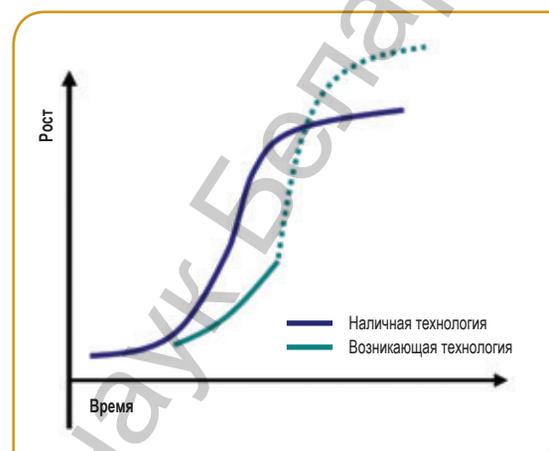
с незначительными усовершенствованиями, слегка подпитывая социальный прогресс. Последние связаны с существенными, прорывными изменениями в жизни социума, радикально меняющими его жизнь, и понятием «креативное разрушение» (процессом индустриальной трансформации), введенным австрийским экономистом и политологом Йозефом Шумпетером. Оно восходит в истории философии к воззрениям Фридриха Ницше, который видел в хаосе не только разрушительную и опустошительную силу, но и созидательное начало.

В другой классификации инновации разделяются на радикальные и эволюционные. К последним относят нововведения, обеспечивающие движение общества по той же траектории, результат внедрения которых может быть просчитан с небольшой неопределенностью. Радикальными являются инновации, связанные с большим скачком в развитии общества, их диффузия сопряжена со значительным риском, а в случае их выживания происходит коренное изменение во всей системе организации социальной жизни. По своему смыслу эволюционные инновации близки к поддерживающим, а радикальные – к прорывным.

Если социальная инновация происходит, то она должна не только родиться у индивида или социальной группы, но и распространиться – диффундировать – в обществе, получить признание, войти в социальную практику. Согласно концепции, разработанной социологом Петром Штомпой, их «жизненный цикл» таков:

- инициирование;
- выявление (инновация становится публичной);
- фильтрация (негативные и несущественные не принимаются обществом);
- диффузия в обществе;
- адаптация, апробация и институализация [2].

Цикл обычно описывается s-образной кривой (рис.). На первоначальной стадии



Жизненный цикл инновации

рост незначителен: новое утверждает себя, что связано с большим сопротивлением со стороны старого, устоявшегося, общепринятого. Затем потребность в новом социальном продукте или технологии резко возрастает, ее признание и скорость диффузии в обществе значительно увеличиваются. На третьей стадии рост замедляется, стагнируется и даже может наблюдаться некоторый спад интереса.

Продолжительность жизни социальных инноваций зависит от многих факторов: от их радикальности, умонастроения в обществе, наличных трендов в развитии социальных технологий и изменения социальных ожиданий. Компании, культивирующие и поддерживающие социальные нововведения, вытесняют с рынка те фирмы, которые не способны к этому, слепы к запросам завтрашнего дня.

При рассмотрении сложных взаимосвязей между производителями социальных инноваций и их потребителями вводят понятие «сеть инноваций». В его содержание включается понимание сложных связей, устанавливающихся между производителями идей (продуктов, технологий) и их потребителями. В современном обществе последние не являются простыми пользователями – они тоже креативны, продолжают развитие технологий, предлагают новые возможности их применения, включаются в процесс сотворчества с производителями.

Инновационные нововведения сопровождаются риском – никто не может гарантировать их признание и распространение в обществе. При этом негативный опыт имеет не меньшее значение, чем позитивный, и должен стать предметом социальной инноватики. Влияние неудачи выходит далеко за пределы потери инвестиций – она может сопровождаться лишением морального духа сотрудников, возрастанием негативных настроений и цинизма, большим сопротивлением к инновированию в будущем.

Кроме того, нововведения могут тормозиться или даже терпеть провал из-за трудностей с финансированием, отсутствия соответствующих умений и мастерства, несоответствия текущим задачам и целям деятельности. Гибкость стратегий и способность к их оперативной корректировке должна быть внесена в инновационную деятельность. Видный французский философ и социолог Эдгар Морен развивает в этой связи представление об экологии действия. Неопределенность имманентно вписана в само представление о сложности мира, она означает незавершенность всякого процесса познавательной и практической деятельности, непредзаданность, открытость и нелинейность исхода. Любое предпринимаемое нами действие определяется условиями окружающей природной и социальной среды и может оказаться, что оно отклонится от того направления, которое было ему первоначально задано. «Мы не можем быть уверены в том, что результат действия будет соответствовать нашим намерениям, напротив, мы вправе серьезно сомневаться в этом» [3].

Поэтому мы вынуждены отойти от привычной схемы «предпринятое действие – полученный результат» и признать ее нелинейность. «Как только индивид предпринимает действие, каким бы оно ни было, оно начинает ускользать от его намерений, – поясняет Морен. – Это действие вливается во вселенную взаимодействий и, в конечном счете, поглощается окружением, так что в результате может получиться даже нечто противоположное по отношению к первоначальному на-

мерению. Часто действие возвращается бумерангом к нам самим» [4].

Поэтому социальная инновация может иметь, согласно Морену, три типа непредусмотренных последствий, а именно:

- извращенный результат – неожиданный пагубный итог более важен, чем благоприятный, на который возлагались надежды;
- тщетность нововведения – чем больше изменений, тем в большей степени все остается по-прежнему;
- достижения, подвергаемые опасности, – хотели улучшить общество, но в результате удалось только подавить свободу и упразднить системы безопасности; порочные, бесполезные, пагубные последствия Октябрьской революции 1917 г. обнаружались в советском опыте социальных преобразований» [5].

Первое возможное последствие нововведения заключается в том, что отрицательный опыт – тоже опыт, не менее важный, чем позитивный, когда нам все удается. Второе с точки зрения синергетики означает, что наши управленческие воздействия были не согласованы с собственными свойствами (структурами) социальной среды или они были ниже порога ее чувствительности. Третье, по сути, указывает на то, что управленческое воздействие было нерезонансным для социальной среды.

Итак, благодаря нынешнему проникновению в осознание динамики сложных систем возникают новые подходы в теории управления и прогнозировании. Они исходят из понимания недостаточности теории рационального выбора, или рационального действия. Последняя была до сих пор господствующей парадигмой в микроэкономике, политической науке и социологии, однако ныне подвергается серьезной критике. Ошеломляющая сложность мира, возрастание темпа экономических, геополитических, социальных изменений, неопределенность, смутность, неясность будущего вынуждают человека, как актора социального действия, быть более гибким, уметь подстраиваться под ситуацию и изменять свою стратегию в зависимости от условий. Происходит концептуальный сдвиг от теории чисто рационального выбора к

теории ограниченной рациональности, в которой учитываются интуитивные, импульсивные, внерациональные факторы принятия решений, личный опыт субъекта экономического действия, его неявное знание. Понимание макроэкономических трендов невозможно без микроэкономического анализа, а теория сложных систем как раз и пытается понять закономерности связи системы на уровне целого и элементного строения, общие паттерны рождения порядка из беспорядка. В микроэкономике приобретает ценность когнитивный подход. Принимая решения, субъект экономического действия вынужден учитывать разнонаправленные ценностные векторы, факторы риска, использовать свою личную интуицию и эвристики, сложившиеся на основе накопленного опыта.

Сегодня со все большей ясностью осознается необходимость развития новой технологии – управления сложностью или о контролируемой эмерджентности. Более разработанной и в высокой степени востребованной является современная технология управления рисками, причем не только экономическими и финансовыми, но и социальными, геополитическими, гуманитарными и т.п. В последнее время все чаще стали говорить и об управлении будущим, а именно о конструировании желаемого, наиболее благоприятного и вместе с тем достижимого будущего. Если мы понимаем закономерности поведения, эволюции и коэволюции сложных систем, то мы можем использовать это знание на пользу человека и человечества – для управления инновационной сложностью.

## Литература

1. Романов В.Л. Социально-инновационный вызов государственному управлению. – М., 2006.
2. Штомпка П. Инновации и инноваторы. – М., 2005.
3. Morin E. Le complexe, ce qui est tissé ensemble. – Paris, 2002.
4. Morin E. Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur. – Paris, 2000.
5. Морен Э. Принципы познания сложного в науке XXI века. – М., 2004.

# Пороговые барьеры на пути белорусских инноваций

Эксперты Европейской экономической комиссии ООН в конце октября представили научной общественности нашей страны Обзор инновационного развития Республики Беларусь. Его подготовка началась в прошлом году по заказу Правительства (о чем мы сообщали в №№8, 11 журнала за 2010 г. и в №5 за 2011 г.), вместила в себя глубокий анализ ключевых элементов национальной инновационной системы и, что самое главное, рекомендации по активизации инновационного движения и усилению инновационного потенциала. Обзор впитал в себя международный опыт и особенности развития отечественной экономики с учетом национальных возможностей и ограничений.

Документ имеет большую практическую значимость как для руководящих структур, так и для всех субъектов инновационной деятельности. Для удобства пользования обзор разбит на семь глав, каждая из которых содержит рекомендации, имеющие разную степень приоритетности и рассчитанные на разные временные периоды. Представляем их вниманию наших читателей в соответствии со структурой документа (по главам).

## ОБЗОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

По мнению экспертов, первостепенное значение для бенчмаркинга и эффективно-го управления инновациями имеет обеспечение международной сопоставимости статистических данных. Принятые в нашей стране методология и практика статучета в этой области серьезно разнятся с аналогичными системами большинства европейских государств. Это за-

трудняет проведение прямых сопоставлений инновационных показателей как на макро-, так и на микроуровнях. Для устранения имеющихся разночтений необходимо внедрять в отечественную практику международные определения и процедуры, в частности:

- проводить обзоры научно-исследовательской деятельности по методологии, изложенной в Руководстве Фраскати;
- принять систему мониторинга ассигнований республиканского бюджета на науку и исследования (GBOARD), обеспечивающую периодический анализ и оценку эффективности вклада бюджетных расходов на науку и технологии в решение задач социально-экономического развития;
- внедрить показатели, используемые при составлении Обзора инновационной деятельности, в соответствии с Руководством Осло по сбору и интерпретации статистики инноваций (ОЭСР, Европейская Комиссия, 2005 г.);
- гармонизировать национальную статистику научно-

технической деятельности в соответствии с Руководством Канберры «Измерение человеческих ресурсов в области науки и технологии» (ОЭСР, 1995 г.);

• сопоставлять инновационную политику по показателям, предложенным в Инновационном обзоре ЕС за 2008 г. как наиболее часто используемые в практике учета инновационной деятельности предприятий.

Сближению национальной статистики с международными индикаторами будет способствовать гармонизация национальных классификаторов с важнейшими мировыми:

- системой национальных счетов (ООН, 2008 г.);
- международной стандартной классификацией по образованию (ЮНЕСКО, 1997 г.);
- международной стандартной классификацией профессий (МОТ, 2007 г.);
- классификацией областей науки и технологий (ОЭСР, 2007 г.);
- классификацией товаров по видам деятельности (ООН, 2008 г.);

• международной стандартной классификацией видов экономической деятельности (ООН, 2008 г.);

• классификацией видов экономической деятельности Европейского сообщества (Евростат, 2008 г.);

• стандартной международной классификацией торговли (ООН, 2006 г.);

• гармонизированным описанием товаров и системой кодирования (Всемирная таможенная организация, 2007 г.);

• номенклатурой для анализа и сопоставления научных программ и расходов на науку (2007 г.);

• отраслевой классификацией расходов и занятости в науке и исследованиях, содержащей номенклатуру секторов Руководства Фраскати.

## НИС И УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Европейские эксперты отметили, что инновации в Беларуси воспринимаются в основном как научные и технологические нововведения. В международной практике распространена более широкая трактовка данного понятия, выделяющая четыре основных типа инноваций: товарные, технологические, маркетинговые и организационные. Для повышения эффективности предпринимаемых государством мер по развитию инновационной составляющей предлагается про-

вести критический анализ инновационной политики и на его основании сформулировать план действий по расширению предметной сферы инноваций и спектра инструментов по их реализации. Требуется разъяснить предлагаемые изменения с помощью информационной кампании, направленной в первую очередь на специалистов, отвечающих за разработку государственной политики в этой области, а также на представителей органов власти и население в целом.

По мнению аналитиков, наряду с признанием важности инноваций для долгосрочного экономического роста и принятием ряда действенных мер по формированию основных

элементов Национальной инновационной системы упор в нашей стране все же делается на административный аспект, меньше внимания уделяется развитию взаимосвязей бизнеса, науки, образования и т.п. Поэтому внимание заинтересованных субъектов следует сосредоточить на выявлении слабых или отсутствующих звеньев в их взаимоотношениях и на разработку стратегических мер по исправлению отмеченных недостатков. Конкретные шаги в этом направлении предусматривают изменение линейной модели инноваций на модель, основанную на множественности и многообразии связей между участниками НИС; обеспече-

ние взаимосвязи всех стадий инновационного процесса, постепенный характер преобразований и приоритетность мер, дающих скорую положительную отдачу.

Национальная инновационная система и система управления инновациями в Беларуси, отмечают составители обзора, в основном построены по отраслевому (ведомственному) принципу – так называемый «вертикальный подход». Это стало отправной точкой для дальнейшего развития, но вместе с тем значительно сдерживает осуществление эффективных горизонтальных связей – междисциплинарных, межведомственных и др. Существующая система перегру-

жена программами и по этой причине трудноуправляема. Для успешной работы НИС необходимо дополнить «вертикальные» подходы к управлению «горизонтальными», вовлекая в инновационную деятельность предприятия, отрасли и секторы и укрепляя взаимосвязи между ними. По мнению экспертов, желательно учредить специальный орган управления, например Национальный совет по инновациям, с участием ключевых заинтересованных сторон (представителей государственных организаций и структур управления, деловых кругов, в том числе малого и среднего бизнеса, научно-исследовательских организаций, институтов и т.п.). Государственный комитет по науке и технологиям может выполнять роль секретариата Совета.



**Игорь ВОЙТОВ, председатель Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь:** Подготовка страновых инновационных обзоров является новым направ-

лением деятельности ЕЭК ООН, и проведенное в Беларуси исследование – первое в своем роде. Оно чрезвычайно актуально для каждого государства, поскольку инновации в современном мире становятся главным фактором роста, основой конкурентоспособности экономики и, следовательно, высокого уровня жизни населения. Наша страна уверенно продвигается по инновационному пути, на котором определены основные направления и задачи инновационной политики, механизмы ее реализации, обеспечено наращивание инновационной составляющей экономики. В последние годы осуществлены изменения в программно-целевых методах планирования и проведения исследований, они сконцентрированы на увеличении доли разработок под конкретные потребности отраслей экономики. Введены в практику новые элементы инновационной деятельно-

сти – республиканские научно-практические центры, принята Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. Но важнейшей нашей задачей должно стать завершение формирования национальной инновационной системы. И в этом плане обзор может стать руководством для конкретных действий, принятия необходимых решений, направленных на повышение инновационной активности всех субъектов хозяйствования. Задачей стратегического плана на ближайшие годы становится функционирование НИС как целостного комплекса правовых, организационных, экономических, морально-психологических рычагов. Необходима доработка правового обеспечения инновационной деятельности, прежде всего налогового законодательства, вопросов охраны прав интеллектуальной собственности, включения их в хозяйственный оборот. Особого внимания требует и практика правоприменения уже действующих законодательных актов. Кроме того, предстоит решить задачу по развитию инновационной инфраструктуры. Пристального внимания требуют вопросы государственного регулирования постановки на производство новой продукции и ее выхода на рынок.

Как показывает анализ, наиболее слабое звено отечественной НИС – предпринимательский сектор. Быстрое его развитие, особенно в сфере инноваций, является необходимым условием устойчивого и динамичного роста. Эксперты считают, что базой для формирования малых и средних предприятий могут быть действующие научно-исследовательские организации и учреждения, а также крупные субъекты хозяйствования. Малый инновационный бизнес, взяв на вооружение новые технологии, станет важным дополнением к новаторской деятельности больших фирм. Для того чтобы активизировать предпринимательский сектор, необходимо расширить спектр мер по его стимулированию. Конкретные действия предполагают тщательное изучение существующих барьеров на пути

создания и развития малых и средних предприятий и разработку целенаправленных мер по снижению таких барьеров.

Немаловажным фактором успешной реализации курса на инновации являются не только административные меры поддержки, но и изменения отношения населения к нововведениям. Целесообразно рассмотреть возможность подготовки информационно-просветительских программ для участников инновационного процесса и широкой общественности. В этой связи особое внимание следует уделять признанию заслуг как отдельных граждан, так и в целом компаний, наладивших успешный инновационный бизнес. Для этих целей использовать разнообразные формы работы, включая национальные конкурсы, специальные премии, телевизионные шоу, образовательные программы по предпринимательству в школах и вузах, неформальные инновационные платформы.

#### РАМОЧНЫЕ УСЛОВИЯ, ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА И ИНСТРУМЕНТЫ

Европейские эксперты отметили благоприятные рамочные условия, созданные для инновационного развития в нашей стране. Показательный пример – Парк высоких технологий, успешной деятельности которого способствовало предоставление значительных льгот компаниям-резидентам. Принимая во внимание имеющийся опыт, специалисты ЕЭК ООН рекомендуют предоставить налоговые стимулы инновационным предприятиям всех отраслей и секторов вне зависимости от их расположения на площадях научных и технологических парков, рас-



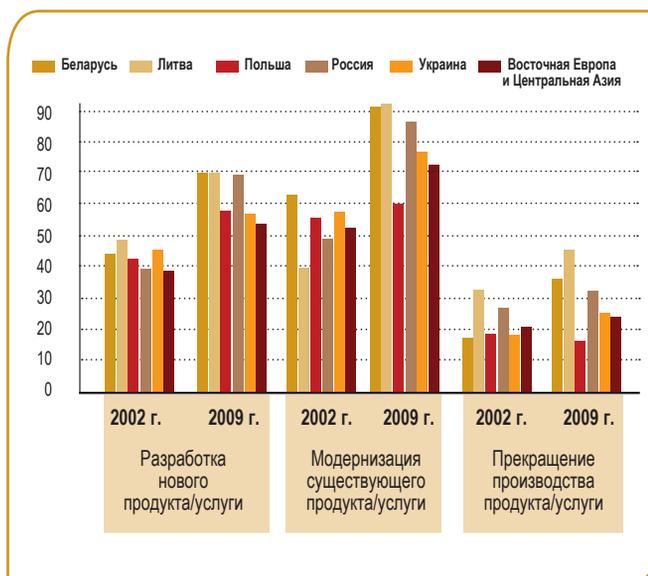
**Румен ДОБРИНСКИ,**  
директор департамента  
экономического  
сотрудничества и  
интеграции ЕЭК ООН:  
Для подготовки обзора  
была мобилизована  
большая группа

международных экспертов, проделана огромная работа и получен, на мой взгляд, глубокий анализ белорусского опыта в области инновационного развития. Самая важная часть обзора – выработка рекомендаций по осуществлению конкретных мер и действий государственной политики в отношении инновационного развития с учетом выявленных проблем и имеющихся возможностей. Они охватывают вопросы разработки и проведения инновационной политики, ее основных направлений и задач, конкретных инструментов и механизмов реализации в Республике Беларусь. Важнейшей задачей стратегического плана на ближайшие годы становится формирование национальной инновационной системы, принятие

необходимых решений для повышения инновационной активности всех субъектов хозяйствования. И мы надеемся, что рекомендации, изложенные в обзоре, не останутся востребованным документом, а положат начало совместной работе по воплощению их в практическую плоскость. С этой целью нами была проведена встреча с руководством ГКНТ, на которой обсуждались возможности дальнейшего взаимодействия в этом направлении. Мы готовы оказать содействие органам государственного управления в решении конкретных проблем инновационной политики, выработке нормативных правовых и других документов. Нам известно, что в ближайшее время Парламент будет рассматривать новый закон об инновационной политике. Мы готовы подключиться к этому процессу, организовать семинары по обсуждению вопросов, которые будут возникать в ходе этой деятельности. Мы воспринимаем обзор как один из этапов нашего дальнейшего сотрудничества и как широкое поле для совместной будущей работы.

пространить предусмотренные для них льготы на другие секторы экономики, разработать специальные инструменты и институты для стимулирования выхода новых инновационных компаний за пределы парка.

Необходимо не только развивать конкуренцию между заявителями на государственное финансирование, но также поощрять кооперацию в сфере науки и инноваций, делая особый акцент на малые и средние предприятия. С этой целью предлагается стимулировать их участие в государственных научно-технических программах, сделать последние более открытыми для данных субъектов хозяйствования. Следует усилить кооперацию и партнерские связи между малым бизнесом и



Источник: Всемирный банк (2010 г.). «Беларусь: Показатели развития промышленности до и в период мирового кризиса. Записки по вопросам экономической политики РБ: Записка N1, Доклад N 54371-BY, 25 июня 2010 г.» (документ Всемирного банка).

Реструктуризация предприятий в некоторых экономиках в 2002 и 2009 годах



**Нина БОГДАН,**  
национальный  
эксперт, профессор  
Белорусского  
государственного  
экономического  
университета, доктор  
экономических наук,  
профессор: Обзор

инновационного развития Республики Беларусь – серьезный и обстоятельный документ, позволяющий углубить понимание сложного динамичного и нелинейного современного инновационного процесса. В чем его ценность? В первую очередь в том, что предпринята попытка определить соответствие реализации принципов инновационной политики в нашей стране наилучшему международному опыту регулирования данной сферы. Насущная необходимость в глубоком изучении специфики НИС и важнейших инициатив государства в этом направлении назрела уже давно и продиктована не только внешними вызовами, но и комплексом проблем и причин внутреннего характера. Причем те и другие сегодня претерпевают серьезную трансформацию в связи с последствиями мирового экономического кризиса. Вопросам разработки инновационной политики в Беларуси уделяется самое пристальное внимание, однако ощущается нехватка комплексных исследовательских работ, базирующихся на международно сопоставимой статистической информации,

специализированных обследованиях, современных методических подходах. Обзор подчеркивает сложность и многоплановость современных инноваций, обосновывает необходимость холистического подхода к инновационной политике. Это не только задачи технологической модернизации и не только рост финансирования, но и информационные потоки, институты, обеспечивающие коммуникации, формирование инновационного мировоззрения и инновационной культуры.

Обзор указывает на необходимость трансформации измерителей, характеризующих инновационную модель развития. При ее формировании каждая страна выбирает те направления деятельности, в которых она наиболее перспективна и конкурентоспособна. Но управление нуждается в актуальной информации, которая учитывает не только национальные особенности, но и глобальные сдвиги. При движении в будущее нельзя опираться на индикаторы прошлого, поскольку возможны неадекватные решения. В этом плане европейскими экспертами проделана огромная работа – дана характеристика тенденциям в сфере информационного обеспечения принятия решений в области инновационной политики, которые сложились в мировой практике. И поэтому Обзор инновационного развития как образец удачного бенчмаркинга должен быть взят на вооружение белорусским истеблишментом, формирующим инновационную стратегию страны.

