

КОЛУМБИЙСКИЙ ЦВЕТ  
БЕЛОРУССКИХ  
ИЗУМРУДОВ

20

ИННОВАЦИОННОЕ  
РАЗВИТИЕ БЕЛАРУСИ  
В ДИНАМИКЕ

32

ПРИНУДИТЕЛЬНЫЕ ЛИЦЕНЗИИ  
И ДОСТУП  
К ЛЕКАРСТВЕННЫМ ПРЕПАРАТАМ

58

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ  
ФАКТОР  
ИННОВАТИКИ

65

# Наука и инновации

№8 (210)  
АВГУСТ 2020

научно-  
практический  
журнал



## НОВЫЕ ГРАНИ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

ISSN 1818-9857



9 1771818 985001 08

ISSN 2412-9372 (online)

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ THESEUS LAB – ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИССЛЕДОВАНИЙ КРИСТАЛЛОВ

ПОДГОТОВКА РЕШЕНИЙ  
И ПОСТАВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ:

- Выращивания монокристаллов
- Вакуумного спекания кристаллических материалов
- Контроля геометрических параметров кристаллов
- Контроля качества поверхности
- Элементного анализа кристаллов и пробоподготовки
- Резки, шлифовки и полировки кристаллов и изделий из них
- Исследования электрических свойств кристаллов

Theseus Lab S.r.o., 110 00, Vaclavske namesti, 808/66,  
Nove Mesto, Prague, 1, Czech Republic






На фото: микрокристаллы  
под микроскопом  
в поляризованном свете

**Обеспечим необходимым оборудованием  
для производства и исследований кристаллов**

Предоставляем полный комплекс работ –  
от подготовки оптимального решения и проектирования  
до поставки оборудования, монтажа и обучения персонала

**Звоните:** +375 17 237-42-11 доб. 418 **Пишите:** dg@theseuslab.cz

**Theseus** Lab<sup>®</sup>  
theseuslab.by





Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации №388 от 18.05.2009 г.

**Учредитель:**

Национальная академия наук Беларуси

**Редакционный совет:**

В. Г. Гусак – председатель совета	Ж. В. Комарова С. А. Красный Н. П. Крутько
П. А. Витязь – зам. председателя	В. А. Кульчицкий М. В. Мясникович
В. В. Байнев	О. Г. Пенязьков
А. И. Белоус	О. О. Руммо
И. В. Войтов	Н. С. Сердюченко
И. Д. Волотовский	И. А. Старовойтова
С. В. Гапоненко	А. В. Тузиков
С. И. Гриб	И. П. Шейко
А. Е. Дайнеко	А. Г. Шумилин
Н. С. Казак	В. Ю. Шутилин
Э. И. Коломиец	С. В. Харитончик

**Главный редактор:**

Жанна Комарова

**Ведущие рубрик:**

Ирина Емельянович  
Наталья Минакова  
Татьяна Жданович  
Анна Шимелевич

**Дизайн и верстка:** Алексей Петров

**Маркетинг и реклама:**

Елена Верниковская

**Адрес редакции:**

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

**Подписные индексы:**

007 532 (ведомственная)

00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.

Тираж 552 экз. Цена договорная.

Подписано в печать 24.08.2020.

**Издатель и полиграфическое**

**исполнение:** РУП «Издательский дом

«Беларуская навука».

Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.

ЛП №02330/455 от 30.12.2013.

г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №147.

© «Наука и инновации»

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

# Содержание

## КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

*Николай Казак, Владимир Белый, Светлана Курилкина*

### Оптика кристаллов ..... 4

Рассмотрена история развития оптики кристаллов в Беларуси. Отмечены полученные белорусскими учеными результаты, заслужившие мировое признание. Указаны новые перспективные направления и возможные области применения оптики кристаллов.

*Сергей Гапоненко*

### Полупроводниковые нанокристаллы ..... 9

Представлен краткий обзор основных свойств полупроводниковых нанокристаллов, ставших основой новой технологической платформы – коллоидной нанофотоники.

*Алексей Толстик, Елена Мельникова, Ольга Кабанова, Ирина Рушинова, Александр Муравский, Анатолий Муравский, Алина Яковлева*

### Жидкие кристаллы – перспективные материалы фотоники ..... 14

Показано, что синтезированные фоточувствительные азокрасители позволяют создавать электрически переключаемые фотонные жидкокристаллические устройства нового поколения.