та инновационной системы. С этой целью необходимо расширять спектр региональных программ, усиливать их координацию с прочими инициативами в смежных областях (например, повышение конкурентоспособности промышленных предприятий, развитие села, укрепление кадрового потенциала). Существенным дополнением к решению проблем социально-экономического развития может стать повышение роли низовых звеньев в разработке и реализации региональных программ, усиление координации между региональными участниками НИС, наращивание потенциала местных органов власти в области управления и координации крупных инновационных проектов.

#### ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕДАЧА ЗНАНИЙ

Составители обзора отмечают, что концентрация исследовательской деятельности республики и незначительное участие в ней предприятий идут вразрез с распространенной международной практикой. Сложившаяся ситуация не способствует развитию мощного инновационного потенциала на уровне реального сектора экономики. Исправить положение вещей можно, пересмотрев стратегическую направленность инновационной политики. Ее следует переориентировать и вместо передачи инноваций из научного сектора в промышленность строить инновационную систему на основе предприятий. Необходимо постепенно реинтегрировать науку и исследования в сектор коммерческих предприятий. Для этого нужно укреплять связи между вузами и научно-исследовательскими

участниками инновационной деятельности, включая государственные организации, научно-исследовательские и академические институты, развивать разнообразные формы деловой и административной поддержки предпринимательства.

В Беларуси реализованы разнообразные инициативы по поддержке инноваций, включая Государственную программу инновационного развития на 2007–2010 гг. и сменяющую

ее программу на 2011–2015 гг. Накопленный опыт, предполагают аналитики, поспособствует совершенствованию политики в данной сфере. В этой связи оценка результативности инновационных программ, проектов и инструментов должна носить не только перспективный, но и ретроспективный характер, охватывая как количественные, так и качественные показатели достижения поставленных целей и задач. Такая ретроспекция должна

эффективно использоваться при подготовке решений на последующих стадиях разработки государственной политики. Рекомендуется проводить независимую международную экспертизу для определения сильных сторон и перспективных направлений развития и слабых сторон, нуждающихся в совершенствовании.

По мнению европейских экспертов, государству следует предпринять меры по усилению регионального компонен-

институтами, включать подразделения фундаментальной науки в структуру университетов; постепенно реорганизовывать часть действующих НИИ с целью обслуживания нарождающегося сектора высокотехнологичных малых предприятий (по примеру институтов Фраунгофера в Германии). При этом все структурные изменения должны носить добровольный и постепенный характер, получить одобрение основных заинтересованных сторон и поддерживаться соответствующей государственной программой. Любая реорганизация научно-исследовательской системы должна привести к формированию государственных или коммерческих организаций с согласованным набором функций, жизнеспособных в среднесрочной перспективе и располагающих возможностями по наращиванию потенциала в профильных сферах деятельности.

По мнению аналитиков, наука в Беларуси излишне ориентирована на практическое внедрение результатов, что может отрицательно сказаться на качестве исследований. Имеющиеся механизмы определения научных приоритетов, будучи чрезмерно централизованными, сокращают возможности реализации инициатив, не вписывающихся в такие приоритеты. Упор на коммерциализацию представляется логичным в краткосрочной перспективе, но в более отдаленном будущем это будет иметь негативные последствия для развития науки.

Для обеспечения более сбалансированного сочетания коммерческих и научных задач в работе научных учреждений государству следует рефор-

мировать систему бюджетного финансирования науки, что позволит предотвратить снижение уровня исследований по причине чрезмерной коммерциализации. С этой целью рекомендуется дифференцировать различные виды исследований (фундаментальные,

прикладные, конструкторские разработки) с точки зрения целей, структуры проектов и стимулов. Плюс ко всему стоит диверсифицировать систему финансирования науки, предоставлять индивидуальные гранты, поддерживать проекты и тематические программы

не только в соответствии с административно устанавливаемыми приоритетами, но и согласно спросу заинтересованных сторон и участников инновационной деятельности. Существующая в республике система инструментов инновационной политики



**Анна ПОБОЛЬ, международный эксперт, преподаватель кафедры теоретической и институциональной экономики БГУ, кандидат экономических наук, доцент:** Подготовка

обзора сопровождалась активной и скрупулезной работой, которая завершилась созданием, на мой взгляд, грандиозного документа, имеющего важное значение для нашей страны. Это стало возможным благодаря высокой квалификации и профессионализму зарубежных экспертов, а также тщательной подготовительной и координационной работе руководства со стороны Беларуси и ЕЭК ООН. Зарубежные аналитики приехали в нашу страну, предварительно выполнив большое домашнее задание: им было предоставлено огромное количество статистических материалов и отчетов о развитии науки в нашей стране. Они были заранее изучены, поэтому во время визита речь шла не о знакомстве с ситуацией, а об уточнении качественных параметров НИС, зафиксированных в цифрах, и формировании логически завершенного образа системы и тенденций ее развития на основе имеющихся данных. Кроме того, экспертам был предложен список правительственных, неправительственных и международных организаций, которые они выбрали для обсуждения интересующих их вопросов. Были заслушаны представители власти, ученые, предприниматели и другие заинтересованные лица.

Хотя формально каждый исследователь отвечал за написание конкретной, своей главы, в целом работу можно назвать командной. Потому что обсуждать полученные результаты собирались вместе, бурно дискутировали, отстаивали свои мнения, которые не всегда совпадали. Зарубежные эксперты отметили готовность белорусов к сотрудничеству, боль-

шое количество доступной информации, а также то, что многие замечания относительно функционирования НИС осознаются и объясняются самими респондентами. Это позволило сформулировать рекомендации в области инновационной политики с учетом не только внешнего впечатления, но и основываясь на взглядах «изнутри» самих участников инновационного процесса.

Что касается настроения и мотивации экспертов, то есть соблазн предположить, что западные ученые могли бы власть в две крайности при подготовке обзора – либо отделаться холодными формальными критическими замечаниями, либо попытаться, наоборот, «задобрить» Правительство похвалами в адрес действующей политики. Но, минуя названные крайности, был подготовлен документ, отражающий исключительно доброжелательный, искренне надеющийся оказаться полезным и именно поэтому объективный взгляд со стороны.

Некоторые эксперты были родом из стран, в которых и экономические, и инновационные системы претерпели в последние десятилетия серьезные трансформации. Марина Ранга из Румынии, Славо Радошевич из Хорватии, Анна Кадерабкова из Чехии не понаслышке знают о проблемах формирования НИС и владеют конкретным опытом того, что именно необходимо сделать, чтобы проблемы разрешить. Видимо, поэтому основным результатом обзора стала не только критика – ведь многие наши недостатки мы знаем сами, – а именно предложения по развитию НИС Беларуси, в том числе по реализации дальнейших совместных международных проектов с активным вовлечением в них белорусского научного сообщества. На мой взгляд, возможности, которые получила республика благодаря проведенному обзору, по-настоящему ценны, и следует в полной мере их использовать.

создает мощные стимулы для обновления ассортимента и технической модернизации, но в значительно меньшей степени поощряет подлинные инновации. Правила бюджетного финансирования одинаково применяются ко всем проектам, не приветствуется разумный риск, что ведет к предпочтительной реализации технически выверенных разработок в ущерб истинным нововведениям. Поэтому первоочередной задачей становится четкое разграничение между поддержкой настоящих инноваций и инвестированием в модернизацию производства. По замечаниям экспертов, последняя в нашей стране осуществляется в рамках широкого спектра программ, финансируемых из отраслевых инновационных фондов. Для повышения эффективности механизмов и инструментов поддержки инноваций рекомендуется пересмотреть функции таких структур и изучить целесообразность их существования с позиций передового международного и национального опыта. Следует диверсифицировать меры государственной поддержки инновационной деятельности и внедрять новые инструменты, основанные на понимании риска как неотъемлемой части инновационного процесса.

Одним из ключевых факторов экономического роста является эффективная интеграция в международные технологические связи и расширение сотрудничества с зарубежными партнерами. Успешное решение этих задач потребует дальнейшей либерализации и открытия экономики, поддержки субконтракции и прямых иностранных инвести-

ций, встраивания белорусских участников инновационной деятельности в глобальные инновационные цепочки. Для более активной передачи технологий и распространения научных разработок внутри страны предлагается увязать меры стимулирования ПИИ и субконтракции с решением инновационных задач, развивать новаторский потенциал малых и средних предприятий, содействовать установлению их долгосрочных кооперационных связей с крупными компаниями в стране и за рубежом, развивать с ними стратегическое партнерство.

Аналитики отмечают, что объем прямых иностранных инвестиций за последние годы возрос, а дальнейший приток, в том числе из соседних стран СНГ, будет зависеть от многих условий, включая состояние бизнес-среды и динамику развития интеграционных процессов в регионе. Для более интенсивного привлечения ПИИ рекомендуется расширить полномочия Национального агентства по инвестициям, включив в его функции решение вопросов, связанных с инновациями и технологическим развитием.

#### **СВЯЗИ МЕЖДУ НАУКОЙ И ПРОИЗВОДСТВОМ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ИННОВАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ**

В стратегических документах и нормативной базе Беларуси на первый план выходят правовые и административные аспекты, в то время как основная функция государственной политики состоит в установлении правил и институциональных рамок, отражающих интересы общества и создающих механизмы, поощряющие

коммерческое использование научно-исследовательских разработок. Административные указания или принуждение не могут полностью заменить экономические стимулы. Разработчики должны получать выгоду от инновационной деятельности, обладать четко определенными правами на созданные ими объекты интеллектуальной собственности. В этой связи европейские эксперты рекомендуют:

- предоставлять научным учреждениям право самостоятельно распоряжаться правами на ОИС, включая возможность отдельных ученых и исследовательских коллективов получать долю вознаграждения от их использования;
- разработать и ввести в действие внутренние правила распоряжения интеллектуальной собственностью, распределения финансовых выгод, соблюдения авторских прав на результаты исследований, урегулирования конфликтов и взаимоотношений с третьими сторонами;
- обучать сотрудников научных учреждений, занимающихся коммерциализацией НИОКР, основам правовой охраны интеллектуальной собственности;
- содействовать становлению института инновационных брокеров, обеспечивающих взаимодействие науки и производства.

Чтобы сблизить эти две подсистемы, необходимо установить механизмы, обеспечивающие прямое включение потребностей промышленности в рабочие планы научных учреждений, минуя посредничество государственных научно-технических программ; обеспечить бюджетное финансирование таких разработок по запросам предприятий. Для

усиления связей между наукой и производством необходимо принимать во внимание не только качество выполненных работ, но и степень их применения на практике. В ходе предварительного отбора проектных заявок и при поощрении участников выполненных проектов следует учитывать показатели передачи прав интеллектуальной собственности и научно-технических разработок из науки в промышленность.

Авторы обзора одним из серьезных источников доходов для научных учреждений называют трансфер технологий, обеспечивающий вовлечение научно-исследовательских кадров в коммерциализацию НИОКР. Этот процесс нужно интенсифицировать за счет расширения спектра услуг (юридического, финансового, маркетингового), введения экономических стимулов, повышающих предпринимательскую активность в научной среде; внедрения новых форм передачи знаний и технологий, например государственно-частное финансирование разработок, адресное стимулирование коммерческих структур и создание предприятий на базе новых технологий. Следует оказывать методическую поддержку научным организациям, осуществляющим трансфер технологий.

Эксперты отмечают ключевую роль новых высокотехнологичных фирм в обеспечении взаимодействия науки и производства. Для стимулирования и роста таких структур необходимо провести критический анализ имеющихся барьеров и разработать комплекс мер по улучшению условий функционирования и внедрению ме-

ханизмов целевой поддержки высокотехнологического сектора.

**ФИНАНСИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

Эксперты ЕЭК ООН отметили, что система финансовой поддержки инновационной деятельности в Беларуси развита недостаточно, особенно в сфере малого предпринимательства и предприятий-экспортеров. По мере продвижения республики по пути «догоняющего развития» будет возрастать потребность в институтах долевого финансирования: рынков ценных бумаг, неформальных инвесторов, венчурных фондов. И здесь на первый план выйдет эффективный банковский сектор и вспомогательные структуры, создающие благоприятные рамочные условия для привлечения инвестиционных средств.

На уровне государства рекомендуется предпринять меры по расширению системы финансовой поддержки ин-

новационной деятельности и предоставлению налоговых льгот для инновационных предприятий и малого бизнеса. Среди них – льготное кредитование, инновационные ваучеры и гранты, государственные гарантии по кредитам, предоставление целевой государственной поддержки развитию эффективной инфраструктуры частного финансирования инновационных проектов на ранних этапах их реализации.

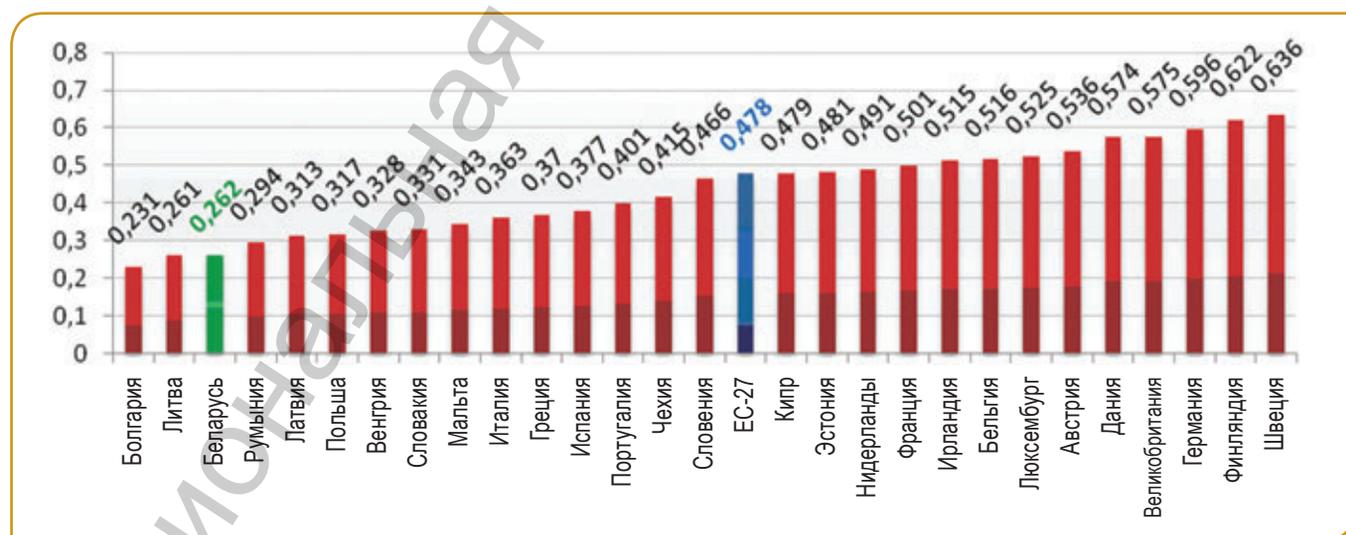
По мнению европейских экспертов, система государственной поддержки инноваций в Беларуси должна допускать более высокий уровень риска и проявлять большую терпимость к неудачам отдельных проектов. Признание риска как неотъемлемой части инновационного движения должно найти отражение в механизмах господдержки. Такowymi могут быть гранты, учреждаемые для поисковых проектов и выделяемые независимо от их результатов; возможность неуспешной реализации части

проектов; определение конкретных условий неприменения предусмотренных правилами санкций за неудачу, усовершенствование порядка оценки завершённых разработок с четкими критериями для применения пониженных требований к уровню риска для прорывных и перспективных работ.

В Беларуси реализуется широкий спектр программ поддержки инновационной деятельности. Но, по мнению составителей обзора, часть из них является программами инвестиций в технологическую модернизацию, а не подлинными инновациями. Эксперты считают, что эти понятия необходимо четко разграничивать. Результаты инвестиционных проектов легче поддаются прогнозированию, что делает их более пригодными для кредитования банками. Поэтому в данном случае государственная поддержка может быть оправданной лишь тогда, когда банковская система не предоставляет кредиты в достаточном объеме либо явля-

ется дискриминационной по отношению к некоторым видам инвестиций и категориям инвесторов (малый бизнес, экспортеры, предприятия сферы услуг). А вот спектр способов и механизмов поддержки подлинных инноваций должен быть значительно расширен. Конкретные шаги в данном направлении могут включать:

- господдержку инвестиционных проектов только для малых и средних предприятий;
- выработку четких критериев предоставления государственной поддержки подлинным инновационным проектам с высокими рисками;
- расширение и диверсификация механизмов поддержки настоящих инноваций с учетом стоимости, продолжительности, рискованности проекта и иных критериев;
- управление такими механизмами специализированными финансовыми институтами, а не государственными органами управления (например, Белорусским инновационным фондом, венчурными структурами).



Беларусь в контексте сводных индикаторов инновационного развития ЕС

Действующая в Беларуси система поддержки инноваций достаточно усложнена, и некоторые участники (особенно малые и средние предприятия) могут испытывать трудности во взаимодействии с ней. Системой предусмотрено установление довольно четких параметров ожидаемых результатов (конкретные виды продукции, экономические показатели), но большинство успешных инноваций характеризуются слабой предсказуемостью результатов. В этой связи рекомендуется пересмотреть структуры государственных программ, разделив их на три категории: технологические, целевые, широкопрофильные. Эксперты советуют исключить поддержку программ модернизации из сферы деятельности государственных инновационных программ (возможно, сделав исключение для малых и средних предприятий), а также разработать широкопрофильную инновационную программу, не имеющую конкретной технологической или отраслевой привязки.

#### ИННОВАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Успешное инновационное развитие экономики Беларуси неразрывно связано с внешней торговлей, в том числе высокотехнологичной продукцией. В этой связи европейские аналитики рекомендуют поощрять интернационализацию компаний, занятых в наукоемких сферах деятельности. Это предполагает не только стимулирование экспорта, но и облегчение импорта как одного из важных механизмов распространения инноваций.

Примерами конкретных мер в этом направлении являются: пересмотр требований сертификации, стандартов и иных технических норм, препятствующих торговле; использование механизма государственных закупок как инструмента, позволяющего белорусским фирмам провести апробацию новой технологии на начальных этапах ее разработки для последующего выхода на международные рынки; содействие наращиванию потенциала малых и средних компаний в области международного маркетинга, управления интеллектуальной собственностью и иных сферах, имеющих прямое отношение к внешнеторговой деятельности.

В последние годы Беларусь реализован ряд новых инициатив, направленных на расширение экономического сотрудничества в рамках региональных интеграционных объединений (СНГ и ЕврАзЭС). Они служат базой для более тесного сотрудничества в области науки и технологий и реализации совместных инновационных проектов. В развитие такого взаимодействия эксперты советуют инициировать международные соглашения по обмену научно-технических ресурсов для инновационной деятельности, включая совместное использование оборудования, создание совместных лабораторий, международных научно-исследовательских центров, виртуальных сетей библиотек, баз данных научной информации, материалов и образцов.

В стране пока отсутствует комплексная стратегия в области международного сотрудничества, охватывающая

международные аспекты инновационных процессов. В этой связи назрела необходимость в подготовке такого документа, дополняющего существующую политику и деятельность различных компонентов национальной инновационной системы. Конкретные шаги в данном направлении могут включать:

- разработку и внедрение мер стимулирования международного взаимодействия в интересах развития национального инновационного потенциала;
- формирование специализированных агентств или бюро международного научно-технического сотрудничества для осуществления функций координации и контроля за ходом реализации комплексной стратегии;
- целевую поддержку развития международных сетевых структур и профессиональных контактов участников НИС, в том числе между технопарками, центрами трансфера технологий и образовательными учреждениями.

Составители обзора считают, что активизации научного взаимодействия будет способствовать использование возможностей международной технической помощи. Для более конструктивного использования ее механизмов целесообразно наращивать потенциал научно-исследовательских организаций в деле развития международного сотрудничества, включая снижение языковых барьеров; предусмотреть компенсацию разработчикам качественной проектной заявки и финансовых приложений к ней независимо от результатов их рассмотрения; предоставлять льготы и освобождать от налогов сред-

ства, полученные учеными на реализацию малых научных проектов.

По мнению аналитиков, в Беларуси уже проделана большая работа по налаживанию связей с иностранными партнерами на уровне организаций, но требуются дальнейшие усилия для развития профессиональных контактов с ними. Студенческая мобильность тоже имеет огромное значение для процессов обмена знаниями и генерации новых идей. Но активный выезд ученых на постоянное жительство за рубеж может иметь отрицательные последствия для развития отечественного научного потенциала. Авторы обзора отмечают, что расширение границ международного обмена знаниями при одновременном недопущении «утечки мозгов» требует сбалансированных подходов к разработке и реализации мер государственной политики. В этой связи рекомендуется обеспечить эффективную поддержку и стимулирование участников международных проектов: максимально упростить соответствующие процедуры, содействовать участию белорусских ученых в конференциях, ознакомительных поездках, стажировках за рубежом, стимулировать возвращение ученых, уехавших за границу, обеспечить достаточный уровень оплаты талантливых научных работников, сохранять и развивать контакты с белорусскими исследователями-эмигрантами.

По материалам Обзора инновационного развития Республики Беларусь подготовила Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

# Практика – критерий истины

Светодиоды уже давно применяются в технике для решения огромного количества специализированных задач, однако теперь мы можем наблюдать, как они врываются в нашу повседневную жизнь в новом качестве, претендуя на роль основных источников света, причем не только в промышленности, но и в быту. О перспективах развития новой технологии освещения, особенностях светодиодов, потенциале и реализации в конкретных проектах рассказывают ведущие специалисты Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий.

– Успешные организации часто, несмотря на формальную дату создания, имеют богатую историю. Можно ли это утверждение отнести к вашему центру?



**Юрий ТРОФИМОВ,** директор Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, кандидат технических наук: Началом нашей активной деятельности в области оптоэлек-

троники, в частности светодиодных технологий, можно считать 1977 г. Тогда, еще в Институте электроники, функционировало три лаборатории, работа которых была напрямую связана с оптической обработкой информации и оптоэлектроникой. Именно они после организационных перестроек стали основой для нашего центра, что во многом и определило область нынешних научных интересов: это исследование и разработка оптоэлектронной элементной базы для создания высокоэффективных фотосенсорных, дисплейных и осветительных устройств, новых технологий для их практической реализации, создание перспективных светодиодных устройств и систем различного назначения.

– Таким образом, центр изначально ориентирован на практическое применение научных идей или все-таки наука находится на первом месте?

**Юрий Трофимов:** Можно разработать интересную концепцию, систему, но этого недостаточно – ее надо реализовать, причем сделать это так, чтобы она была успешной на рынке – в современных условиях «голые» идеи стоят недорого. Непростая в реализации, но необходимая и важная

задача коммерциализации научных разработок заставляет нас заниматься полным комплексом работ, начиная с НИОКР и заканчивая поиском потребителей и продажами. Здесь, на мой взгляд, уместно вспомнить такое крылатое выражение, как «практика – критерий истины», которое мы рассматриваем, возможно, в несколько необычном контексте: чтобы был долгосрочный спрос на продукцию, она должна быть непременно качественной и надежной. Достичь этого без научных подходов практически невозможно. Так, с 70-х гг. мы начали контролировать себя практикой, когда впервые стали разрабатывать изделия для приборостроительного завода им. Ленина, куда поставлялись оптоэлектронные преобразователи, подсветки для ЖК-индикаторов и многое другое. Наши научные идеи доказали свою жизнеспособность – и мы в настоящее время плодотворно сотрудничаем со многими отечественными и зарубежными предприятиями.

– Чем обусловлен такой интерес именно к светодиодным технологиям?



**Сергей ЛИШИК,** ученый секретарь Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, кандидат технических наук: Дело в том, что светодиоды обладают рядом выдающихся

характеристик. К ним можно отнести высокую световую отдачу на уровне натриевых газоразрядных ламп и металлогалогенных ламп. Помимо этого, у светодиодов исключительная механическая прочность, виброустойчивость, направленность вывода света и очень длительный срок службы, составляющий от 30 до 100 тыс. часов.

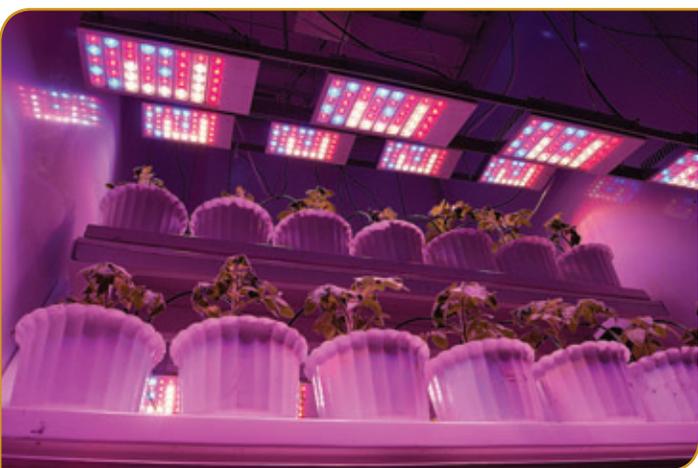
Кроме того, они малоинерционны – включаются сразу на полную яркость, а количество циклов включения-выключения не оказывает существенного влияния на срок службы. При этом светодиоды безопасны, экологичны и работают в широком диапазоне температур. В целом совокупность этих характеристик позволяет говорить о больших перспективах развития светодиодных технологий и их повсеместном использовании в нашей жизни.

– Тем не менее нередко можно услышать утверждения о том, что светодиодный свет малопригоден для применения из-за его относительно низкого качества и высокой цены. Насколько это верно?



**Валерий ПОСЕДЬКО,** заведующий научно-исследовательским отделом Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, кандидат технических наук: Существует такой

показатель, как индекс цветопередачи, который позволяет оценить качество освещения и характеризует уровень соответствия естественного цвета видимому при освещении тем или иным источником света. Чем ниже этот показатель, тем хуже передаются цвета. Так, у натриевых светильников, применяемых в уличном освещении, это значение менее 40, у бытовых люминесцентных ламп он, как правило, составляет 60–90, у галогенных – более 90. Индекс цветопередачи у ламп накаливания и у неба Северного полушария считается равным 100, при этом лампы накаливания очень слабы в освещении синих тонов, а северное небо, в свою очередь, слабо при освещении красных тонов. Особенность же светодиодного



Пилотные системы светодиодного освещения для теплиц

света – в его настраиваемости: изготовить светодиодный светильник можно с индексом цветопередачи, близким к предельному значению. Все вопросы снимает один любопытный факт: в мае 2005 г. светодиодами была освещена «Мона Лиза» в Лувре – индекс цветопередачи системы составил 100, при этом, в отличие от ламп накаливания, были качественно высвечены синие цвета. Качественная цветопередача требуется во многих практических применениях – в медицине, искусстве, текстильной промышленности и других областях. Художники хотят рисовать, а врачи делать операции только при очень качественном освещении, и светодиодный свет может его обеспечить. Наш центр получил предложение заняться освещением в Национальном художественном музее, мы также плодотворно работаем и с медиками. Относительно высокая цена светодиодного света – это его единственный и вместе с тем временный недостаток, который уже сейчас не является определяющим в ряду других достоинств.

**– С точки зрения обывателя, работа со светодиодами относительно проста или здесь скрыты свои «подводные камни»?**

**Юрий Трофимов:** При создании готовых изделий всегда приходится решать множество как мелких, так и крайне серьезных проблем. Для получения эффективного и надежного светодиодного устройства со сроком службы более 10 лет необходимо

комплексно оптимизировать тепловую, оптическую и электрическую системы светильника. Мелочей здесь быть не может. Например, светодиодные модули для промышленного применения необходимо покрывать лаком с целью защиты от воздействия окружающей среды и увеличения долговечности. Однако он может иметь свою цветность, менять оптические свойства светодиода, «трещать», накапливать пыль – и эти проблемы нужно решать. В целом, если какие-то элементы в технологии производства будут упущены либо недостаточно разработаны, результаты эксплуатации могут оказаться неудовлетворительными.

**– Много организаций, особенно китайских, занимаются вопросами светодиодного освещения, предлагая относительно недорогие решения. В чем преимущества центра?**

**Юрий Трофимов:** Имея достаточно большой опыт работы в области светодиодных технологий, а также обширные контакты в этой сфере, я могу смело утверждать, что наш центр значительно отличается от других. Дело в том, что свою продукцию мы всегда создаем на основе глубокого научного понимания проблемы, анализа элементной базы, множества предварительных исследований и апробаций. Мы контролируем линзы, рефлекторы, отражающие и светоизлучающие поверхности – оценке

подлежат все параметры, которые нужно учитывать при разработке систем освещения. Для повышения качества нашей продукции в течение последних трех лет мы приобрели и запустили прецизионный и эффективный комплекс измерительного и контрольного оборудования производства немецкой фирмы Instrument Systems – мирового лидера в этой области.

**– На рынке представлено множество производителей светодиодов, кто из них выступает в роли поставщиков комплектующих?**

**Валерий Поседейко:** Мы создаем нашу продукцию исключительно на «брендах» светодиодной отрасли – Philips, Cree, Nichia – и имеем непосредственные контакты с изготовителями светодиодов. Это обеспечивает высокое качество готовых изделий, позволяет гарантировать многолетнюю безотказную службу. Мы считаем, что это нужно подчеркивать, доносить до покупателя, поэтому ведем переговоры и, возможно, получим право маркировать изделия товарными знаками фирм – производителей светодиодов, например Philips Lumileds Inside.

**– Каков вклад импортируемых комплектующих в конечную стоимость продукции?**

**Юрий Трофимов:** Если говорить о степени локализации наших изделий, то в настоящее время она, например, для уличных светильников в зависимости от модели составляет 70–83% – большая часть создается белорусскими подрядчиками. Однако при расчете этого показателя нужно учитывать, что в нем заложена стоимость импортируемых энергоносителей, металла, материалов, и поэтому реальную импортную нагрузку рассчитать затруднительно. На мой взгляд, рациональнее оценивать количество использованных новых решений, ноу-хау.

**– Очевидно, что качественная высокотехнологичная продукция не может стоить дешево. Не отпугивает ли цена потенциальных потребителей?**

**Валерий Поседейко:** Анализируя белорусский рынок систем светодиодного освещения, можно сказать, что потребители не всегда согласны платить за экономию электроэнергии. Это во многом связано

с тем, что пока она у нас относительно дешевая, тарифы по сравнению с другими странами отличаются не на проценты, а в разы. Скорее всего, с учетом общемировых тенденций, это временное явление, и вплотную заняться вопросами экономии рано или поздно придется.

**Сергей Лишик:** Если говорить исключительно про затраты энергии, то энергоэффективность светодиодной лампы по сравнению с лампой накаливания выше в 10–12 раз, галогеновой – в 5–6 раз, компактной люминесцентной – в 2 раза. При этом нужно учитывать, что традиционные источники света по разным причинам вытесняются из производства. Так, например, в Европе к 2013 г. планируется полностью отказаться от выпуска ламп накаливания и значительно ограничить выпуск неэффективных галогеновых ламп. Что же касается люминесцентных ламп, то они требуют дорогостоящих мероприятий по утилизации, поскольку в них содержится вредное для здоровья человека вещество – ртуть. Показательным примером является поведение всемирно известной компании IKEA, которая, согласно обновленным планам, в ближайшее время откажется от продаж энергосберегающих газоразрядных ламп, заменив их на светодиодные. Таким образом, можно смело утверждать, что за светодиодным освещением – будущее.

**– Планируется ли создание белорусского производства светодиодов?**

**Юрий Трофимов:** Такой вопрос поднимался, но при его рассмотрении нужно учитывать, что только очень технологически развитые страны, такие как Япония, США, Германия, Корея, добились успехов на этом поле, и всего 3–4 компании в мире обладают производством по полному циклу и получают результаты мирового уровня. Эти организации, связанные между собой патентными кросс-лицензиями, образовали своего рода крупнейший научно-технологический конгломерат и вышли на объемы производства в миллиарды долларов. Это свидетельствует о том, что рынок поделен и компании-гиганты завоевали свое место под солнцем. Например, только фирма Philips вложила за последние годы в развитие светодиодной техники 6 млрд евро. Как может с ними

конкурировать гипотетическое белорусское производство? Если же взять другое направление – недорогие светодиоды среднего уровня, – то здесь в качестве основного конкурента выступает Китай с огромным количеством уже существующих заводов – соперничать с ним как по цене, так и по качеству, на мой взгляд, нереально и неперспективно. Непонимание сложившейся ситуации приводит к прожектерству, и одна из наших задач – указывать на ошибки в оценках.

**– Какие разработки центра можно отнести к приоритетным?**

**Юрий Трофимов:** У нас есть богатый опыт создания приборов светодиодного освещения, и с 2000 г. мы начали активно сотрудничать с зарубежными компаниями в этой сфере. Среди основных направлений совместной деятельности – RGB прожекторы, управляемые по сетевому протоколу DMX512. В СНГ такое оборудование впервые было создано нашим центром совместно с российской компанией «Лайтмастер». Оно обеспечивает создание цветодинамического освещения и успешно используется в архитектурной подсветке и шоу.

**Валерий Поседько:** Кроме того, в 2003 г. совместно с российской компанией «Кванд» мы начали плотно работать над созданием светодиодного освещения для VIP-салонов самолетов. Для всего центра это была очень серьезная «контрольная работа» – в мире тогда мало кто занимался решением таких задач, кроме того,

интегрировать новые электроустройства в бортовую сеть самолетов крайне сложно. Чтобы обеспечить высокое качество системы, нам пришлось вместе с партнерами из Летно-исследовательского института им. М.М. Громова проводить апробацию нашего освещения при температурах от -60 до +85 °С, проверять на колоссальные ударные нагрузки, причем все это делалось, можно сказать, впервые. Нам удалось создать светодиодную замену практически для всех традиционных источников освещения и информационных устройств в салоне самолета и установить там светодиодную осветительную технику общей мощностью 2 кВт. Решив эту сложнейшую задачу, показав свои возможности, мы «спустились на землю» – с 2004 г. стали применять аналогичные системы в железнодорожном транспорте, в первую очередь в пассажирских вагонах. Всего с нашим участием в период с 2003 по 2011 г. смонтировано порядка 50 салонов самолетов и около 50 вагонов, которые успешно эксплуатируются до сих пор.

**Юрий Трофимов:** Примерно в это же время мы начали работы по освещению наружного пространства, а затем, образно говоря, спустились еще ниже – под землю, в метрополитен. Кроме того, по просьбе РУП «Белавтострада» создали специализированные дорожные знаки «Пешеходный переход», одновременно освещающие пешеходные переходы. От Орши до Бреста их установлено около 20, при этом стоит



Уличное светодиодное освещение



УФ-принтер Mimaki JF 1610

отметить, что эту разработку мы сделали одними из первых в мире. В итоге имеем более чем 6-летний опыт использования таких устройств, который, кстати, показал, что эксплуатационные проблемы светодиодного освещения возникают чаще по причинам некачественного блока питания или корпуса устройства. С надежностью и работоспособностью самих светодиодов вопросов не возникало, несмотря на жесткие условия их работы. Получается, что, помимо технологий, научного базиса, именно опыт позволяет нам успешно участвовать во множестве проектов как в Беларуси, так и за ее пределами.

**Сергей Лишик:** Еще один крупный проект – разработка уличного светильника. Из опытного образца он превратился в целую гамму серийных осветительных приборов, «закрывающую» требования по освещению всех типов дорог – начиная от проселочных и заканчивая магистральными. Сейчас эти высокотехнологичные устройства, в которых реализован ряд ноу-хау, совместно с Центральным конструкторским бюро НАН Беларуси выпускаются как для внутренних нужд, так и на экспорт.

**Валерий Поседько:** Востребованными оказались наши разработки по светильникам для швейных машин. Особенность этих светильников – повышенная устойчивость к вибрационным нагрузкам. После апробации опытного образца было изготовлено 250 таких систем освещения, которые на данный момент успешно функционируют на известном предприятии «Элема».

**Сергей Лишик:** Мы активно работаем и в системе ЖКХ, предлагаем свои светильники для освещения подъездов, лестничных клеток, коридоров, а также оказываем бесплатные услуги по разработке светотехнических проектов. Сначала заказчик может получить модель, с помощью которой еще на этапе проектирования определяется уровень освещенности объектов, а затем уже сам светильник.

**Юрий Трофимов:** При реализации проектов особое внимание уделяется вопросам экспорта. Так, недавно нами подписан контракт на поставку свыше тысячи сборочных комплектов светодиодных уличных светильников на Украину для освещения объектов инфраструктуры

чемпионата Европы по футболу в 2012 г. Готовится сборочное производство в Азербайджане, планируется продажа систем освещения в Германию, Казахстан, Россию и Латвию. Надо отметить, что требуемое правительством соотношение продукции, реализуемой предприятиями на внутреннем рынке и на экспорт, – 35 и 65% – было заложено в нашем бизнес-плане еще три года назад.

**– Занимается ли центр «чистой» наукой?**

**Валерий Поседько:** Значительная доля научной деятельности – это прикладные исследования, определяемые практическими задачами. Тем не менее у нас достаточно публикаций в престижных журналах, а недавно поступило предложение от Санкт-Петербургского академического университета – научно-образовательного центра нанотехнологий РАН, ректором которого является нобелевский лауреат Жорес Алферов, о проведении совместных исследований и создании белорусско-российской службы метрологии светодиодов. Есть в активе центра и серьезные технологические достижения – получение тонких фотопроводниковых пленок методом трафаретной печати, методы исследования элементной базы, активно ведутся совместные работы с Институтом физики НАН Беларуси, Белорусским национальным техническим университетом, Институтом медико-биологических проблем РАН, Институтом теоретической и прикладной электродинамики РАН, Институтом физики полупроводников НАН Украины и многими другими учреждениями. Для успешной деятельности необходима синергия, определенный гармоничный баланс между наукой и практикой, добиться которого бывает очень непросто.

**– Какие разработки, нашедшие применение на практике, можно назвать вашим научным ноу-хау?**

**Сергей Лишик:** Примером может послужить наш биотехнологический комплекс выращивания растений в замкнутых помещениях. У обывателя может возникнуть ощущение, что это очень просто, однако это совсем не так. Сейчас один гектар высокотехнологичного тепличного хозяйства стоит очень дорого – порядка нескольких миллионов евро. Срок окупаемости составляет 15–20 лет, при этом в зимнее время затраты на освеще-

нение огромны, и светодиодные системы могут существенно сократить издержки, а значит, сделать инвестиции в оборудование более привлекательными. Этой проблемой занимаются практически во всем мире, и мы не остаемся в стороне – совместно с Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси, а также российскими коллегами исследуем особенности выращивания растений при искусственном свете. Эти разработки могут иметь широкую область применения – от типовых теплиц до использования в космосе, на морских судах, подводных лодках и т.д. Нужно отметить, что у нас уже есть первые успехи – в недавно законченном проекте «Марс-500» по имитации пилотируемого полета на Красную планету использовалась система, созданная с нашим участием.

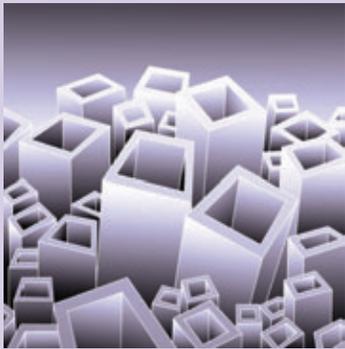
**– Получает ли правовую охрану интеллектуальная собственность центра?**

**Юрий Трофимов:** Безусловно, у нас есть патенты на промышленные образцы, полезные модели. Однако здесь проявляется несколько специфических для отрасли особенностей – светодиодные технологии быстро обновляются, и патенты не всегда дают преимущества их обладателям, а иногда и вовсе осложняют ситуацию, раскрывая технические тонкости изделий конкурентам. Поэтому патентовать ради самого патентования мы не стремимся, в большей степени рассчитывая на продажу лицензий на производство готовых светодиодных устройств. В этом случае копирование затруднено, поскольку прямой перенос решений без адаптации не будет иметь смысла.

**– Когда рядовые потребители смогут увидеть на прилавках магазинов отечественные светодиодные лампы?**

**Юрий Трофимов:** Думаю, что в следующем году – на Брестском электроламповом заводе уже проводятся работы по разработке ламп прямой замены. Что касается цены, то сейчас высококачественные источники света от известных производителей еще дороги – тот же Philips предлагает их по цене около 37 долл. за штуку. Но стоимость со временем будет падать, и думаю, что 13 долл. – разумный уровень для качественной белорусской лампочки, пригодной для домашнего использования.

Павел ДИК



ПРЕДЕЛЫ НАУК ПОХОДЯТ НА ГОРИЗОНТ: ЧЕМ БЛИЖЕ ПОДХОДЯТ К НИМ, ТЕМ БОЛЕЕ ОНИ ОТОДВИГАЮТСЯ.

ПЬЕР БУАСТ

## Интеграл искомого оптимума: критерии и индикаторы

Социально-исторические критерии – это качественные показатели оценки эффективности науки. Их научно-практическая значимость в равной мере зависит как от адекватного выражения объективного характера исследуемого процесса, так и от недопустимости подмены коренных и перспективных интересов совокупной производительной силы – людей умственного и физического труда ситуационными интересами.

**Илья Левяш**,  
главный научный  
сотрудник Института  
философии НАН  
Беларуси, доктор  
философских наук



Предметом анализа является совокупность индикаторов эффективности научной деятельности. Их вырабатывает статистика (от лат. status – состояние) – наука, изучающая количественные показатели развития общественного производства и общества, их соотношения и изменения в сфере хозяйственной, государственной и социальной жизни, а также в области биологии, физики и т.п., проявляющиеся в массовых явлениях. Истинность ее результатов тем больше, чем больше число наблюдаемых случаев [1].

Необходимо определить форму, которая с возможной адекватностью выражала бы содержание исследуемых процессов, установить параметры «узловой линии мер» – количественных изменений качественных сдвигов. Нахождение такой формы – одно из величайших достижений челове-

чества. Древнегреческий философ и математик, создатель известной теоремы Пифагор (580–500 гг. до н.э.) вообще считал, что «всё в мире есть число», и рожденный в день его смерти Анаксагор (500–428 гг. до н.э.) выявил важнейшие следствия такого понимания для обустройства мира человека: «Вначале все было смешано; тогда появился рассудок и создал порядок» [2].

Позднее человеческий рассудок, точнее разум, раздвоился на науки о природе и науки об обществе с их гораздо более сложным материалом для оценок. К. Маркс создал «Капитал» не только как образец научной глубины, но и как «Монблан фактического материала» (Михайловский), системной статистики изучаемого общественного строя. Автор этого труда писал: «Наука достигает совершенства, когда овладевает математикой». Однако апелляция к количественному анализу вне качественных оценок все же не панацея. Свидетельство тому – взгляды социалиста-утописта Ш. Фурье, который усматривал прямолинейную связь между возрастанием населения Земли до 3 млрд человек и вследствие этого – появлением 37 млн Ньютонов. Эта статистика оказалась умозрительной.

Данный пример, как и подобные ему уроки, свидетельствует о том, что статистике следует опираться не только на очевидные результаты современной информационной революции (ИР), но и на понимание ее природы. Информация – это уже знание о мире, но еще не понимание его смысла, и как никогда актуален вопрос Гете: «Что значит знать? Вот, мой друг, в чем вопрос». Нам доступны лишь антропные смыслы мира. Они не в самом мире, а в способах связей человека с миром и самим собой. Эти связи не всегда поддаются измерению числом, и справедливо замечание немецкого философа, физика, математика и историка Г.-В. Лейбница (1646–1716): «Такие материи, как свобода, добро, справедливость, не видят, как видят лошадь, но и понимают не хуже, а скорее лучше» [3]. Отсюда неутешительный для сторонников самодостаточной статистики вывод экс-президента Международной социологической ассоциации И. Валлерстайна: «Обществоведение должно признать, что оно ищет не просто, а наиболее адекватную интерпретацию сложного» [4].

Тем не менее вне количественного выражения качественные критерии измерения зрелости общества не могут выполнять свою функцию оценки и тем самым – ориентации практики. Эти императивы могут быть исполнены статистикой при условии широкого междисциплинарного подхода при всестороннем учете того, что решительно «все человеческие отношения и функции, в какой бы форме и в чем бы они ни проявлялись, влияют на материальное производство и более или менее определяющим образом воздействуют на него» [5].

Многие весьма существенные индикаторы «всех человеческих отношений и функций» вполне доступны количественному измерению и оценке (например, соотношение живого и овеществленного труда, доля

научемкости продукции, зависимость производительности общественного и индивидуального труда от образования и квалификации работников, состояния законодательно-нормативной базы, степень комфортности деловых коммуникаций (включая их лингвистический аспект), влияние имиджа государства и т.п.).

Следовательно, статистика по своей значимости – не просто «фактор», а фактор факторов, обобщенный, или интегральный, индикатор качественных критериев социально-исторического развития.

Вовлеченность Республики Беларусь в мировой финансово-экономический кризис, как и первые симптомы посткризисного развития, выявили необходимость трансформации статистического знания и практики при достижении приоритетных целей и задач государства и нации.

Опыт стран, в которых еще не исчерпан потенциал экстенсивного роста – практически неограниченные природные ресурсы, недостаточная оплата труда и т.п. – свидетельствует, что, как заметил Ф. Ницше, они «растут, но не развиваются». В государствах-лидерах по пути интенсификации производства, но этот рычаг в силу технологических тупиков (ограниченных возможностей конвейерного и полуавтоматического производства) и социального протеста быстро утратил свою эффективность. На повестке – оптимизация производства общественного богатства, то есть достижение максимальной производительности труда при минимуме человеческого и вещного капитала.

Задача статистики – в режиме мониторинга отслеживать текущее состояние не тех или иных фрагментов, а целостной структуры этого процесса и предоставлять государству и бизнес-сообществу необходимый материал для определения его динамики и далее – принятия и реализации решений.

В этом контексте пристального внимания заслуживают вопросы: «Что такое инновация? Каково ее соотношение с модернизацией»? Бесмысленно в теории и бесперспективно на практике их отождествлять. И вот почему.

Термин «модернизация» при всей его многоликости произведен от исторически общего корня *modern* – «современный» и означает переход от традиционного общества к формированию и развитию современного индустриального. Модернизация – это процесс становления и развертывания исторически сменяющих друг друга этапов его зрелости.

«Последний довод» зрелого модерна, его способности не только воспроизводить себя, но и существенно трансформироваться в стремлении обеспечить себе «долгая лета», заключается в опоре на объективный по своему характеру и во многом инновационный процесс, который выражается полисемантическим термином «глобализация». Сколько бы копий ни было сломано по поводу ее сути, есть устойчивый консенсус, что разрешение противоречий этого процесса возможно в направлении креативной реконструкции деятельности всех его субъектов – личностей, государств, регионов многомерного мира как нового этапа его модернизации.

Кардинальный вопрос: в чем сущность и особенности инновационной деятельности в условиях современности? Ныне инновация нормативно трактуется в соответствии с «Руководством Фраскати». Данный документ, принятый ОЭСР в 1993 г. в одноименном итальянском городе, определяет инновацию как «конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам» [6]. Это определение не содержит ясных критериев новизны, тем более – его индикаторов, и оно не лишено чреватой серьезными последствиями двусмысленности подлинно «нового» и «усовершенствованного».

**ИННОВАЦИЯ – ЭТО НЕ ТОЛЬКО ТЕХНИЧЕСКИЙ ИЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОДУКТ... НО В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ ЭТО ЕЩЕ И НОВЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС, НОВЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ АППАРАТ И МЕНЕДЖМЕНТ**

В содержательном сборнике российских экспертов обоснованно поставлен вопрос «...о теоретической сумятице в понимании... модернизации и инноваций», их соотношении... *Модернизация в теоретическом преломлении и практическом воплощении не равна инновациям* (курсив мой. – И.Л.). Укоренившаяся трактовка модернизации и инноваций как синонимов существенно усложняет начало модернизационных процессов... Модернизация вовсе не обязательно должна привести... к становлению инновационной экономики» [7].

Последний вывод особенно значим в отечественной практике. В обстановке всеобщего ажиотажа вокруг инновационной деятельности как панацеи исхода из всех проблем прозвучал отрезвляющий вопрос российского экономиста Виктора Кудрова: всегда ли нова инновация? «Когда говорят «инновация», – отмечает эксперт, – то часто не задумываются над определением этого понятия. Базой инноваций, естественно, являются... новые знания, новации. Однако инновация – это не только технический или производственный продукт... но в широком смысле это еще и новый производственный и организационный процесс, новый производственный аппарат и менеджмент и даже модернизированный человек – как производитель, так и потребитель этого нового продукта.

Тем не менее инновация, как принципиально новый продукт знаний или НИОКР, может быть новым для одной страны, отрасли или фирмы, но созданным в другой стране, отрасли и фирме и заимствованным у них... *в строгом смысле такой продукт инновацией не считается* (курсив мой. – И.Л.). Инновация – продукт первооткрывателя или первопроходца. Если... страна использует чужую инновацию, что, конечно, хорошо, последняя все же не входит в ее национальный инновационный процесс» [8].

Казалось бы, все ясно, и тем не менее реалии побуждают автора если не отречься от вполне определенного критерия инновационной деятельности как «первооткрывательства, первопроходчества», то микшировать его и явно в

**СТРАНЫ, КОТОРЫЕ ЕЩЕ НАХОДЯТСЯ НА ТРАДИЦИОННОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ И ОБЛАДАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ЭКСТЕНСИВНЫМ РЕСУРСОМ, НЕСМОТЯ НА ТОЧЕЧНЫЕ КРЕАТИВНЫЕ СДВИГИ, ЕЩЕ НЕ ВЫРАБОТАЛИ СИСТЕМУ ПОТРЕБНОСТЕЙ ИННОВАЦИОННОГО ПРОРЫВА И ВЫНУЖДЕНЫ КОНСТАТИРОВАТЬ, ЧТО ДАЖЕ БИЗНЕС НЕОБХОДИМО К НЕМУ ПРИНУЖДАТЬ**

духе «нас возвышающего обмана» констатировать, что, оказывается, он применим только «в строгом смысле». На деле же, пишет он, отделить «свое» и «чужое» в инновационном процессе любой страны очень трудно. И практически «свои» и «чужие» новинки считаются инновациями [8]. Такой сервильный финал можно понять, но, если исходить из долгосрочных, а не конъюнктурных интересов общества, его невозможно принять. Зерна инновационной деятельности нередко действительно трудно отделить от плевел ее имитации, но если этого не сделать сегодня, завтра будет уже поздно.

Поэтому настоятельно необходим ответ на двуединые вопросы. Во-первых, является ли совершенствование традиционных технологий изменениями в пределах их основного качества или происходит действительное обновление, смена этого качества, формирование вначале нового технологического уклада, а затем и способа общественного производства. Во-вторых, верна ли по существу оценка беспспорно необходимого заимствования зарубежных инноваций стран-доноров как национального инновационного достижения страны-реципиента?

Риторический характер этих вопросов требует модернизации системы «общество – производство – управление», ее структурно-динамической перестройки на инновационной основе. «Эта норма, – пишет российский социолог и науковед В. Келле, – достигается... с помощью социально-экономической составляющей инновационного процесса, или его инфраструктуры» [9].

Такая целостность предполагает формирование и развитие своего системообразующего ядра. Оно не безосновно, а в конечном счете обусловлено степенью

зрелости общества в целом. Если обратиться к креативным проектам Да Винчи, то они на века опередили свое время и были заметно «опережающими мыслями». Когда же наступил промышленный век, «синдром Да Винчи» приходилось открывать заново как норму общественного производства.

Так и с инновациями. Страны, которые еще находятся на традиционной стадии развития и обладают значительным экстенсивным ресурсом (например, Россия как энергетическая «сверхдержава»), несмотря на точечные креативные сдвиги, еще не выработали систему потребностей инновационного прорыва и вынуждены констатировать, что даже бизнес необходимо к нему принуждать. Однако при всей приоритетности ядра системы она, подобно колесу, не сводима к своей оси и, в сущности, без «спиц» не является таковой. «Спицы» – это подсистемы инноваций, начиная от транснациональной рыночной конкуренции и заканчивая их научным обеспечением и регулированием взаимосвязей государственно-частного и международного партнерства. В результате формируется и развивается синергетический эффект, когда система является не просто суммой своих составных, а качественно превосходит их.

С таких методологических позиций понимания инновационной деятельности становится возможной и необходимой оценка критериев и индикаторов белорусской модели стабильного развития. Об этой модели впервые было сказано всего десятилетие назад, на Втором Всебелорусском народном собрании в 2001 г. Если обратиться к заявлениям Президента Республики Беларусь, то он определяет белорусскую модель «двузначно». По его словам, «...эту экономику

и политику можно назвать социалистической... Однако если учесть, что у нас беспрепятственно развивается частная собственность... то все это присуще капиталистической экономике. Мы осознаем, в каком направлении развивается мир, и не собираемся оставаться на обочине этого развития».

Самая трудоемкая проблема – в практике синтеза противоположностей – технико-экономической конкурентоспособности и социальной справедливости, и этот синтез уже перестал быть монополией серьезно озабоченных своей социализацией развитых стран. В этом критическом пункте некоторые авторы, похоже, отстают от инициатора белорусской модели. Еще недавно единственным мерилем процесса реформации общества был такой индикатор, как «вал». В Послании-2010 А. Лукашенко подтвердил принципиальную ориентацию государства: «Основным ориентиром во всех сферах деятельности является качество. Качество производимых товаров и оказываемых услуг. Качество управления. И самое важное – качество жизни людей... В глобальном масштабе преимущество будет иметь та экономическая система, которая достигнет более высокой производительности труда, качества продукции и снижения ее себестоимости... Необходимо формировать общую культуру качества в стране... Сегодня на международной арене идет пересмотр принципов функционирования экономических систем. Преуспевающей является та из них, которая постоянно обновляется, впитывая в себя все лучшее из мирового опыта... В этой связи нам жизненно необходим качественный прорыв в отечественной экономике» [10].

Такой подход целиком совпадает с кардинальным разворотом мировой социально-экономической мысли (и хотелось бы надеяться – практики) в направлении интегрального показателя качества жизни. Однако новому подходу, как и всякому иному, противопоставлен максимализм. Вообще отказаться от показателя ВВП невозможно по меньшей мере по двум причинам. Во-первых, страны ближнего и дальнего зарубежья не спешат расстаться с ним

как одним из ориентиров выполнения своих антикризисных программ и дальнейшего посткризисного развития. Во-вторых, определенная сумма материального богатства – исходный пункт его обогащения. Иное дело – как им распорядиться, и здесь уместно напомнить понятие оптимума – не много, не мало, а ровно столько, сколько необходимо для высокопроизводительного труда при минимальной затрате человеческих и материальных ресурсов.

По сути, дискуссия вокруг ориентации на высокие темпы экономического развития проходит под интегралом искомого оптимума. Однако «час истины» в том, что стратегическое решение проблемы динамичного повышения производительности труда и качества жизни обусловлено трансформацией всей системы социально-экономических отношений, прежде всего во многом новой для Беларуси либерализации. Вопрос – в способе «смены вех». Нам уже доводилось писать, что важно не только понимать, но и чувствовать допустимую грань государственного регулирования в конкретно-исторических условиях. Сегодня ясно, что либеральный фундаментализм довел Запад «до жизни такой», и там приходят к необходимости его существенного ограничения. В белорусской реальности госрегулирование, остро необходимое в 90-х гг. для спасения экономики от либерального погрома и социально-политической нестабильности, перешло меру такого воздействия, и искомую «золотую середину» необходимо выстраивать практически заново [11].

Это не просто инновационная, а, по сути, судьбоносная сверхзадача назревшего этапа модернизации страны, и она относится не только к Беларуси, но и к союзной с нами России, всем государствам СНГ и ЕврАзЭС. Сегодня жизненно важно обеспечить практическую реализацию этой проблемы. Развитие общества, конечно, предполагает стабильное воспроизводство его устоев, но не сводится к нему и требует непрерывной динамики. Мы находимся на автобане современности и не собираемся оставаться на обочине развития.

Таким образом, в отличие от известного присловья о статистике, которая «знает всё», можно заключить, что она не знает всего, потому что отвечает на вопрос, что происходит, но не знает, почему, как и куда направлена динамика развития в целях повышения качества жизни народа. Определить эту качественно определенную триаду на основе достоверных и системных количественных индикаторов – задача научно обоснованного и эффективного управления обществом, государством, системой общественного производства.

В этом смысле роль критериев и индикаторов научного знания нельзя приуменьшать, и требует пересмотра традиционная формула «научного сопровождения». По сути, это последняя редакция средневекового удела науки как «служанки». Современная наука призвана быть генератором креативной деятельности. Поэтому между обществом и наукой должны быть отношения не приоритета, а паритета и интеграции, и роль таких отношений неуклонно возрастает по мере перехода процесса модернизации общества на инновационную ступень развития.

## Литература

1. Краткая философская энциклопедия. – М., 1994.
2. Цит. по: Ницше Ф. Сочинения / Ф. Ницше. Т. 1. – М., 1998.
3. Лейбниц Г.-В. Сочинения в 2 т. Т.2 / Г.В. Лейбниц. – М., 1987.
4. Валлерстайн И. Конец знакомого мира. Социология XXI века. – М., 2003.
5. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 26. Ч. 1 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М., изд. 4-е.
6. Электронный ресурс: [ab2b.ru>glossary/methodologies.html](http://ab2b.ru>glossary/methodologies.html).
7. Принуждение к инновациям / Под ред. В.Л. Иноземцева. – М., 2009.
8. Кудров В. Инновационная экономика – веление времени // Современная Европа. №2, 2009.
9. Келле В. Инновационные системы // Свободная мысль. №7, 1997.
10. Послание Президента Республики Беларусь Александра Лукашенко белорусскому народу и Национальному собранию // СБ. Беларусь сегодня. 21.04.2010.
11. Бобков В., Левяш И. Логика глобального реализма // Белорусская думка. №9, 2009.

# Комплекс инструментов ИТ-маркетинга

Окончание. Начало в №11

**Рассмотрев два первых инструмента маркетинга – товарную и ценовую стратегии, – авторы продолжают исследование двух оставшихся: решений по каналам распределения и решений по продвижению продукции, услуг и компании в целом.**

**Владимир Пархименко,**  
завкафедрой  
экономики  
БГУИР, кандидат  
экономических наук,  
доцент



**Виталий Стрех,**  
специалист  
по маркетингу  
ООО «Дженерэйшн-  
Пи Консалтинг»,  
магистр  
экономических наук



**Мария Бондаренко,**  
директор  
по продукту  
GP Solutions GmbH



стратегией охвата рынка, территориальным расположением торговых точек, посредников и торговых представителей и т.п. В отношении традиционных товаров здесь также решаются проблемы транспортировки, складирования и иные аспекты распределительной логистики.

Рассматривая возможные каналы распределения программных продуктов или ИТ-услуг, необходимо исходить из сложности, специфики и целевой аудитории последних. Так, компакт-диски с самыми простыми из них – пользовательскими приложениями или антивирусными программами – можно купить в обычном магазине, и такая ситуация означает для компании и решение вопросов со складированием и транспортировкой данных товаров. Однако для многих программных продуктов, а тем более ИТ-услуг, такой канал распределения не подходит.

**Программные продукты для физических лиц.** В этом случае можно выделить два основных канала распределения: продажа на носителях через обычные розничные торговые сети и размещение продуктов непосредственно в сети Интернет для последующего скачивания пользователями. В первом случае, например на рынке компьютерных игр, нередко активно работают такие посредники, как издатели (video game publishers), а канал дистрибуции может выглядеть в виде достаточно длинной цепочки (рис.).

Онлайн-дистрибуция предполагает прямое скачивание продукта из сети Интер-

нет в устройство пользователя в обход традиционных физических носителей – бумаги и DVD-дисков [1]. Широкому применению такого канала распределения способствует стремительное развитие платежных онлайн-сервисов, превратившее процедуру электронных расчетов между производителем и потребителем в такое же привычное явление, как и оплата наличными.

В связи с этим можно предположить, что доля продаж программных продуктов через Интернет будет возрастать. Всемирно известные электронные каналы распределения – онлайн-магазин фирмы Apple – AppStore и компании Google – Android-market.

**Программные продукты для юридических лиц (организаций).** Программные продукты для организаций также могут распространяться на дисках или через Интернет. Однако зачастую используются расширенные способы дистрибуции. Так, программные продукты средней степени сложности могут продаваться на физических носителях, однако нередко требуют дополнительного участия специалистов, осуществляющих первоначальную установку и настройку системы. И тогда в процесс продаж широко привлекаются посредники: консультанты, системные интеграторы и др. В качестве примера можно привести различные системы бухгалтерского или складского учета, например 1С. Сложные программные продукты в основном предназначены для крупных компаний, рассчитаны на большое количество пользователей, нередко состоят из серверной и клиентской частей. Основных способов «доставки» такого продукта заказчику два: установка на сервер клиента, как правило, силами сотрудников компании-разработчика, или использование продукта на условиях SaaS.

## РЕШЕНИЯ ПО КАНАЛАМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: МОЖЕТ ЛИ ДИСТРИБУЦИЯ БЫТЬ ЦИФРОВОЙ?..

Под распределением в маркетинге обычно понимают комплекс ответов на вопросы, связанные с каналами дистрибуции продукции, их количеством и длиной,

В первом случае ядро и все необходимые функциональные модули устанавливаются на сервере заказчика или компании, предоставляющей соответствующие услуги. На рабочих местах сотрудников устанавливаются необходимые клиентские приложения и осуществляется их настройка. В зависимости от условий лицензии такую работу могут проводить и сотрудники ИТ-отдела фирмы-заказчика, и специалисты вендора. При этом участие последних может ограничиться онлайн-консультациями без непосредственного выезда к клиенту.

Альтернативный – своеобразная «аренда» программного продукта или SaaS. Словосочетание «Software as a Service» вошло в употребление в 2001 г. и подразумевает такую бизнес-модель продажи и использования программного обеспечения, при которой его поставщик разрабатывает веб-приложение и самостоятельно управляет им, предоставляя заказчикам доступ к программному обеспечению через Интернет.

Если говорить про услуги ИТ-аутсорсинга, то для крупных проектов осуществляется установка на сервер заказчика, а для небольших возможна пересылка готовых ИТ-решений по электронной почте.

Таким образом, особенность дистрибуции программных продуктов ввиду практически неограниченных возможностей их продажи через Интернет в гораздо меньшей степени требует построения разветвленной дилерской сети в различных странах. Фактически распределение ограничивается только необходимостью локализации программного продукта под региональные рынки, если таковая действительно необходима.

**РЕШЕНИЯ ПО МАРКЕТИНГОВЫМ КОММУНИКАЦИЯМ: КАК «ДОСТУЧАТЬСЯ» ДО КЛИЕНТА?**

Маркетинговые коммуникации, или продвижение, представляют собой комплекс мероприятий, связанных с рекламой, личными продажами и прямым маркетингом, связями с общественностью и акциями по стимулированию сбыта. Кроме того, дополнительно выделяют так называемые синтетические инструменты продвижения, в частности выставки, спонсорство, фир-

менный стиль, мерчендайзинг, скрытую рекламу (product placement), отзывы и рекомендации (testimonials) и др. Особняком стоят методы и инструменты интернет-маркетинга (корпоративный сайт, продуктовый, поисковая оптимизация, продвижение в социальных сетях, баннерная и контекстная реклама и т.п.).

Содержание подобного рода коммуникаций в сфере ИТ, как и в иных областях, определяется особенностями целевой аудитории, до которой они пытаются «достучаться». Вторым значимым фактором выступает используемая компанией бизнес-модель.

**Сервисная модель.** Для этой модели основной акцент в содержании маркетинговых коммуникаций делается на репутации и опыте компании на рынке в целом и в конкретных отраслях экономики в частности, на широте и глубине ассортимента, качестве оказываемых услуг, на используемых технологиях и методологиях, уровне владения сотрудниками английским и иными языками, необходимой инфраструктуре, способности удовлетворять запросы клиента по срокам и затратам и т.п.

В качестве основных инструментов продвижения прежде всего выступают отзывы и рекомендации (testimonials), личные продажи и прямая почтовая рассылка, корпоративный сайт, сувениры с фирменной символикой (ручки, блокноты, календари, майки, кружки и т.п.), активное применение широкого круга инструментов PR: выставки (СЕБИТ, ICT EXPO и т.п.), конференции («Деловой

Интернет», Gamedev startup, конференция разработчиков игр в Москве, Game Connection в Леоне и т.д.), семинары (как в области ИТ, так и в предметной области основных клиентов компании – банковская деятельность, туризм и т.п.), публикации (например, в таких специальных изданиях, как ITO News, WIT, PRLog, IT Outsourcing News и др.), интервью, спонсорские мероприятия, открытие совместных учебных лабораторий в ведущих университетах (БГУИР, БГУ и др.), участие в различных рейтингах (Deloitte Technology Fast 50, Inc 500, CRN 100, European IT Excellence Awards, Top 100 Global Service Providers и Top 100 Global Outsourcing), маркетинг в социальных сетях (популярных – Facebook и деловых – LinkedIn, Xing и др.).

**Продуктовая модель.** В рамках продуктовой модели акцент делается на функциональности ИТ-продукта, выгодах, предоставляемых клиенту, а также на решаемых проблемах заказчика. Важным компонентом коммуникаций будут выступать отличия предлагаемого решения от конкурентных аналогов: по характеристикам, стоимости, удобству использования и другим параметрам.

Что касается используемых инструментов, то следует отдельно говорить о потребительском рынке (B2C-сегмент) и о рынке юридических лиц (B2B-сегмент).

**B2C-сегмент.** Маркетинговые коммуникации на потребительском рынке программных продуктов, так же как и на рынках традиционных товаров, наиболее активно используют рекламу и PR. Правда, основ-



Рис. Возможный канал распределения на рынке компьютерных игр

ным каналом распространения рекламы в данном случае выступает сеть Интернет, а не телевидение и пресса.

В меньшей степени востребованы инструменты, ориентированные на стимулирование сбыта. Это объясняется тем, что большинство программных продуктов, в отличие от товаров повседневного спроса, покупается один раз в несколько лет, и потому мотивировать рядового пользователя приобрести, например, сразу две лицензии на операционную систему и получить за это скидку практически невозможно. Высокая скорость морального старения многих ИТ-решений также затрудняет стимулирование потребителей.

И наконец, практически невостребованными в данном сегменте остаются личные продажи, зато может довольно активно использоваться мерчендайзинг.

**B2B-сегмент.** Гораздо более интересными выглядят коммуникации на данном рынке, где задействован практически весь комплекс инструментов «коммуникационной смеси». В этом сегменте, как правило, продаются сложные программные продукты с широкими функциональными возможностями. Их особенностью является, во-первых, то, что их сложно описать в нескольких словах. А во-вторых, их базовая «начинка» изначально предполагает возможность кастомизации и, как следствие, ухода от собственно продукта в сторону доработки под конкретного заказчика.

Именно поэтому такой продукт требует подробного рассказа о себе, что позволяет поставить на первое место личные продажи как основной инструмент маркетинговых коммуникаций в B2B-сегменте.

Кроме привычных для других рынков непосредственно личного и телефонного общения широко используются возможности Интернета и современных онлайн-технологий: проведение онлайн-презентаций, предоставление доступа к демоверсиям продукта.

Поскольку принятие решения о покупке такого рода нередко занимает несколько месяцев, а ее стоимость может исчисляться десятками и сотнями тысяч долларов, рассчитывать, что то или иное рекламное обращение способно побудить клиента к сиюминутной покупке, не приходится.

Именно поэтому реклама носит сопутствующий личным продажам характер. Для нее свойственно наличие большого количества маркетинговых материалов, в том числе различного рода брошюр, листовок, презентаций, демонстрационных видеороликов, призванных убедить клиента не только в функциональных возможностях продукта и его способности решать рассматриваемые бизнес-задачи, но и в состоятельности самого разработчика, что еще более тесным образом связывает рекламу с PR-активностью вендора.

Бурное развитие информационных технологий и их экспансия на все рынки традиционных товаров и услуг привели к тому, что на сегодняшний день рынок программных продуктов и услуг буквально переполнен компаниями самого разного толка. Ориентироваться в этом многообразии потребителям, далеким от мира ИТ, достаточно сложно, а рассчитывать на то, что они будут всерьез анализировать и сравнивать предлагаемые на рынке решения, тем более наивно. В такой ситуации в большинстве случаев срабатывают известность вендора и принцип оглядки на соседа. Первая, подогреваемая участием фирмы в различного рода выставках, конференциях, публикациях, позволяет привлекать потенциальных клиентов. Список наиболее значимых из них, которые уже приобрели данный продукт, порой убеждает совершить покупку гораздо эффективнее, чем долгий рассказ о преимуществах предложения. В связи с этим особое значение приобретают положительные отзывы уже купивших программный продукт компаний.

И наконец, четвертый инструмент, стимулирование сбыта, имеет для B2B-сегмента гораздо больший вес, чем для B2C. Например, заключение договоров во время выставок, в определенный сезон и другие подобные ситуации могут служить хорошим базисом для предоставления скидок и «разворачивания» всевозможных акций по продажам программных продуктов.

#### ЕЩЕ ТРИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИТ-УСЛУГ?

С легкой руки Boom & Bittner [2, 3] принято считать, что для маркетинга услуг, в отли-

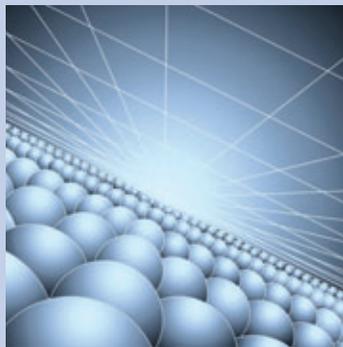
чие от маркетинга продукта, недостаточно только указанных четырех маркетинговых инструментов, а требуется обязательно рассматривать (и продумывать решения) по персоналу, материальным свидетельствам и процессу.

Данный тезис, несмотря на свою известность, остается во многом спорным, и авторы отметят лишь одно. Используя сервисную модель, маркетологам и ИТ-компаниям не стоит забывать: взаимодействие с клиентом и рабочие процессы должны быть на самом высоком уровне, протекать без задержек и накладок; персонал, который взаимодействует с пользователем, должен быть тщательно отобран и специально обучен, сориентирован на упреждение нужд и запросов клиента; кроме того, ввиду неосязаемости ИТ-услуг требуется уделять повышенное внимание сопутствующим материальным «доказательствам» того, что компания в состоянии удовлетворить заказчика, выполнить все работы качественно и в срок (комфортный офис, «живой» сайт, демонстрационные версии продукта, развешенные на стенах грамоты, награды и благодарности и т.п.).

Как видим, маркетинг и продажи ИТ-услуг и продуктов – это весьма сложный и многогранный процесс, занимаясь которым специалист должен четко понимать, с чем именно он работает – с услугами или продуктом, а также для какой аудитории – B2B или B2C – они предназначены. Ответы на эти вопросы способны обеспечить успех маркетологу. При этом он должен задействовать весь спектр доступных ему инструментов: товарные, ценовые, коммуникационные (продвижение) и распределительные.

#### Литература

1. Поиск по компаниям-резидентам // Парк высоких технологий. Режим доступа: <http://www.park.by/it/enterprises/type-search/>.
2. Booms B.H., Bitner J. Marketing Strategies and Organization Structure for Service // Marketing of Services, 1981. P. 47–51.
3. Chai Lee Goi. A review of marketing mix: 4P or more? // International Journal of Marketing Studies. 2009. №1.



ПЕРЕД ТРУЖЕНИКОМ МИР  
НЕ БЕЗМОЛВСТВУЕТ

ИОГАНН ГЁТЕ

## Науку создает тот, кто в нее верит

**Анатолий Гордиенко – известный ученый в области материаловедения, теории и технологии скоростной термической обработки металлических материалов, титановых сплавов, металлофизики быстротекущих процессов, академик, лауреат Государственной премии БССР, директор Физико-технического института НАН Беларуси. Сегодня он – гость рубрики «Профессия – ученый».**



*Сводки с фронта от 18 декабря 1941 г. изобиливали информацией о том, что войска Красной армии ведут ожесточенные бои с захватчиком на всех фронтах. Голос Юрия Левитана, зачитывающего информацию советского информбюро, потрясал тишину таежной деревни: «Преодолевая упорное сопротивление противника, советские войска продвигаются вперед...» Однако не до сводок было в семье Гордиенко из деревни Локти Нижнеомского района Омской области, где при лучине (поскольку принесенная кем-то керосинка погасла – перегорел фитиль) появился на свет средний сын – Анатолий. Роды принимала соседка, не много сведущая в этих делах. Привезти акушерку через тайгу из районного центра, до которого было более 50 км, не получилось. По окрестностям гуляли голодные волки, и всякие вылазки были сопряжены с риском, зимой он увеличивался многократно. Деревня состояла из*

*женщин, детей и стариков – мобилизация затронула и этот далекий край.*

– О раннем детстве в селе Локти почти ничего не помню. Разве что холод, к которому нельзя привыкнуть. В доме, где мы жили во время эвакуации и где нас приютила одинокая женщина, несмотря на то что вокруг тайга, зимой вода в ведре к утру покрывалась коркой льда. Это были трудные годы выживания: отец на фронте, мать с тремя детьми – в чужом доме.

Семилетним мальчишкой я попал в Беларусь, сначала в Бобруйск, потом в Вилейку и, наконец, в 1951 г., в деревню Станьково Дзержинского района. Отца направили туда служить, он был военным. Своей родиной считаю этот лесной край, который люблю безмерно, здесь прошли мои школьные годы. Мне он дорог многим – лесом, каждым пенечком и деревцем, ягодными и грибными полянами. Родина Марата Казея. Партизанские тропы не вызывали во мне страха, и я любил ходить один, хорошо ориентировался, впрочем, эту привычку я не растерял во времени. Она со мной, я по-прежнему предпочитаю по большей части быть наедине с собой. Так устроен мой мир.

На мне лежала обязанность зимних заготовок, по сбору черники был чемпионом: умело действуя двумя руками, трехлитровый бидончик наполнял моментально. Вот с малиной мне приходилось труднее – зрение подводило.

До сих пор помню мамы ватрушки, пирожки и вареники и иногда ощущаю потребность хотя бы еще раз вкусить их удивительный аромат. Мне кажется, лучше мамы никто не может их готовить. А еще пельмени, которые родители лепили вместе. Раскатанное

по столу тесто, кружочки, выдавленные с помощью стакана, и потом, буквально на глазах, – целый стол пельменей. Они мгновенно вылетали из их ловких рук. Сибирики, одним словом. Семья была большая – четверо детей. Мама, Александра Кузьминична, еле справлялась по хозяйству – шить, штопать, стирать и кормить. Она кроила и шила нам с братом чудесные рубашки, а на зиму бурки, которые мы носили с галошами. Даже теперь помнится тепло ее рук. Веет грустью, потому что в этом году из всей семьи остался один, похоронил брата. Родителей и сестер тоже уже нет.

У отца, Иллариона Ивановича, вечно не хватало времени, все отдавалось службе. Ранние подъемы и поздние отбои в армии отнимали его у семьи. В памяти о детстве остались немногочисленные вылазки с отцом на рыбалку. Заниматься нами, детьми, практически было некогда ни маме, ни папе, мы были предоставлены сами себе, но все стали порядочными и востребованными в обществе людьми.

*Тоя Гордиенко в школьные годы «дружил» со всеми предметами, причем с одинаковым усердием относился к каждому, давалась учеба легко. Была внутренняя дисциплина, которая и стала частью натуры Анатолия Илларионовича. То, что не мог почерпнуть на уроках, добирал самообразованием – и в школе, и позже, будучи аспирантом, научным сотрудником в институте. Так было, к примеру, со школьной программой по физике: ее пришлось постигать самому перед поступлением в Белорусский государственный университет. При этом времени хватало на помощь одноклассникам, на занятия спортом и на озорство... Футбол, баскетбол, плавание, по шахматам был чемпионом района, а также по кроссу на дистанции 1 км. Зимой – лыжи, коньки, и все это без секций и тренеров.*

– Я был из хороших учеников, окончил школу с серебряной медалью, помогал всем, особенно на контрольных. Учились в школе разные ребята; кроме нас, детей военно-служащих, живших в военном городке, было много деревенских, и мы хорошо понимали, как сильно отличается их жизнь от нашей. Они часто пропускали занятия, не всегда готовили домашнее задание. Главное для них было помочь родителям справиться по хозяйству, а школа отодвигалась на второй

план. Сегодня одноклассников осталось мало, живы лишь воспоминания, теплые и трепетные...

*Физический факультет Белорусского государственного университета, куда пришел поступать абитуриент Гордиенко в 1959 г., принял его в свою семью, при этом хорошие спортивные результаты тоже сыграли роль. Годы учебы были такими же насыщенными, как и школьные, – лекции, спорт. Последнего было больше – плавания и футбол требовали огромных усилий, частые сборы, поездки, соревнования отрывались от занятий.*

– В сборную по плаванию я попал сразу: уже на первом занятии выполнил третий разряд, и тренер Валентина Михайловна Соболева пригласила к себе. Плавать я любил, а больше всего брассом. Успехи в футболе тоже были заметны: сборная, в которой я играл пять лет, не раз становилась призером чемпионата республики среди вузов. Я не был упорным студентом. Футбол и плавание занимали времени больше, чем учеба. При этом мне удавалось сдавать экзамены на сессиях. Ну а срывы... так у кого их не было! Всякое случалось в студенческую пору. Помню, к примеру, «завал» по электрофизике. Причем «провалилась» вся группа, а это означало семестр без стипендии, которая и так была скудной – 30 руб. Но, в конце концов, через несколько дней преподаватель разрешил пересдать предмет, так что оценка не сказалась на стипендии. Дополнительным источником пополнения студенческих тощих кошельков был приработок, который регулярно подбрасывала железная дорога. Общежитие по ул. Бобруйской являлось поставщиком рабочей силы для нее. Разгрузка вагонов популярна как палочка-выручалочка от полного безденежья.

На заработки ездил и потом, уже будучи сотрудником физтеха, после защиты кандидатской диссертации в 1970 г. Возводил коровники, овощехранилища. За полтора месяца тяжелого физического труда выходило по 5–6 окладов к основной работе. На заработанные деньги обустроивали с женой квартиру. Строительные навыки реализовал при возведении дачи. Мой коллега из Южной Кореи, увидев, будучи у меня в гостях, бетонную стену, воскликнул: «Анатолий, ты миллионер!» Как потом оказалось, такой вывод он сделал, соотнеся стоимость камня

у себя на родине с моим фасадом, выполненным для укрепления дачного участка и украшенным камнями, которые я чуть ли не в портфеле привозил откуда мог.

Отнести себя к богатым людям не могу. Моим богатством была моя жена Людмила Михайловна. Сейчас это дочь, зять, внук, а теперь вот и правнук. С супругой мы учились вместе на физфаке в университете. Мы дружно и мирно и, главное, счастливо жили 46 лет вместе. Она писала стихи, играла на аккордеоне, пианино, шумная и активная, живая, с тонким юмором.

Дочь Ольга тоже окончила физфак БГУ. Попробовала себя в науке, но нашла в строительном бизнесе. Считаю ее достаточно успешным, собранным, целеустремленным, ответственным человеком. Она очень заботится обо мне.

Я много времени уделял дочери. Помощь в подготовке уроков ей не требовалась, но вот по части физкультуры приходилось давать уроки для сдачи в школе норм ГТО – по прыжкам в длину, метанию теннисного мяча. Тренировались в парке Горького. Моя серьезная помощь ей понадобилась для подготовки по физике при поступлении на физфак БГУ в 1981 г.

*В области технических наук далеко в одиночку не уйдешь. Вся работа физтеха – это коллективное творчество, в которое каждый вкладывает свой талант. Так, деятельность Анатолия Илларионовича тесно связана с группой людей, работающих в лаборатории скоростной электрообработки титановых сплавов. Результаты ее исследований легли в основу кандидатской и докторской диссертаций. Кооперация и солидарность с предшественниками, современниками и теми, кто работает рядом, вселяют не только чувство сопричастности к великим свершениям, но и подвигают на эти свершения. Все значительные разработки физтеха основаны на фундаментальных глубоких исследованиях.*

*Новые технологии производства дисков для авиационных двигателей, разработанные ФТИ совместно с Всероссийским институтом легких сплавов (г. Москва) и Верхне-Салдинским металлургическим производственным объединением, позволили исключить аварии на самолетах гражданской и военной авиации.*

В основу создания новых броневых материалов для защиты людей и спецтехники были положены исследования, связанные с использованием скоростной термической обработки для упрочнения титановой брони. Они были выполнены лабораторией под руководством Гордиенко начиная с 1975 г.

За разработку теории, технологии и оборудования для получения гетерогенных материалов методами электротермии и организацию серийного производства этих материалов сотрудникам ФТИ АН БССР М.Н. Бодяко, А.И. Гордиенко, В.В. Ивашко, А.С. Дымовскому, Г.А. Семениюку и В.С. Жуковцу в 1988 г. присуждена Государственная премия БССР.

– Основу нашей работы составляют экспериментальные исследования, которые ведутся каждым сотрудником лаборатории. Накопленная информация обрабатывается коллективно, полученные результаты описываются и далее реализуются в той или иной технологии, в том или ином конечном продукте. Поскольку работает команда, то экспериментальные данные оцениваются многогранно, что позволяет увидеть явления, которые один может и не заметить. В одиночку сложно делать серьезные научные открытия, особенно такие, которые нужно быстро внедрять в производство. В нашей работе так было всегда – и во времена СССР, где 80% исследований в той или иной мере были связаны с оборонной тематикой, и теперь, когда мы в значительной степени работаем на предприятия гражданской сферы.

И все же индивидуальность нужна. Она не позволяет пропустить существенное, интересное. В науке важны не только знания, но и интуиция, концентрация. Роль личности в коллективе с ее способностью и умением вычлнять и выкристаллизовывать главное не стоит принижать и игнорировать, как и роль наставников.

– Первым моим наставником в науке был заведующий лабораторией термодинамики член-корреспондент Михаил Николаевич Бодяко – прекрасный и очень требовательный организатор науки. Его главная заслуга в том, что он научил нас, молодых, сомнеющихся в себе людей, на начальной стадии научного поиска поверить в себя, в то,

что мы можем сделать что-то значительное и важное в науке.

Не секрет, что мы приходим со студенческой скамьи со своими представлениями и знаниями, часто недостаточными для решения важных и актуальных проблем, стоящих перед исследовательскими учреждениями. Поверить в себя важнее, чем изучить ту или иную дисциплину, поверить в себя – значит преодолеть робость, сомнения, неполноту знаний. Так открываются горизонты и появляются силы для непрерывного движения вперед.

Станислава Астапчика я по праву считаю своим учителем по жизни. Я многое от него узнал, многое перенял, он помог мне стать тем, кем я стал. Отдельно хочется подчеркнуть его роль в моей жизни как научного руководителя, особенно на стадии подготовки кандидатской диссертации. Так случилось, что мы учились на одном факультете с разницей в четыре года, и даже жили на одном этаже в общежитии на Бобруйской. Но тогда это было шалочное знакомство, серьезным оно стало, когда я пришел работать в институт. Наши рабочие столы стояли рядом. Трудились много и напряженно, не считаясь с выходными днями, и очень результативно. Первый хозяйственный договор со Всесоюзным институтом легких сплавов в 1967 г. после успешного его завершения послужил началом многолетнего плодотворного сотрудничества и развития нового научного направления. И все это вместе со Станиславом Александровичем.

Преемственность дает запас прочности. Эстафету – помогать молодым исследователям – я воспринял тоже у Астапчика и несу ее далее с полной готовностью в любой момент передать другому. Надо сказать, смена у нас уже есть, она рождается тоже в тесной командной работе. ФТИ удалось в самых сложных условиях выстоять и сохранить кадровый потенциал, преемственность поколений. В исследовательских проектах мы опираемся на наработки, которые были сделаны нашими предшественниками. Так было всегда. Помню, молодым научным сотрудником изучал все то, что было создано в лаборатории, любил проводить время в библиотеке, изучал мировую литературу, постигая все, что касалось моего направления в работе, и так живут наши сотрудники сегодня. Молодежь досконально осваивает предыдущий опыт и



Анатолий Гордиенко с супругой, 1964 г.

продвигает дальше то, что было накоплено за 80-летнюю историю института, привнося свои знания и энергию, обогащаясь и обогащая ее.

Мы пытаемся сохранить направления, которые были основаны ранее, модернизируем их, на основе мирового опыта и собственных исследований создаем новые, находим новые сферы применения. Так рождаются и осваиваются направления в области вакуумных технологий и совершенно новое – беспилотная авиация, где используется весь наш багаж по созданию материалов и мировой опыт.

Сменив на посту директора великого тактика и стратега в области научной и научно-организационной деятельности академика Станислава Астапчика, Анатолий Илларионович стал достойным преемником. Под его руководством развиваются новые перспективные научные направления, сулящие институту большие научные и материальные дивиденды. В частности, институт является головным исполнителем подпрограммы «Создание и освоение производства гаммы технологий и элементов летательных аппаратов, целевых нагрузок и беспилотных авиационных комплексов многофункционального назначения». В ее рамках планируется к 2015 г. разработать и организовать серийный выпуск



Анатолий Гордиенко с сестрой, дядей и родителями, 1969 г.



В кругу любимых: внук Павел, дочь Ольга и зять Владимир, 2008 г.

*как отдельных дорогостоящих элементов беспилотных летательных аппаратов, так и целых комплексов.*

– С Юрием Яцына, сейчас заведующим лабораторией многофункциональных систем и беспилотных летательных аппаратов, кандидатом технических наук, мне доводилось взаимодействовать ранее. Мы вышли на новое направление для республики – беспилотную авиацию. Детально ознакомились со всем, что касалось этой темы, наработками, ведущимися в 20 странах мира. Скрупулезный анализ рынка, собственных возможностей и потребностей нашей страны лег в основу принятия решения. Мы получили поддержку Председателя Президиума НАН Беларуси Михаила Владимировича Мясникова и его заместителя, академика Петра Александровича Витязя. Было выделено финансирование на два первых проекта. Беспилотный авиационный комплекс – это два или более летательных аппарата и система управления. Первая задача в этом спектре – обеспечение внутренних потребностей страны: Министерства природы, МЧС, нужд оборонного комплекса. Преимущества применения беспилотников значительны: это и безопасность, и несоизмеримо более низкая стоимость в сравнении с вертолетами, и легкость в обслуживании. Конечно, не все комплектующие белорусские. Но это и не требуется, в

современном мире никто не создает то, что другие делают качественнее и доступнее по цене. Своя добавленная стоимость в продукте – это наше ноу-хау, программное обеспечение, материалы – углепластики и стеклопластики – отечественные. Планы высокого качества делаем на своей производственной базе. Три года, как мы вышли на эту тему, и я считаю, что в этом классе, до 5–6 кг, практически не уступаем России, которая ведет разработки 10 лет.

*Колоссальный труд – создавать и осваивать новое, продвигать его. Особая сложность – в оснащении приборами и оборудованием, оно, как правило, другого плана, не все из имеющегося в институте можно использовать в рамках новых задач, приходится создавать свое. В тесной кооперации со Специальным конструкторским бюро Института механики металлополимерных систем разработана и изготовлена печь для ускорения процесса полимеризации композиционных материалов с высокой точностью измерения температуры, что особенно важно при переходе на серийное производство и для обеспечения стабильности структуры и механических свойств. Качество выполненной работы укрепило их уверенность в том, что воздушное пространство не только Беларуси, но и других стран будут осваивать летательные аппараты физтеха.*

– Радует то, что ни ревности, ни зависти в работе нет, по крайней мере, мне в коллективе с этими проявлениями человеческой природы не приходилось сталкиваться. У нас никому не создаются препятствия, если человек хочет серьезно трудиться, то получает только поддержку. В лабораториях всегда царит дух взаимопомощи, товарищества.

*Инженеры-исследователи – особая категория ученых, научная элита. Такие специалисты нужны современному высокотехнологичному обществу, и их подготовку ведет большинство известных белорусских ученых, которые в свое время сами были воспитанниками БГУ, Белорусского национального технического университета. У Анатолия Гордиенко три заместителя: член-корреспондент Алексей Белый, физик, двое других – член-корреспондент Александр Ласковнев и доктор технических наук Вячеслав Томило – специалисты с инженерным образованием, окончили БНТУ.*

*Сегодня ФТИ участвует в 12 программах различного уровня, в них плечом к плечу трудятся опытные исследователи и аспиранты, что способствует возникновению и достаточно быстрому созреванию научных школ института.*

– Наше образование отличается широтой охвата изучаемых предметов и фундамен-

тальностью их наполнения. Нынешняя молодежь в чем-то сильнее нас, хотя бы потому, что им в помощь пришли компьютерные технологии. Это нам приходилось выдерживать напряженный график, вечерами, субботами и воскресеньями проводить эксперименты и вручную обрабатывать полученные результаты. Отрадно отметить, что упорства не занимать было ни нам тогда, ни нынешним молодым исследователям. Теперь мы дополняем друг друга. Работать с молодыми трудно, но интересно. Вместе с тем престиж профессии, который тогда поддерживало государство, обеспечивая некий стандарт в виде стабильной заработной платы и уверенности в том, что через 8–10 лет получишь свою собственную квартиру, утеряны. Авторитет науки, несмотря на серьезные достижения, падает. Все, что мы в институте можем изыскать в поддержку молодежи, – это помочь с оплатой наемного жилья, и то частично. В последние годы потеряно много талантливых ученых, защитившихся у нас. Они с тяжелым сердцем оставляют науку и уходят в другие, более высокооплачиваемые, места. Наши попытки изменить ситуацию пока не очень результативны. В этом году приняли в аспирантуру восемь человек, на фоне других институтов выглядим лучшими, но уверенности в том, что все после ее окончания останутся работать у нас, нет. Это печально сознавать. Остепененная, думающая, способная и энергичная часть научных работников уходит в бизнес или возвращается на малую родину из-за отсутствия жилья. За последние пять лет выпустили пятерых кандидатов наук в возрасте до 27 лет, а осталось в физтехе только двое. Материальное неблагополучие становится важнейшей причиной патологического роста ухода специалистов из науки. Это для нас тяжелая проблема. Рассчитываем, что при существенном увеличении объемов хозяйственных работ и зарубежных контрактов нам удастся ее решить.

*Профессиональная мобильность – норма нынешней жизни, которая позволяет ученым быстро реагировать и осваивать новые темы, иметь десятки договоров о сотрудничестве с зарубежными партнерами и, конечно, высокую результативность научных исследований. Особое место в этом контексте занимают профессиональные стажировки, участие в*

## МОЯ ЖИТЕЙСКАЯ ФИЛОСОФИЯ

**Дружба измеряется доверием.**

**Преемственность дает запас прочности.**

**Любовь – это состояние болезни.**

**Дорога ведет в никуда, если нет цели.**

**Как прагматик считаю, что нельзя желать невозможного.**

**Ученые редко уходят на пенсию, потому что они живут полноценной интересной жизнью независимо от возраста.**

**Чувствую себя неуютно, решая сложные задачи при дефиците информации.**

**Не могу сказать, что упустил какие-то возможности, наверное, потому, что не было в жизни отклонений.**

**Никогда не работал по принуждению.**

**Науку создает тот, кто в нее верит и отдает себя ей.**

**Адреналин стимулирует жизнь.**

*международных программах и проектах, конференциях и симпозиумах.*

– Мобильность в научной сфере в какой-то степени подстегивается недостаточным уровнем оснащения современным оборудованием наших лабораторий. В ряде случаев мы ищем партнеров для участия в совместных проектах как внутри страны, так и за рубежом. На практике получается, что наши сотрудники, занимаясь проблемами микроэлектроники, работают на просвечивающих электронных микроскопах 30-летней давности. Чтобы исследовать структуру на наноуровне, например дислокационную или структуру субграниц, мы вынуждены вступить в кооперацию с Электротехническим институтом Словацкой Академии наук, хорошо оснащенному за счет Евросоюза. А ведь уровень знаний наших специалистов не уступает зарубежному. Пока выровнять ситуацию не представляется возможным, как и купить так необходимый для исследований современный электронный просвечивающий микроскоп стоимостью 800 тыс. евро.

Однако есть и иная степень кооперации и взаимодействия. Совместная работа в области прокатки и вакуумных технологий с ведущими институтами Южной Кореи, которая является примером полноценного и равноправного сотрудничества. То же можно сказать и о работе с Сибирским отделением РАН. Итогом успешной работы ученых ФТИ и Института физики прочности и материаловедения СО РАН стало присуждение премии им. академика В.А. Коптюга, речь идет о перспективном направлении – поверхностном упрочняющем модифицировании материалов с использованием высокоэнергетических технологий.

Мы приняли участие в подготовке проекта по линии 7-й Рамочной программы ЕС, в котором задействованы шесть стран. Координатором является Испания. Ждем в начале следующего года результата экспертизы. Уровень данной кооперации высок, однако и в нем есть слабые стороны – мы можем выступать только соисполнителями, а не координаторами. Хотя наши достижения в области поперечно-клиновой прокатки наиболее значительны в мире – как в области теории, так и практики. 30% мировых патентов принадлежит нам.

Перед наукой стоят масштабные задачи, решение которых возможно только с высоким уровнем материального обеспечения проектов и в тесной интеграции с коллективами ученых различных стран. На мой взгляд, если бы мы пошли по пути вычленения ключевых лабораторий в Академии наук, снабдили их самым современным оборудованием, то проектов международного уровня было бы больше и результаты были бы ошутимее. По такому пути 15 лет назад пошел Китай.

*Гордиенко в свои 70 лет полон творческих сил и энергии. Стройная фигура, упругая и легкая походка нисколько не выдают его возраст. Весь секрет – в пеших прогулках на большие расстояния, которые Анатолий Илларионович начал практиковать в молодости, когда страдал головными болями, а врачи ничем не могли помочь. Недуг прошел, а Гордиенко с тех пор старается каждый день пройти не менее 10 км – рано по утрам на работу, затем с работы. По подсчетам коллег, за эти годы он три раза обошел Землю по экватору.*

Жанна КОМАРОВА

# Роль ферментов в оптимизации питательной ценности кормов: некоторые ориентиры и перспективы

**Ферментные добавки к кормам для животных оказали огромное влияние на животноводческую отрасль. Они не только улучшили утилизацию кормов, содержащих ячмень, пшеницу, рожь и овес, особенно птиц, но и позитивно воздействовали на окружающую среду, уменьшив выделение таких загрязнителей, как фосфор и соединения азота.**

**Анатолий Лобанок,**  
завлабораторией  
ферментов Института  
микробиологии  
НАН Беларуси,  
академик



Ферменты – это белковые катализаторы, которые присутствуют во всех живых клетках и осуществляют или регулируют множество химических реакций. В зависимости от типа они могут разрушать специфические связи сложного субстрата (по названию которого, как правило, и именуются), высвобождая его молекулы. Все ферменты построены из одной или многих цепочек аминокислот, имеющих трехмерную структуру, и проявляют свою активность при оптимальных значениях температуры и кислотности среды: одни работают в желудке в кислой среде, другие – в тонком кишечнике в нейтральной среде. Повышенные температуры вызывают нарушение структуры белков и потерю их ферментативной функции. Поэтому в зависимости от температурной стабильности специфические коммерческие ферменты могут добавляться до или после обработки корма.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВЫХ ФЕРМЕНТОВ

Кормовые ферменты производят главным образом на основе микробного синтеза. Полученные из различных источников, они,

хотя и действуют на один субстрат, могут отличаться по своим физическим свойствам и эффективности. Начиная с конца 1980-х и до середины 1990-х гг. ферментные препараты и их производство были значительно усовершенствованы, и их стали получать целенаправленно в огромных количествах. Одновременно повысилась их надежность, в частности термостабильность и активность по отношению к антипитательным веществам корма. Большую роль в развитии этого направления сыграли исследования химии некрахмалистых полисахаридов. Кормовые ферменты сделали возможным использование новых видов кормов и энергии. Позднее возник интерес к ферментным препаратам для рубцовых животных и аквакультуры. Более эффективное потребление пищевых веществ кормов означает уменьшение их потерь с фекалиями и, соответственно, снижает загрязнение окружающей среды. Кроме того, кормовые ферменты рассматривают также как экологически разумную альтернативу применению гормонов (в частности, гормона роста) и антибиотиков.

Большинство углеводов, содержащихся в кормах, можно разделить на две группы в зависимости от способности животного переваривать их – крахмал и некрахмалистые полисахариды, которые плохо усваиваются в процессе пищеварения. Последние включают целлюлозу, гемицеллюлозу, камедь, бета-глюканы, пектины и другие соединения, которые ассоциированы с растительной клеточной стенкой и

выполняют структурные функции. Некрахмалистые полисахариды, кроме того, могут препятствовать перевариванию усвояемых углеводов, блокируя доступ к ним пищеварительных ферментов. Из всех имеющихся коммерческих кормовых ферментов только карбогидразы позволяют реально увеличить использование энергетического потенциала корма. Это достигается путем снижения вязкости среды, создаваемой некрахмалистыми полисахаридами, за счет чего в целом увеличивается переваримость питательных компонентов.

## ЭФФЕКТЫ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ КОРМОВЫМИ ФЕРМЕНТАМИ

С одной стороны, кормовые ферменты улучшают доступ к пищевым веществам, находящимся внутри клетки или связанным с ней, расщепляя большие макромолекулы клеточной стенки; в комбинации с эндогенными ферментами, секретируемыми животным организмом, расщепляют полимерные компоненты клетки до усваиваемых животными размеров. Поэтому необходимо использовать препараты, комплементарные по отношению к эндогенным ферментам, продуцируемым животными.

С другой стороны, кормовые ферменты должны препятствовать увеличению вязкости пищеварительной среды, что может нарушать всасывание питательных компонентов. Если рацион содержит много образующих гели некрахмалистых полисахаридов, низкий уровень вязкости среды может поддерживаться с помощью ферментов, которые в основном укорачивают длину полисахаридной цепочки и в меньшей степени действуют на боковые ответвления.

Таким образом, чтобы кормовые ферментные препараты были эффективны, они должны обладать способностью расщеплять целый ряд соединений. Так, иногда достаточно одной бета-1-3-глюканазы для

разрушения стенки эндосперма, но обычно требуются еще целлюлазы и гемицеллюлазы для более полного высвобождения белков. Следовательно, мультиэнзимные препараты более предпочтительны, чем моноэнзимные. Не все моносахара хорошо усваиваются различными видами животных или всеми частями их желудочно-кишечного тракта. Например, ксилоза хорошо усваивается свиньями и птицей, в отличие от арабинозы, которая переваривается плохо, а у свиней – только в определенных отделах кишечника. Поэтому кормовые ферментные препараты не должны содержать гликозиды, кроме тех, которые необходимы для оптимальной утилизации энергии пентозных сахаров. Взаимодействие между эндогенными животными ферментами и добавленными экзогенными весьма сложное. Так, в случае рисовой диеты добавление в корм гемицеллюлаз оказывает отрицательный эффект на кислотность, вязкость и переваримость корма у поросят.

Фитаза способствует высвобождению фосфора, связанного в растениях и обычно недоступного для усвоения животными. Она может также мобилизовать другие минералы и белки, связанные в фитатном комплексе. Введение ее в корма снижает потребность в добавлении неорганического фосфора и его потерю с экскрементами. Липазы улучшают переваримость жиров и усвоение энергии молодыми животными. Экзогенные протеазы также увеличивают усвоение белков корма.

#### **УЛУЧШЕНИЕ И РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВЫХ ФЕРМЕНТОВ**

Добавление ферментов к кормам с использованием злаков увеличивает их метаболический потенциал, уменьшает размеры желудочно-кишечного тракта, воздействует на микробную ферментацию, что может влиять на усвоение питательных компонентов и в итоге улучшает здоровье животного. Появление на рынке рекомбинантных ферментов должно ускорить адаптацию новых микробных ферментов кормопроизводством. Несмотря на то что их высокая эффективность была уже показана, реализация их потенциала в животноводстве находится в начальной стадии. Для этого предстоит решение ряда вопросов и проведение дальнейших исследований: требуется улучшение качества и эффективности ферментных препаратов, уже имеющихся на рынке, с точки зрения их стоимости, тер-

мостабильности, устойчивости к перевариванию и повышенной активности в целевых отделах ЖКТ; расширение диапазона использования ферментов в рационах птицы и домашних животных; увеличение доступности липазы, протеазы, амилазы и других катализаторов произведенными методами промышленной биотехнологии; получение и конструирование рекомбинантных ферментов из различных источников с учетом определенных субстратов и животных, включая микроорганизмы, растительные и животные ткани; расширение числа кормов, пригодных для обработки ферментами; усовершенствование и стандартизация определения продуктов, образующихся под действием различных ферментов; дальнейшее исследование механизмов, лежащих в основе эффективности ферментов, и создание моделей предсказывающих результат их применения у разных классов животных и с различными рационами; акцентировать положительное влияние ферментов на снижение загрязнения окружающей среды и изменение эндокринного статуса здорового животного.

#### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ**

В настоящее время отсутствуют стандартные методы оценки качества коммерческих ферментных препаратов, удовлетворительный мониторинг количества фермента, присутствующего в рационе. Частично проблема обусловлена тем, что при интерпретации экспериментов с кормовыми ферментами уровень активности последних обычно не указывается, а если и указывается, то единицы и методики ее измерения варьируют от одного препарата к другому и часто отличаются друг от друга. Кроме того, активность ферментов, добавленных к рациону в низких концентрациях и частично плотно связанных с кормом, труднее измерить. Точные результаты можно получить после экстракции фермента, при использовании стандартного метода определения активности по истечении продленного времени инкубации.

Некоторые наиболее широко распространенные методы включают измерение сахаров, использование окрашенных субстратов, иммунологический подход и изменение вязкости субстрата под действием фермента. Полагают, что среди прочих методов высвобождение красителя, связанного на субстрате, является наиболее

простым и чувствительным из них, но все же недостаточным для обнаружения ферментов в рационах. Делать это можно с помощью иммунологического метода, однако отрицательным моментом является отсутствие антисывороток для всех ферментов и слабая реакция в случае инактивированных катализаторов. Измерение образовавшихся редуцирующих сахаров под действием фермента не позволяет получить достаточно точных результатов из-за высокого базового уровня редуцирующих сахаров в субстрате относительно образовавшихся сахаров. Об удобных методах определения активности ферментов по изменению вязкости субстрата информации пока нет. Существует мнение, что единственным практическим способом является все же экстракция ферментов с последующим применением красителя. Полагают, что этот метод следует модифицировать за счет продления времени инкубации, для того чтобы смогла проявиться низкая активность фермента в рационах. Хотя вышеупомянутые способы недостаточно эффективны, они могут быть использованы для оценки коммерческих препаратов до их добавления к рационам. Невозможно, однако, оценить различные ферментные препараты на основе заявленной активности, так как каждый из упомянутых методов может показать различные активности для одной и той же добавки. Кроме того, для каждого конкретного метода полученные значения активности могут сильно отличаться в зависимости от чистоты субстрата, различий в использовании метода. Все это ясно указывает на необходимость стандартизации метода определения активности фермента – простого, точного и воспроизводимого в каждой лаборатории. Важно также, чтобы была связь между значениями активности фермента, полученными для кормов, и эффектом *in vivo*.

Стандартизация методов оценки активности ферментов для кормопроизводства позволит:

- изготовителю и потребителю ферментных препаратов сравнивать их на основе значений активности;
- производителю животноводческой продукции определять количество активного ферментного продукта, добавленного в рацион, или их число, сохранившееся в неблагоприятных условиях окружающей среды, включая термическую обработку;

• оценить ферментативную активность в различных отделах ЖКТ, особенно в отделах, где ферменты наиболее эффективны.

Следует иметь в виду физиологические эффекты ферментов. Они могут быть значительно повышены, если использовать дешевую, быструю и точную технику определения антипитательных факторов в кормах. Справочные значения содержания некрахмалистых полисахаридов или фитата в рационах могут также значительно отличаться от фактического. В основном здесь могут иметь место сезонные колебания.

#### САЙТЫ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ

Фундаментальная информация об отделах ЖКТ, на которые ферменты оказывают наибольший эффект, отсутствует. Неизвестно, например, является ли главным местом их действия у птицы ЖКТ в целом или отдельные его участки. Эта информация особенно необходима для отбора и использования ферментов, соответствующих целевым субстратам в условиях, которые создаются в тех местах, где они наиболее результативны. Препараты ферментов, отобранные для птицы, могут сильно отличаться, если их главным сайтом действия является зоб, а не нижние отделы желудочно-кишечного тракта, особенно с учетом их устойчивости к протеолизу и низким значениям pH, а также оптимальным значениям pH. Кроме того, оптимальные свойства ферментов могут отличаться у разных видов животных: отобранные по эффективности у птицы, они могут быть неэффективны у свиней из-за различной чувствительности к инактивации в кислой среде.

#### ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ ФЕРМЕНТОВ

Нынешнее поколение ферментов показало себя весьма эффективным, но их полезность, без сомнения, возрастет, когда станут доступны их новые формы, прежде всего из альтернативных источников. Так, например, ожидается, что ферменты, продуцируемые микроорганизмами в рубце животных, или ферменты термофильных микроорганизмов, будут обладать более высокой удельной активностью в условиях их применения, высокой устойчивостью к инактивации под действием температуры, низкой кислотности и протеолитических ферментов, дешевых в производстве и стабильных при длительном хранении. Они могут быть получены с использованием рекомбинантных

микроорганизмов. Это включает клонирование и выделение специфической комплементарной ДНК, кодирующей интересующий нас специфический фермент, и перенос этой ДНК в микроорганизмы-продуценты, которые можно выращивать в больших объемах с малыми затратами. Рекомбинантная ДНК-технология в сочетании с направленным мутагенезом позволит получить ферменты с точно заданными свойствами и учетом специфических особенностей животных, для которых они предназначены.

Новым направлением является создание «скроенных под заказ» ферментов на основе антител с каталитической активностью и использование микроорганизмов типа *Escherichia coli* в качестве систем их экспрессии. Эти биотехнологии создают основу производства в ферментерах специфических биоинженерных антител, которые будут иметь энзимоподобные свойства и соответствовать особенностям каждого рациона и класса животных. Кроме того, эти антитела могут связываться со специфическими протеазами для концентрации фермента на целевом субстрате.

#### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ФОРМЫ ФЕРМЕНТОВ

Ферменты могут быть получены не только в процессе ферментации с помощью грибов, улучшенных традиционными методами, но и экспрессированы в микроорганизмах, таких как бактерии, и в растениях. Так, например, доступность большого количества ферментов в семенах канолы может резко снизить их стоимость. Продукция фитазы у канолы или ксиланазы у риса позволит получить более ценные корма.

Альтернативой стратегии гидролиза антипитательных веществ в кормах для животных представляется создание моногастрических животных, способных переваривать целлюлозу, глюканы, ксиланы или фитиновую кислоту. Сообщают о возможности использования бактериальной ДНК для создания конструкций экспрессирующих и секретирующих гликаназы в клетках поджелудочной железы крыс. Большой проблемой будет получение достаточно высокого уровня экспрессии гена глюканы и других генов в клетках поджелудочной железы для достаточного расщепления в кишечнике глюканов, ксиланов и т.д. Особый интерес представляет введение в домашних животных гена фитазы.

#### РОЛЬ СИНЕРГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ

Почти все исследования ответа птицы на кормовые ферменты, за исключением фитазы, были проведены с неочищенными грибными экстрактами с высокой активностью глюканы или ксиланазы, а также включающих значительное количество других ферментов, в том числе протеазу. Следует провести изучение различных комбинаций чистых ферментов (чтобы избежать синергической ферментной активности) для выявления синергического, антагонистического или аддитивного эффекта основных ферментов. Например, их способность снижать вязкость водорастворимого арабиноксилана пшеницы или ржи может не только зависеть от количества эндоксилазы в препарате, но также и от арабинофуранозидазы и, возможно, бета-глюканызы, ацетилксилаэстеразы и ферулоил-эстеразы. Вероятно, что препараты с высокой протеазной активностью могут оказывать отрицательное действие, так как будут усиливать переваривание протеина, включая добавленные ферменты. Доступность в будущем клонированных ферментов, не содержащих примесей других белковых катализаторов, позволит исследователям оценить преимущества использования различных ферментных коктейлей для улучшения питательной ценности злаковых. Такие изыскания приобретут большую значимость со сдвигом внимания от применения неочищенных грибных ферментов в сторону произведенных с помощью ДНК-технологий.

#### ПРИРОДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ С КОМПОНЕНТАМИ КОРМОВ

Присутствие насыщенных (сало)жиров по сравнению с ненасыщенными (соевое масло) в рационах, содержащих высокий уровень водорастворимых некрахмалистых полисахаридов, может существенно подавить развитие цыплят. Так, например, было показано, что ускоренный рост цыплят и переваримость жира в результате добавления фермента к соевой диете, хотя и значительный, был полностью превзойден огромным эффектом, полученным от диеты, базирующейся на насыщенном жире. Эти и другие наблюдения доказывают, что результативность добавления ферментов к диете зависит не только от вязкости водорастворимых некрахмалистых полисахаридов, но и от других ингредиентов, таких как насыщенный жир. В дальнейшем представляется

необходимо установить природу этих взаимодействий, что позволит получить фундаментальную информацию о способе действия ферментов и оптимизации рациона при различных условиях питания, что имеет большое экономическое значение.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Недавние исследования показали, что можно предсказать ответ птицы на определенный кормовой фермент, используя простую линейную модель, а также – ответ на добавление фермента к диетам, которые содержат в любое данное его количество и двух злаков в любом соотношении. Эта модель создает основу для оценки экономической эффективности добавления ферментов к рациону.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ У ДРУГИХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ

Весьма небольшое количество животных было изучено с точки зрения их реакции на те или иные кормовые ферменты. Хотя исследования, проведенные на цыплятах, совершенно ясно показали эффективность данных добавок, количество работ, выполненных на других видах птицы, таких как индейки, утки, гуси и т.д., недостаточное. Несколько исследований проведено на рыбах, например угре, аллигаторах и других экзотических животных, на некоторых домашних животных – кошках и собаках, пушных и других зверях, имеющих простой желудок. Применение ферментов показало особую эффективность у животных с тенденцией к плотоядности: у них меньший кишечник и, соответственно, меньше представлена популяция анаэробных микроорганизмов, способных расщеплять сложные углеводы. Необходимы также исследования эффективности применения ферментов у свиней различного возраста, особенно при скармливании им жиров.

Наконец, использование в качестве добавки к рациону микроорганизмов со сверхэкспрессией рекомбинантных целлюлаз и гемицеллюлаз может улучшить результат применения кормов у рубцовых животных. Полагают также, что имеется еще много ферментов, помимо используемых, которые также могут быть применены в животноводстве.

#### СУБСТРАТЫ-МИШЕНИ ДЛЯ ФЕРМЕНТОВ У ЗЛАКОВЫХ

Многие исследователи считают, что основной способ действия большинства кормовых ферментов – это разрушение образующих

гель полисахаридов, выделяющихся из клеточной стенки злаковых в количествах, подавляющих усвоение. Альтернативное объяснение предполагает, что бета-глюканы и арабиноглюканы, которые образуют стенку эндосперма злаковых, ограничивают доступ ферментов к питательным веществам, высвобождение которых путем разрушения клеточной стенки – главный фактор, ответственный за улучшение питательной ценности корма в результате действия экзогенных ферментов. Высказывается мнение, что даже один фермент может быть результативным, если его благоприятный эффект связан исключительно со снижением вязкости. Дело в том, что, так как вязкость частично обусловлена длиной цепи полимера, достаточно только разрушить цепь в нескольких местах, чтобы существенно уменьшить гелеобразующую способность полисахаридов. Однако если разрушение клеточной стенки и высвобождение заключенных в клетке питательных компонентов дает больший эффект, чем можно объяснить уменьшением вязкости, то может потребоваться больше ферментов. Необходимо установить, какой из двух эффектов наиболее важен, так как это существенно образом влияет на экономику использования ферментов. Применение различных комбинаций очищенных ферментов позволит выяснить, отвечает ли вязкость рациона или удержание питательных веществ клеточной стенкой за антипитательный эффект некрахмальных полисахаридов.

#### ВЫСВОБОЖДЕНИЕ САХАРОВ ИЗ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ

Большинство исследований применения ферментов в кормлении животных было направлено на уменьшение вязкости бета-глюканов или арабиноксиланов у злаковых и высвобождение крахмала из гемицеллюлозного матрикса. Частичный гидролиз гемицеллюлоз уменьшит вязкость различных углеводов и произведет желаемый эффект. Дальнейшие исследования должны быть направлены на решение проблемы полного переваривания гемицеллюлозы. Глюкоза из целлюлозы и галактоза из галактозидов хорошо усваиваются всеми животными, тогда как пентозы усваиваются плохо, особенно птицей. Поэтому изыскания по полному гидролизу гемицеллюлозной фракции злаков и соломы, а также усвоению пентоз будут иметь большое экономическое значение, так как создадут базу использования продуктов,

которые имеются в больших количествах, но в рацион моногастрических животных в основном не входят.

#### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНДОКРИННЫЕ ЭФФЕКТЫ ФЕРМЕНТОВ

Примечательно, что до сих пор еще не изучено влияние вязких водорастворимых некрахмальных полисахаридов на панкреатическую и другие кишечные секреции, включая ферменты и желчные соли, на иммунные реакции, уровень гормонов, в том числе гормон роста, на тироидин и инсулин, на толерантность к глюкозе и способность экзогенных ферментов противодействовать этим эффектам. Включение вязких водорастворимых некрахмалистых полисахаридов в рацион в присутствии и в отсутствие ферментов позволит интерпретировать эффекты вязких полисахаридов на физиологические реакции животных. Эти данные имеют практическую ценность и могут быть экстраполированы на человека, так как способность грубых пищевых продуктов изменять усвоение пищевых веществ вызывает большой интерес.

#### ЗАВТРА КОРМОВЫХ ФЕРМЕНТОВ

Будущее кормовых ферментов связано с развитием техники и усовершенствованием методов измерения их активности и содержания антипитательных веществ, что, несомненно, повысит роль этих добавок в кормлении животных. Предстоит также уточнить наиболее важные для животноводства каталитические свойства препаратов, их влияние на физиологические и эндокринные реакции организма, природу взаимодействия с другими компонентами рациона, роль протеаз в разрушении антипитательных веществ у бобовых, таких как ингибиторы трипсина, лектины и т.д., организовать производство и применение ферментов для рубцовых животных и различных аквакультур. Развитие ферментных ДНК-технологий будет происходить во взаимодействии с углубленным изучением характеристик структуры субстратов, микрофлоры желудочно-кишечного тракта и иммунной системы животных.

Учитывая важность рассматриваемой проблемы, в Институте микробиологии НАН Беларуси была аккредитована соответствующая испытательная лаборатория, которая будет содействовать обеспечению отечественных потребителей ферментов качественными препаратами для кормопроизводства, птицеводства и животноводства.

# Анализ структуры сухих молочных продуктов

УДК 637.143

**Елена Валякина,**  
научный сотрудник лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов Института мясо-молочной промышленности НАН Беларуси

**Владимир Литвяк,**  
ведущий научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию, кандидат химических наук

**Инна Мельситова,**  
доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук

Спектр сухих молочных продуктов, производимых в мире способом распылительной сушки, представлен следующими основными группами: цельное, частично обезжиренное и обезжиренное молоко, сливки, масло, пахта, сыр, молочная сыворотка, сыворотка молочная, частично и полностью деминерализованная, концентраты молочные, сывороточные, сывороточно-молочные, концентраты и изоляты сывороточных, сывороточно-молочных белков и казеинов, казеинаты, копреципитаты, казециты, лактозные продукты [1]. Из данного перечня на предприятиях Республики Беларусь с применением распылительной сушки в существенных объемах выпускаются: молоко сухое цельное и обезжиренное; сухая подсырная сыворотка; концентраты сывороточные белковые, полученные из сывороточно-белковых ультрафильтратов (КСБ-УФ); сыворотка молочная деминерализованная.

Продукты вышеперечисленных групп изготавливают из молочного сырья, подвергаемого перед сушкой различным способам обработки, включая микропартикуляцию белков молока – специальную термомеханическую обработку белковой части молока и/или других белоксодержащих веществ при определенных концентрациях

и кислотности исходных белковых смесей. В процессе нее вещество, содержащее белки, приобретает стабильную микроструктуру в виде микрочастиц с прогнозируемыми и регулируемыми размерами. В нашей стране ранее такой способ обработки молочного сырья не применялся.

Сухие молочные продукты на основе микропартикулированных белков имеют более высокие потребительские характеристики по сравнению с сухими молочными продуктами, не подвергаемыми микропартикуляционному воздействию. Они более технологичны в дальнейшей переработке, позволяют за счет высокой влагоудерживающей способности, более полного перехода белков в готовый продукт и т.д. повышать выход ряда молочных, мясных и иных пищевых продуктов, проявляя свойства, подобные тем, что характерны для молочного жира. В Институте мясо-молочной промышленности проводятся исследования по использованию микропартикулятов белков молока в изготовлении биологически ценных молочных продуктов функционального назначения.

Характеристика микроструктуры сухих молочных продуктов необходима для оценки их свойств, определяющих аспекты применения, а также для разработки способов предотвращения фальсификации данных продуктов. До настоящего времени в Республике Беларусь структура микропартикулятов сухих молочно-белковых концентратов на микроуровне не исследовалась. Также актуально изучение микроструктуры отечественных сухих молочных продуктов с целью более полного представления об их потребительских свойствах.

Цель работы – исследовать структуру ряда микропартикулятов зарубежного производства и отечественных сухих молочных продуктов.

Объектами изучения служили следующие сухие молочные продукты:

- концентрат сывороточного белка «Simplellesse 100E» в микропартикулированной форме (продукт зарубежного производства, СР Kelco, образец предоставлен ООО «Ароматик», г. Дзержинск Минской области);
- цельное молоко для детского питания с массовой долей жира 25%, полученное с применением распылительной сушки (ОАО «Беллакт»);
- обезжиренное молоко, полученное с применением распылительной сушки (ОАО «Беллакт»);
- концентрат сывороточный белковый «КСБ-УФ-80», полученный из сывороточно-белкового ретентата (ультрафильтратный концентрат) с применением распылительной сушки (ОАО «Щучинский МСЗ»);
- сыворотка подсырная деминерализованная с массовой долей белка 50%, полученная с применением распылительной сушки (экспериментальный участок РУП «Институт мясо-молочной промышленности»).

С использованием измерительной линейки и путем визуального наблюдения проводилось изучение образцов на макроуровне, микроструктуру исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (Германия). Препараты металлизировали золотом в вакуумной установке EMITECH K 550X. Фотосъемку объектов осуществляли в режиме «Макро» при помощи фотоаппарата Canon Power Shot S2 IS (digital camera).

Изучение всех образцов сухих молочных продуктов на макроуровне показало, что они представляют собой порошки с размерами макрочастиц менее 0,01 мм. Практически во всех образцах отмечались неправильной формы скопления макрочастиц. Цвет по-



Рис. 1. Внешний вид сухих молочных продуктов

рошков – белый, или кремово-белый, или желтовато-белый. Макроструктура по описаниям внешнего вида и цвет образцов соответствовали характеристикам органолептических показателей, регламентированных в технических нормативных правовых актах и сертификатах на данную продукцию [2–5].

Как видно на рис. 1–2, образцы отобранных сухих продуктов сложно идентифицировать по описаниям внешнего вида, включая макроструктуру образующих частиц, для целей идентификации требуются исследования микроструктуры.

Результаты изучения структуры молочных продуктов на микроуровне представлены на рис. 3–7 и в таблице. Как видно, образцы имеют определенные микроструктурные особенности и отличия.

*Цельное молоко для детского питания с массовой долей жира 25%.* Образец представлен большими рыхлыми конгломератами неправильной формы, на поверхности которых находятся скопления частиц от 2

до 4 мкм сферической формы. Распределение частиц и конгломератов частиц по размеру следующее: частицы с размерами 2–4 мкм (30 шт.) составляют 20,6% от общего их количества; 5–7 мкм (25 шт.) – 17,2%; 8–15 мкм (22 шт.) – 15,2%, 16–20 мкм (30 шт.) – 20,6%; 21–40 мкм (25 шт.) – 17,2%; более 40 мкм (12 шт.) – 8,3%. Частицы размером 6–10 мкм отличаются правильной шаровидной формой и гладкой поверхностью (рис. 3).

*Сухое обезжиренное молоко.* Образец характеризуется (в отличие от образца молока сухого цельного) более равномерным распределением частиц, среди которых почти отсутствуют частицы с гладкой поверхностью правильной сферической формы и встречаются частицы вогнутой формы (рис. 4). Поверхность большинства из них слоистая. Спектр представлен следующим образом: частицы размером 2–4 мкм (12 шт.) – 9,2% от общего количества частиц; 5–7 мкм (43 шт.) – 33,1%; 8–15 мкм (21 шт.) – 16,2%, 16–20 мкм (12 шт.) – 9,2%; 21–40 мкм (19 шт.) – 14,6%; более 40 мкм (23 шт.) – 17,7%.

*Сыворотка подсырная деминерализованная с массовой долей белка 50%.* Образец, в отличие от вышеописанных, имеет достаточно равномерное распределение частиц, близких по форме к сферической и с размерами менее 20 мкм (рис. 5). Также встречаются частицы с вогнутой поверхностью. Некоторые имеют кристаллоподобную форму. Состав частиц следующий: с размерами 2–4 мкм (102 шт.) – 26,8% от общего количества; 5–7 мкм (172 шт.) – 45,3%; 8–15 мкм (93 шт.) – 24,5%, 16–20 мкм (8 шт.) – 2,1%; 21–40 мкм (5 шт.) – 1,3%. Частицы с размерами более 40 мкм отсутствовали.

*Концентрат сывороточный белковый «КСБ-УФ-80», полученный из сывороточно-белкового пермеата.* Анализ образца свидетельствует о наличии частиц неправильной формы с редким включением небольших частиц сферической формы, при этом их поверхность достаточно гладкая (рис. 6). Частицы с размерами 2–4 мкм (25 шт.) составляют 31,1% от общего количества; 5–7 мкм (21 шт.) – 26,5%; 8–15 мкм (10 шт.) – 12,4%, 16–20 мкм (7 шт.) – 8,8%; 21–40 мкм (4 шт.) – 5,0%; более 40 мкм (13 шт.) – 16,2%.

Промышленное производство сухих сывороточно-белковых концентратов в микропартикулированной форме впервые было начато в начале 80-х гг. прошлого столетия. С тех пор и до настоящего времени микропартикулированные белки молока востребованы, а технология их изготовления и используемое технологическое оборудование постоянно совершенствуются, что отражено в десятках патентов. Также в мировой практике прослеживается тенденция по ресурсоэффективному производству микропартику-



Рис. 2. Внешний вид сухих молочных продуктов

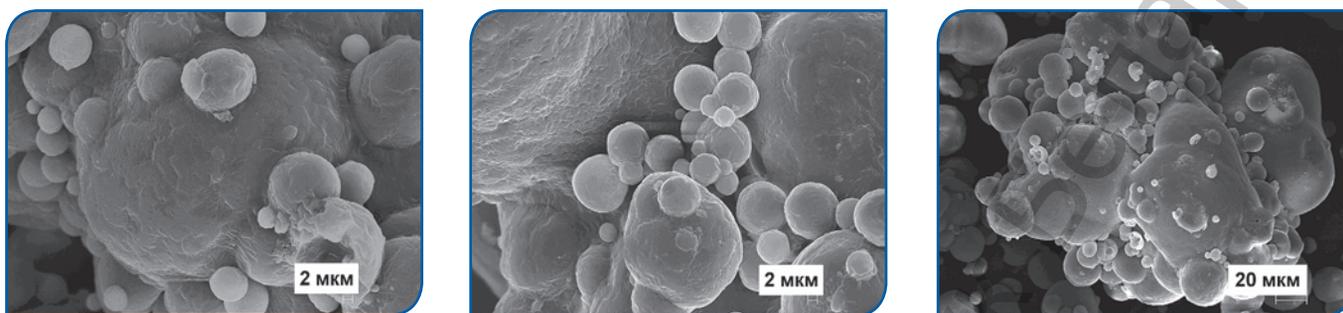


Рис. 3. Сканирующие электронные микрофотографии сухого цельного молока для детского питания с массовой долей жира 25%, полученного с применением распылительной сушки (ОАО «Беллакт»)

лированных сухих сывороточно-белковых концентратов. Микропартикуляты имеют стабильный спрос, обусловленный их высокой биологической ценностью, особыми технологическими свойствами и удобством использования [6]. Наряду со свойствами имитаторов молочного жира они в растворенном виде лучше, чем продукты с не микропартикулированными белками, выдерживают высокотемпературную обработку, не расслаиваются в водных и молочно-сывороточных растворах, легко переходят в белковую фракцию при изготовлении молочно-белковых продуктов сквашиванием и последующим термокислотным осаждением.

Микропартикулированные сывороточные белки состоят преимущественно из мягких белковых частиц, поддающихся деформации. Их размер и форма аналогичны размерам и форме жировых шариков. Микропартикулированные белковые концентраты,

регидратированные (восстановленные) с использованием питьевой воды, молочной сыворотки или иного водного раствора, имеют выраженный сливочный вкус без посторонних привкусов. Цвет продукта белый с незначительным кремовым оттенком, в отличие от серовато-белого цвета не микропартикулированных сывороточных белковых концентратов. Микропартикулированные белки в сочетании с другим молочным и пищевым сырьем способствуют улучшению органолептических характеристик производимых продуктов. В мировой практике их используют при производстве молочных и других пищевых продуктов функционального назначения с диетическими свойствами. Наиболее широко представлены десерты, творог, мороженое, ультравысокотемпературно обработанное молоко, напитки пониженной жирности и обезжиренные, кисломолочные напитки пониженной жирности, сыры мягкие, полутвердые и твер-

дые низкожирные. Такие продукты имеют более высокую биологическую ценность, чем полножирные и иные, полученные по традиционной технологии из цельного молока и вторичного молочного сырья.

Микроструктура сухого концентрата сывороточного белка «Simplese 100E» в микропартикулированной форме имеет следующий вид: частицы размером 1–22 мкм – в основном почти сферической формы; поверхность слегка чешуйчатая. Присутствуют единичные частицы вогнутой, яйцевидной и гантелевидной формы (рис. 7). Распределение по размеру следующее: частицы менее 2 мкм (2 шт.) составляют 1,0% от общего количества; (83 шт.) – 41,5%; 5–7 мкм (45 шт.) – 22,5%; 8–15 мкм (26 шт.) – 13,0%, 16–20 мкм (28 шт.) – 14,0%; 21–40 мкм (10 шт.) – 5,0%; более 40 мкм (6 шт.) – 3,0%.

Как видно из описаний образцов молока сухого цельного и сывороточного бел-

Таблица. Характеристика сухих молочных продуктов по виду и степени распределения частиц

Вид продукта	Доля частиц, % с размерами						
	менее 2 мкм	2–4 мкм	5–7 мкм	8–15 мкм	16–20 мкм	21–40 мкм	более 40 мкм
1. Сухое цельное молоко для детского питания с массовой долей жира 25%, полученное с применением распылительной сушки	–	20,6	17,2	15,2	20,6	17,2	8,3
2. Сухое обезжиренное молоко, полученное с применением распылительной сушки	–	9,2	33,1	16,2	9,2	14,6	17,7
3. Сухая сыворотка подсырная деминерализованная с массовой долей белка 50%, полученная с применением распылительной сушки	–	26,8	45,3	24,5	2,1	1,3	–
4. Сухой концентрат сывороточный белковый «КСБ-УФ-80», полученный из сывороточно-белкового пермеата с применением распылительной сушки	–	31,1	26,5	12,4	8,8	5,0	16,0
5. Сухой концентрат сывороточного белка «Simplese 100E» в микропартикулированной форме	1,0	41,5	22,5	13,0	14,0	5,0	3,0

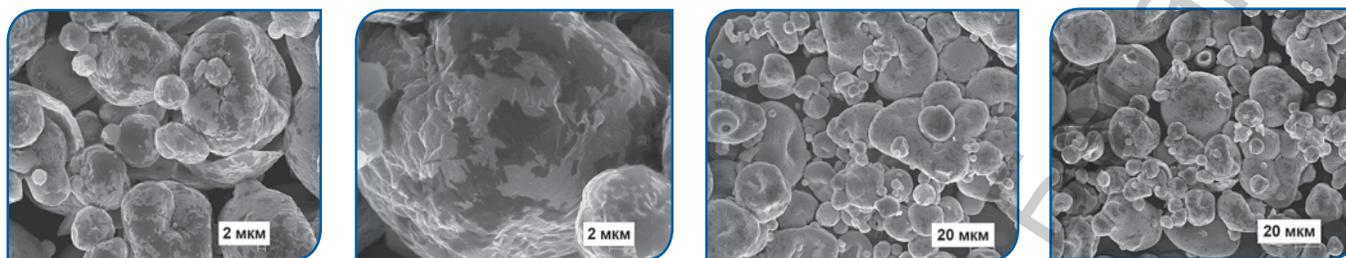


Рис. 4. Сканирующие электронные микрофотографии сухого обезжиренного молока, полученного с применением распылительной сушки (ОАО «Беллакт»)

кового концентрата «Simplese-100E» в микропартикулированной форме, в обоих присутствуют частицы правильной шаровидной формы гладкой поверхности с размерами 2–10 мкм, которые похожи на жировые шарики молока по внешнему виду и размерам.

Частицы указанных размеров встречаются и в других образцах. Но там они имеют форму, отличную от шаровидной и шероховатую или бугристую поверхность. Возможно, и этим объясняется отсутствие у белков, входящих в состав образцов, имитации свойств жировых шариков молока.

Анализ образца микропартикулированных сывороточных белков показал присутствие значительного количества белковых частиц с размерами менее 0,1 мкм и более 5 мкм, что снижает эффект проявления свойств микропартикулятов как имитаторов молочного жира. Теоретически возможно расслоение продуктов с использованием этого микропартикулята по причине наличия значительного количества частиц с размерами более 15 мкм.

Наибольшее количество частиц в единице площади при анализе фотографий с мас-

штабом 20 мкм наблюдалось в образце сухой подсырной деминерализованной сыворотки (более 300 шт.), и они имели самые малые размеры по сравнению с другими образцами, причем с минимальными отклонениями от среднего размера частиц. Ближе всего по размерам и количеству частиц к данному образцу находился образец концентрата сывороточных белков «Simplese 100E».

Следует отметить, что сканирующую электронную микроскопию как метод идентификации и оценки качества сухих молочных продуктов затруднительно применять на практике из-за высокой стоимости и трудоемкости подобных исследований. В этой связи можно использовать такие упрощенные методы, как определение показателей плотности (удельного веса), включая методы определения насыпной плотности (объемная насыпная плотность и т.д.), которые в той или иной степени косвенно отражают структуру сухих молочных продуктов, а сканирующую электронную микроскопию желательнее применять для научных исследований структуры сухих молочных продуктов

и в качестве арбитражного метода как прямого и наиболее точного. На наш взгляд, по аналогии с государственными стандартами России и других стран, целесообразно отразить высказанное предложение в отечественных госстандартах и иных технических нормативных правовых актах на сухие молочные продукты, что должно положительно отразиться на качестве последних.

По результатам исследований установлено, что образец сухого микропартикулированного сывороточного белкового концентрата зарубежного производства имел диапазон частиц, значительно по размерам выходящий за диапазон для рекламируемых микропартикулятов. Данный факт может свидетельствовать об ограниченности применения микропартикулятов по ряду таких рекламируемых свойств, как проявление сливочного вкуса, высокие эмульгирующие способности, отсутствие расслоения в жидких средах. При закупке подобных продуктов зарубежного производства для последующего использования в изготовлении отечественных функциональных молочных и иных пищевых

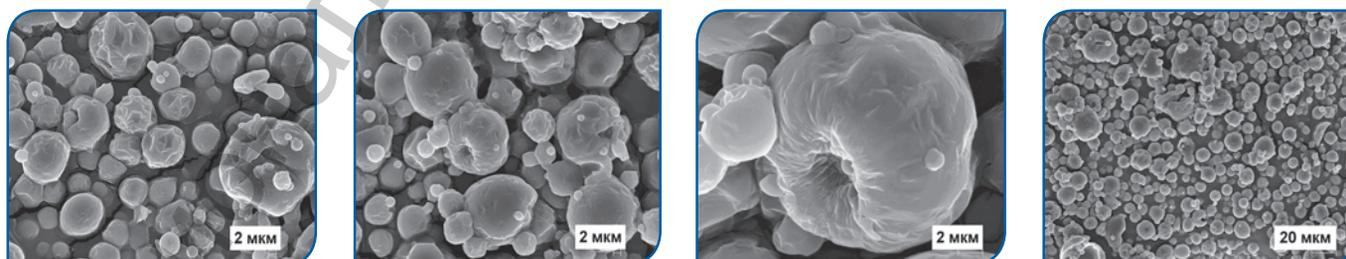


Рис. 5. Сканирующие электронные микрофотографии сухой сыворотки подсырной деминерализованной с массовой долей белка 50%, полученной с применением распылительной сушки

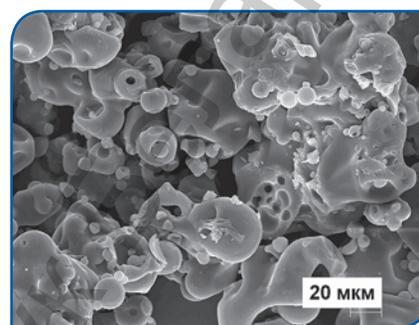
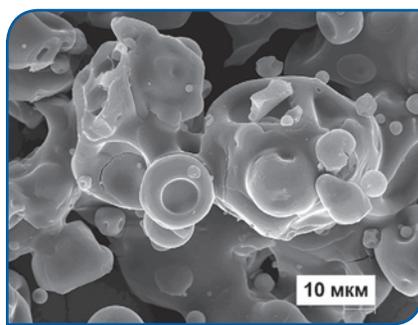
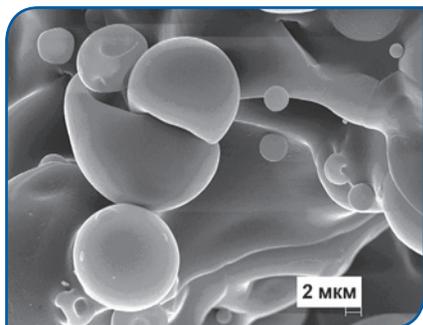


Рис. 6. Сканирующие электронные микрофотографии сухого концентрата сывороточного белкового «КСБ-УФ-80», полученного из сывороточно-белкового пермеата с применением распылительной сушки (ОАО «Щучинский МСЗ»)

продуктов следует наряду с методами определения показателей плотности (удельного веса) в арбитражных случаях применять сканирующую электронную микроскопию, что позволит проводить более достоверную идентификацию заявляемых изготовителем свойств микропартикулятов.

Практическая значимость изучения структуры сухих молочных продуктов на микроуровне в том, что оно может позволить усовершенствовать методы идентификации и оценки качества сухих молочных продуктов на основе новой информации по микроструктуре продукта как отечественного, так и зарубежного производства, а также подтверждает описанные в литературных источниках микроструктурные характеристики сухих молочных продуктов и концентратов сывороточных белков в микропартикулированной форме.

Дата поступления статьи: 18.08.2011 г.

### Литература

1. Кузнецов В.В., Шилер Г.Г. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности. Справочник. – Санкт-Петербург, 2006.
2. СТБ 1858-2009 «Молоко сухое. Общие технические условия».
3. ТУ РБ 100098867.151-2009 «Молоко сухое цельное».
4. ТУ РБ 00028493.459-98 «Концентрат сывороточный белковый, полученный методом ультрафильтрации «КСБ-УФ».
5. ТУ ВУ 100098867.219-2007 «Сыворотка сухая деминерализованная».
6. Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б. Новый имитатор молочного жира в технологии молокосодержащих продуктов // Материалы III Международной науч.-технич. конф. «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности». Т. 1. – Воронеж, 2009 г.

### Summary

It is established, that available in the Belarus market import dry dairy products not to the full corresponded to the declared characteristics in the sizes and the form of albuminous particles. They had particles with the sizes more than 10 microns at which creamy taste can be shown only partially and probably the subsidence of albuminous particles leading to stratification of a ready product. Besides, their form not always was spherical with a smooth surface, as at fatty particles of milk. At purchase of similar foreign components for use in manufacturing of functional dairy and other foodstuff of a domestic production follows along with methods of definition of indicators of density (relative density), including methods of definition of bulk density (volume bulk density etc.) Which indirectly reflect structure of dry dairy products, more widely to apply scanning electronic microscopy that will allow to spend more authentic identification of properties declared by the manufacturer.

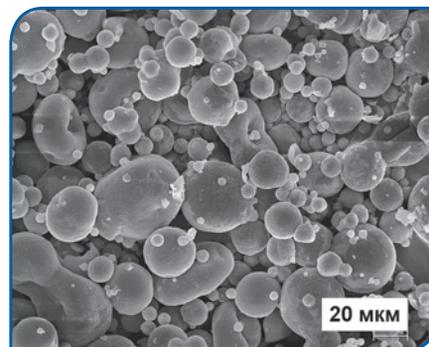
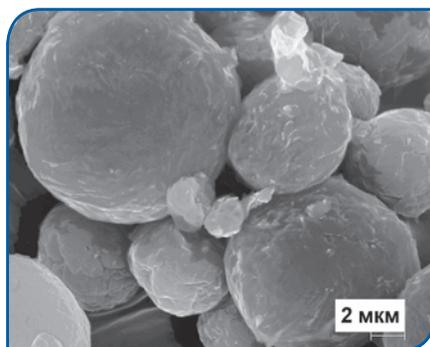
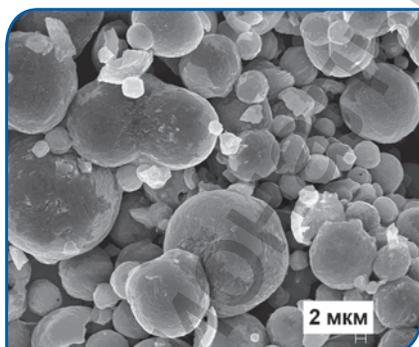


Рис. 7. Сканирующие электронные микрофотографии сухого концентрата сывороточного белка «Simplese 100E» в микропартикулированной форме

# Список публикаций за 2011 год

## ТЕМА НОМЕРА

### №1. Научные прорывы

Жанна Комарова. Феномен знаний и экономика будущего. С. 6

Владимир Кабанов, Геннадий Рябцев, Владимир Петухов. «Видеть» в любую погоду. С. 9

Евгения Коробко, Геннадий Городкин. Финишная обработка высокоточных изделий. С. 11

Александр Сайко. Материаловедение: новые технические решения. С. 13

Александр Бильдюкевич. Капиллярные мембраны для водоподготовки. С. 15

Игорь Волотовский, Елена Лобанок, Елена Лойко. Стволовые клетки: перспективы развития клеточных технологий. С. 17

Андрей Бабенко, Елена Субоч, Сергей Усанов. Молекулярная диагностика рака молочной железы. С. 18

Даниил Петренёв. Электромагнитные поля и механизмы канцерогенеза. С. 20

Николай Немкович, Андрей Собчук. Создан прибор для экспресс-диагностики рака. С. 23

Александр Кульчицкий. Можно ли победить боль? С. 24

Людмила Мельникова. Детское питание – залог здоровья нации. С. 25

Дмитрий Комлач, Александр Рапинчук. Умные машины: посадят, окучат, удобряют и урожай соберут. С. 27

Лидия Тегако. Как изменились белорусы: биокультурные факторы. С. 29

Ольга Левко. И викинги жили на белорусских землях... С. 31

Александр Локотко. Всеобщая история белорусской архитектуры: традиции и инновации. С. 33

### №2. Стратегии развития транспортных систем

Наталья Гусакова. Быстрее, дальше, дешевле... С. 6

Наталья Гусакова. Инновационный путь белорусского автомобилестроения. С. 12

Николай Сарвилов. Новый формат пассажирских перевозок. С. 16

Александр Алешко. Оптимальный ресурс транспортного средства. С. 19

Вячеслав Довнар, Александр Кухарев. Завтра транспортной логистики. С. 21

Наталья Гусакова. Образование со знаком качества. С. 22

Ирина Емельянович. «Зеленые» модели будущего. С. 24

### №3. Защита растений: экономика плюс экология

Наталья Гусакова. Защита растений – фактор национальной безопасности. С. 6

Алексей Майсеенко, Тамара Гололоб. Государственная регистрация средств защиты растений. С. 10

Эмилия Коломиец. Биопестициды: эффективны и экологичны. С. 11

Федор Лахвич. Биорациональные пестициды. С. 14

Елена Якимович, Анна Ивашкевич, Сергей Сорока. Химический метод в борьбе с борщевиком Сосновского. С. 15

Людмила Трешко, Светлана Надточаева, Игорь Голунов, Владимир Исааков. Синтетические феромоны для мониторинга западного кукурузного жука. С. 17

Наталья Пшибытко, Людмила Зеневиц, Наталья Жаворонкова, Людмила Кабашникова. Фитогормоны против фузариозного увядания. С. 19

Вероника Тимофеева, Наталья Дишук, Людмила Головаченко. Стоит дерево. Цветом зелено? С. 22

Олег Баранов. ДНК-технологии – современный способ диагностики растений. С. 26

### №4. Изменение климата

Владимир Логинов. Глобальные и региональные изменения климата и их доказательная база. С. 5

Алексей Бялко. Что принесет великий конвейер? С. 10

Виталий Кулик. Закон будет охранять климат. С. 13

Александр Красовский, Леонид Турышев. Взаимодействие системы «атмосферный озон – климат». С. 14

Михаил Никифоров, Виталий Семенченко. Биологическое разнообразие в теплеющем мире. С. 17

Александр Пугачевский, Иосиф Степанович, Максим Ермохин. Растительность в новых природных условиях. С. 21

Ирина Емельянович. В Беларуси будут кактусы цвести? С. 25

Наталья Гусакова. Научная гостиная: погода и здоровье. С. 28

### №5. Диабет под контролем

Наталья Гусакова. С диабетом можно жить полноценно. С. 5

Дмитрий Радюк, Клавдия Радюк. Как предотвратить сахарный диабет 1-го типа. С. 7

Алексей Романовский. СД2: тенденции и профилактика. С. 10

Татьяна Мохорт. Инкретины и лечение сахарного диабета 2-го типа. С. 13

Вячеслав Буко, Елена Лапшина, Оксана Лукивская, Светлана Ильина, Сергей Кирко, Илья Заводник. Коррекция диабета и его осложнений. С. 17

Тамара Старовойтова, Александр Рудой, Татьяна Ермоленко, Татьяна Трухачева. Препараты, продлевающие жизнь. С. 20

Наталья Минакова. Диабет-новости. С. 24

Наталья Минакова. Есть или не есть? С. 26

### №6. Технологии, рожденные химией

Николай Крутько. Инновационное развитие нефтехимического комплекса. С. 6

Юрий Плещакчевский. Достижения химии как фундаментальные основы для материаловедения. С. 11

Вячеслав Ольховик, Александр Муравский, Владимир Агабеков. Новые импортозамещающие материалы. С. 12

Людмила Овсиенко, Вячеслав Шевчук. Фосфорные удобрения для высоких урожаев. С. 15

Валерий Самускевич, Василий Кошевар. Химические добавки в технологии монолитного бетона. С. 18

Ольга Опанасенко, Ольга Лукша, Оксана Жигалова. Инновации в дорожной отрасли: проблемы и решения. С. 21

Алексей Можейко, Виталий Матулис, Томас Брэдов, Олег Ивашкевич. Взаимодействие кластеров серебра с поверхностью диоксида титана. С. 25

### №7. Центры коллективного пользования

Михаил Бельков, Александр Коршунов, Людмила Маркова. Инновационная культура плюс научные знания. С. 5

Николай Мышкин, Андрей Григорьев. ЦКП – база и интегратор прикладных исследований. С. 10

Владимир Драгун. Главное – востребованность. С. 13

Наталья Гусакова. Помощь на вес золота. С. 15

Анатолий Белоус, Александр Петлицкий, Владимир Пилипенко, Сергей Шведов. Метрология наукоемкого производства. С. 19

Максим Лущик. Ближе к научной передовой. С. 22

Наталья Гусакова. Когда все окажется в выигрыше? С. 24

### №8. Селекция в мире животных

Иван Шейко. Селекционные достижения в животноводстве – национальное достояние. С. 4

Мария Михайлова, Наталья Волчок, Елена Белая. Не допустить распространения мутации. С. 12

Александр Кильчевский, Мария Михайлова. Беларусь – Венесуэла: сотрудничество генетиков. С. 14

Владимир Дадашко, Валентин Махнач. Снеси, курочка, яичко. Не золотое, а функциональное... С. 16

Сергей Касьяненко, Ирина Никитина. Селекция уток: секрет успеха – в жесткости отбора. С. 18

Валентин Махнач. Белые великаны. С. 20

Елена Таразевич, Вадим Сазанов. Лахвинские, изобелинские, тремлянские... С. 21

### №9. Тайна происхождения белорусов

Михаил Пилипенко. Концепции происхождения белорусов. С. 4

Ольга Левко. Белорусский этнос: традиционная культура и европейские новации. С. 6

Лидия Тегако. Антропологический аспект этногенеза. С. 9

Ольга Давыденко, Елена Кушнеревич. Галогруппы Y-хромосом и происхождение национального генофонда. С. 12

Валентина Зерницкая. Реконструкция хозяйственной деятельности человека в голоцене. С. 16

Александр Лукашанец. Месца беларускай мовы ў лінгвістычным ландшафце Еўропы. С. 20

### №10. Образование, ограниченное наукой

Сергей Абламейко. Синергия образования и науки. С. 5

Олег Ивашкевич, Татьяна Дик. Роль БГУ в развитии отечественной науки. С. 8

Людмила Хухлындина. Не догонять прошлое, а создавать будущее. С. 12

Владимир Понарядов. Инновационная деятельность предприятий комплекса БГУ. С. 15

Петр Кучинский. Высокие технологии в действии. С. 19

Наталья Гусакова. Юбилей в юбилее. С. 22

Юрий Харин. Главная задача – защита информации. С. 25

Наталья Гусакова. Новые идеи – новые технологии. С. 27

Леонид Турышев. «Белорусский этап» научных исследований озоносферы. С. 30

Дмитрий Сагайдак. По критериям профессиональной надежности. С. 32

Николай Шумейко. Высокие энергии в микромире. С. 34

#### №11. Государство – наука – бизнес: на пути к консолидации

Владимир Зданович. Законодательное обеспечение государственно-частного партнерства. С. 5

Наталья Гусакова. Главное – условия для развития. С. 8  
Игорь Войтов. Предсказуемость – залог успешного взаимодействия. С. 12

Наталья Минакова. Нужна ли бизнесу наука? С. 15

Борис Хрусталева, Юрий Алексеев, Татьяна Татьянко, Диана Селицкая. Роль государства в развитии инновационного предпринимательства в университете. С. 17

Наталья Гусакова. Найти взаимный интерес. С. 20

Марина Дерябина. ГЧП в сфере общественных благ: опыт России. С. 24

#### №12. Порядок из хаоса

Виктор Гайсенко, Вячеслав Кувшинов, Георгий Крылов. Самоорганизация в сложных системах: ключевые концепции. С. 6

Вячеслав Кувшинов, Андрей Кузьмин, Вадим Петров. Детерминированный хаос в теории сильных взаимодействий. С. 11

Александр Поздняков. Порядок и хаос в динамике социально-экономических систем. С. 13

Вячеслав Соловьев. Особенности проявлений порядка и хаоса в экономике. С. 19

Владимир Малогиин, Юрий Харин. Эконометрическое прогнозирование национальной экономики. С. 24

Павел Мандрик, Александр Тетерев. От модели – к числительному эксперименту. С. 27

Владимир Красиков. Хаос и порядок как антропологические интенции организации разума. С. 31

#### ИННОВАЦИИ

##### №1

Василий Ставров, Людмила Пшебельская. Продуктивная инновация: затраты и риски. С. 36

Иван Воробьев, Елена Сидорова, Татьяна Ленская, Наталья Чикида. Разноуровневая конкурентная среда хозяйствования. С. 40

Елена Иванова, Галина Карловская. Перспективы инновационного развития регионов Беларуси. С. 44

Павел Дик. Селекция рыбы. С. 47

##### №2

Борис Сорвилов, Александр Баранов. Информационные кластеры как форма сетевого взаимодействия. С. 28

Семен Ягудин, Александр Бебрис. Стратегия развития венчурного инвестирования в России. С. 33

Наталья Макаренко. Наука преуспевать. С. 35

##### №3

Татьяна Ахромеева, Георгий Малинецкий. Модернизация инновационной сферы как путь в будущее. С. 29

Ирина Михайлова-Станюта, Дмитрий Примщиц. Современные задачи амортизационной политики. С. 31

Борис Сорвилов, Александр Баранов. Информационные кластеры как форма сетевого взаимодействия. С. 35

##### №4

Анатолий Русецкий. Задачи НАН Беларуси на 2011–2015 гг. С. 33

Жанна Комарова. Трамплин успеха белорусских металлургов. С. 37

Владимир Гусаков. АПК: стратегия и тактика. С. 42

##### №5

Михаил Мясникович. Повышение экономической эффективности агропромышленного комплекса в среднесрочной перспективе. С. 29

Ирина Емельянович. Европейские оценки «за инновационность» Беларуси. С. 35

Нина Богдан. Инновационное развитие Беларуси в контексте европейской интеграции. С. 38

Борис Гусаков. Инвестиции собственника: оценка эффективности. С. 41

Олег Горов. Модель комплексной информатизации оптовой торговли Беларуси. С. 44

##### №6

Петр Витязь, Сергей Дедков. Наука – коммерциализация – конкурентоспособность. С. 31

Павел Дик. Практический подход к науке. С. 36

Нина Богдан. Инновационное развитие Беларуси в контексте европейской интеграции. С. 39

Владимир Иванов, Андрей Марков. Пути формирования единого научно-технологического пространства Беларуси и России. С. 43

##### №7

Владимир Гусаков. Оценка состояния и основные направления совершенствования экспортно-импортных отношений в АПК. С. 27

Светлана Кулевская. Экономическое развитие стран СНГ. С. 36

Арзу Гусейнова. Инновации в механизме реформирования экономики Азербайджана. С. 38

Жанна Комарова. Институт, ответственный за землю. С. 40

##### №8

Ирина Емельянович. Молодость древней отрасли. С. 23

Владимир Самосюк, Андрей Литовский, Станислав Романов. Теплонасосные системы для сельскохозяйственного производства. С. 33

Павел Коннович, Даниил Седнев. Дизайн как ключ к инновациям. С. 37

Ирина Михайлова-Станюта. Телекоммуникационная отрасль: опора на современное оборудование. С. 40

##### №9

Ирина Емельянович. Правовой и финансовый аспекты научно-технической политики. С. 23

Татьяна Вертинская. Местная инициатива как инновация в управлении региональным развитием. С. 27

Таисия Каштелян. Пути повышения инновационной активности организаций. С. 30

Валерий Байнев. Красный свет для инноваций. С. 33

Халима Мурсалова. Космическая индустрия как основа интеграции Республики Казахстан в мировое информационное пространство. С. 38

Павел Дик. In aqua veritas. С. 40

##### №10

Анатолий Свириденко, Сергей Чижик, Геннадий Хацкевич. Риски научно-инновационной деятельности. С. 37

Ольга Сафонова. Организационный механизм структурирования кластера по производству кондитерских изделий. С. 40

Тамара Василевская. Финансовые основы инвестиционного прогресса в промышленности Беларуси. С. 43

##### №11

Павел Дик. Каталитическая деаэрация воды. С. 27

Татьяна Садовская. Оценка инновационной составляющей экономического роста Беларуси. С. 30

Марина Кобяк. Экономические показатели эффективности работы гостиничных предприятий. С. 33

Федор Молочко. Проблемные вопросы инноваций. С. 35  
Александр Косенко. Высокотехнологичный сектор экономики: проблемы и решения. С. 37

##### №12

Елена Князева. Сложность социального мира, рождающего инновации. С. 33

Ирина Емельянович. Пороговые барьеры на пути белорусских инноваций. С. 37

Павел Дик. Практика – критерий истины. С. 45

#### СИНЕРГИЯ ЗНАНИЙ

##### №1

Михаил Артюхин. Элитные группы в науке: проблемы идентификации и типологии. С. 50

Александра Безбородова. Межстрановый анализ инвестиций в основной капитал. С. 54

Ирина Емельянович. На других посмотреть и себя показать. С. 58

##### №2

Вячеслав Щербин. Какую модель экономики знаний выберет для себя Беларусь? С. 42

Евгений Пак. На перекрестке тысячелетий. С. 46

Вопрос государственной важности. С. 47

Открытый доступ к миру технологий. С. 50

##### №3

Ирина Емельянович. Институт философии: открытые двери. С. 39

Ирина Емельянович. Образовательные траектории Болонского процесса. С. 50

Евгений Пак. Товарные знаки и пиратские регистрации. С. 54

##### №4

Ирина Емельянович. Секреты бизнес-упаковки инноваций. С. 46

Евгений Пак. Интеллектуальная составляющая экспорта. С. 50

Сергей Зыкович. Стратегия развития регионов. С. 53

##### №5

Михаил Бельков, Александр Коршунов. О материально-технической базе науки. С. 48

Ирина Емельянович. «Умные деньги» для перспективных проектов. С. 51

Павел Дик. Информационный фундамент образования. С. 54

#### №6

Ирина Емельянович. Инновационные горизонты Беларуси. С. 47

Вячеслав Щербин. Новые институты инновационной деятельности. С. 50

Виталий Стрех, Владимир Пархименко. Белорусские СЭЗ в контексте мирового опыта. С. 54

#### №7

Ирина Емельянович. Сергей Чижик: наука должна быть предпримчивой. С. 47

Елена Красильникова. Стратегия опережающего развития информационной экономики. С. 51

Владимир Колотухин. Фактор конкурентного преимущества. С. 55

Наталья Макаренко. Традиции, обогащенные новым опытом. С. 57

#### №8

Ирина Емельянович. Как «оборудовать» науку? С. 43

Мария Бондаренко, Владимир Пархименко, Виталий Стрех. Маркетинг для высоких технологий. С. 46

Иван Сержинский. Патентовать, чтобы продавать. С. 50

#### №9

Ирина Емельянович. Future by БелИСА. С. 43

Вадим Голик. Информационные технологии в государственном управлении. С. 46

Оксана Верниковская. Зарубежный опыт стимулирования экспорта. С. 48

Александр Успенский, Жанна Комарова. Основы трансфера технологий. С. 52

#### №10

Владимир Горовой. Методы оценки экономической эффективности ИТ в экономике и управлении. С. 45

Александр Успенский, Жанна Комарова. Основы трансфера технологий. С. 49

#### №11

Ирина Емельянович. Отраслевая наука: аудит временем. С. 40

Михаил Артюхин, Леонид Орлов, Ольга Мееровская. Научная диаспора как ресурс развития белорусской науки. С. 45

Владимир Пархименко, Виталий Стрех, Мария Бондаренко. Комплекс инструментов ИТ-маркетинга. С. 50

Александр Успенский, Жанна Комарова. Основы трансфера технологий. С. 55

Жанна Комарова. С юбилеем, Белорусско-Российский университет! С. 57

#### №12

Илья Левяш. Интеграл искомого оптимума: критерии и индикаторы. С. 49

Владимир Пархименко, Виталий Стрех, Мария Бондаренко. Комплекс инструментов ИТ-маркетинга. С. 53

### В МИРЕ НАУКИ

#### №1

Тадеуш Адуло. Толерантное общество как социальный проект. С. 63

Анатолий Лобанок. Биотехнология микробных ферментов. С. 66

Юрий Грачёв. Новые решения в хирургическом лечении глиом больших полушарий головного мозга. С. 70

#### №2

Жанна Комарова. Закон собственного «я». С. 55

Зинаида Алещенкова, Галина Сафронова, Екатерина Соловьева, Анастасия Федоренчик. Влияние арбускулярных микоризных грибов на рост и развитие растений. С. 59

Михаил Кулак, Станислав Ничипорович, Екатерина Мирончик. Инновационное развитие полиграфических предприятий. С. 64

#### №3

Жанна Комарова. Шлях да мэты – не меншае шчасце, чым сама мэта. С. 59

Татьяна Мадзиевская, Василий Циганков, Виктор Афонин, Валерий Шилов, Галина Асютина, Татьяна Грушевская. Фитокомпозиции для активного долголетия. С. 63

Александр Кравцов, Сергей Зотов, Николай Савицкий, Михаил Барановский, Александр Латышев. Тонкая очистка молока отечественными полимерными фильтрами. С. 69

#### №4

Жанна Комарова. Наедине с собой. С. 57

Аляксандр Булыка, Наталя Паляшчук. Слоўнік мінуўшчыны Беларусі. С. 62

Лариса Николаевич, Елена Морозова. Молекулярные механизмы регуляции генов ПНЖК. С. 65

Иван Гордей, Надежда Дубовец, Елена Сычева. Хромосомные технологии в селекции зерновых культур. С. 70

#### №5

Ирина Емельянович. Высокая планка научных проектов. С. 56

Мария Михайлова, Юлия Медведева, Алексей Буневич. Генетическое разнообразие белорусской популяции европейского зубра. С. 60

Олег Сороко, Юлия Усеня. Анализ способов замораживания пищевых продуктов. С. 68

#### №6

Жанна Комарова. Персональная траектория успеха. С. 59

Владимир Лукашевич. Ключевые методологические измерения инновационной деятельности. С. 64

Андрей Цуриков, Ольга Храмченкова. Лишайники Гомеля. С. 68

Андрей Цуриков, Сергей Кондратюк. Новые для Беларуси виды лишайников семейства Teloschistaceae. С. 72

#### №7

Иван Лиштван. Рациональное использование твердых горючих ископаемых Беларуси. С. 60

Інга Бязлепкіна. Беларускі пераклад англамоўнай пазіі: канец XVIII – XXI ст. С. 67

Сергей Дромашко, Евгений Попов, Елена Макеева. Национальное законодательство и система биобезопасности Беларуси. С. 70

#### №8

Жанна Комарова. Юбилей созидательного труда. С. 53

Тадеуш Адуло. Национальная философия в динамике интеллектуального пространства Беларуси. С. 57

Вячеслав Кувшинов, Ваган Казазян, Алий Малыхин, Ла-

риса Нарейко. Научная поддержка развития атомной энергетики. С. 60

Анастасия Сидоренко, Галина Новик. Жизнеспособность бактерий рода *Bifidobacterium* в зависимости от условий криоконсервации. С. 62

Владимир Торчик. Перспективы использования спонтанных соматических мутаций в селекции декоративных форм сосны обыкновенной. С. 67

Сергей Дромашко, Евгений Попов, Елена Макеева. Национальное законодательство и система биобезопасности Беларуси. С. 71

#### №9

Яўген Гарадніцкі. Праблема візуальнага ў літаратуры. С. 55

Алла Шепелькевич, Елена Холодова, Елена Бруцкая-Стемпковская. Особенности диагностики и мониторинга мягких форм первичного гиперпаратиреоза. С. 58

Александр Кравцов, Сергей Зотов, Виктор Лисицын, Николай Савицкий. Состояние и перспективы решения проблемы комплексной очистки сточных вод. С. 65

#### №10

Ирина Емельянович. Научный ландшафт растительного царства. С. 52

Алисса Самсонова. Биоремедиация природных и производственных сред. С. 64

Андрей Королев. Применение затратных показателей при оценке эффективности инвестиционных решений на пассажирском транспорте. С. 67

#### №11

Таццяна Валодзіна. Акадэмічная фалькларыстыка: набыткі і перспектывы. С. 63

Алисса Самсонова. Биоремедиация природных и производственных сред. С. 66

#### №12

Жанна Комарова. Науку создает тот, кто в нее верит. С. 56

Анатолий Лобанок. Роль ферментов в оптимизации питательной ценности кормов: некоторые ориентиры и перспективы. С. 61

Елена Валякина, Владимир Литвяк, Инна Мельситова. Анализ структуры сухих молочных продуктов. С. 65

### ИНФОЛИНИЯ

#### №2

Елена Милашевич. Опыт участия Мексики в региональной группировке NAFTA. С. 71

#### №5

Игорь Гаранович. Оценка современного состояния старинных парков Беларуси. С. 68

#### №9

Валентина Юрченко, Наталия Шакура. Научным исследованиям – достойную поддержку. С. 71

#### №10

Павел Дик. Международные сети как способ интенсификации развития национальных бизнес-инкубаторов. С. 71

#### №11

Александр Симончик. Воспитатель информационной культуры. С. 71

**ИННОВАЦИИ**

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

**INNOSFERA.ORG**



ОБРАЗОВАНИЕ

МЕНЕДЖМЕНТ

МАРКЕТИНГ

СИНЕРГИЯ ЗНАНИЙ

**НАУКА**

АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА НОМЕРА

**НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ**

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

АНАЛИТИКА

СТРАТЕГИИ

**ЭКОНОМИКА**

**НАУКА**  
**И ИННОВАЦИИ**

научно-практический журнал

Подписной индекс 00753 (инд.), 007532 (вед.)