*Андрей Солдатов, Дмитрий Карпинский*

### Колумбийский цвет белорусских изумрудов ..... 20

Описаны основные характеристики натурального и флюсового изумруда, технология их выращивания.

*Игорь Семченко, Сергей Хахомов, Андрей Самофалов, Алексей Балмаков*

### Метаматериалы и метаповерхности ..... 23

Анализируются метаматериалы и метаповерхности, созданные на основе металлических спиралей и омега-элементов классической или прямоугольной формы, сходство и различия между метаматериалами и кристаллами.

*Александр Макаревич, Василий Шепелевич, Станислав Шандаров*

### Фоторефрактивные кристаллы ..... 28

Дан краткий обзор экспериментальных и теоретических исследований зависимости дифракционной эффективности голограмм и коэффициента усиления предметной световой волны от толщины фоторефрактивных кристаллов силленитов. Показана необходимость учета обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости при теоретическом анализе полученных экспериментальных данных.

## ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

*Александр Шумилин*

### Инновационное развитие Беларуси в динамике ..... 32

Подведены итоги Государственной программы инновационного развития и 27 научно-технических программ. Обозначены шаги, направленные на повышение конкурентоспособности отечественной экономики на мировом рынке, предлагаемые меры и комплекс разрабатываемых программных документов, которые позволят Республике Беларусь к 2025 г. реализовать амбициозные инновационные проекты.

## ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

*Ван Юань, Михаил Ковалев*

### Особенности и основные этапы формирования цифровой экономики Китая ..... 39

Рассматриваются особенности и основы формирования цифровой экономики Китая. Отмечено, что цифровая экономика Китая является драйвером для инновационного экономического роста и оказывает влияние на мировое развитие.

*Тамара Чернышева*

### Фабрика цифровых новинок ..... 44

Анализируется бизнес-модель Alibaba Group, эффективно коммерциализирующая технологические идеи и услуги и активно инвестирующая в новые предприятия.

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

*Елена Ходько, Андрей Ходько*

### **Повышение энергоэффективности – ключевой фактор устойчивого развития экономики** ..... 49

Показано значение энергоэффективности в достижении целей устойчивого развития экономики страны. Определено, что основными направлениями энергосбережения в строительной сфере являются снижение уровня удельного энергопотребления зданий и сооружений, повышение эффективности использования энергоресурсов в жилищном фонде.

*Светлана Макрак*

### **Smart-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь** ..... 54

Предложена концептуальная модель Smart-системы управления материальными ресурсами в контексте развития циркулярной экономики как глобального стратегического вектора.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

*Сергей Лосев*

### **Принудительные лицензии и доступ к лекарственным препаратам** ..... 58

Автор рассматривает проблему ограничения патентной монополии с помощью принудительного лицензирования, что особенно актуально в связи с мировой пандемией COVID-19.

## КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУКИ

*Александр Brass*

### **Человеческий фактор инноватики** ..... 65

Исследуются механизмы мотивации инновационной деятельности, способные стимулировать персонал не только к работе в целом, но прежде всего к инициативности, желанию трудиться, совершенствованию профессионального уровня и повышению общей эффективности предприятия.

*Евгений Шухно*

### **Роль организационной культуры в профессиональной деятельности молодых ученых НАН Беларуси** ..... 71

На основании данных эмпирического социологического исследования репрезентированы ценностные ориентации молодых ученых в трудовой и научной сферах, проанализирована их удовлетворенность различными аспектами трудовой деятельности, а также условиями труда.

*Алеся Соловей*

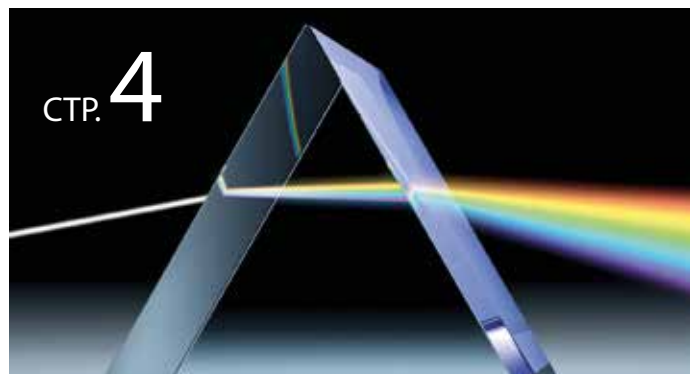
### **Студенческая молодежь Беларуси: социологическое измерение** ..... 76

На основе полученных в результате социологического опроса данных анализируются приоритеты студентов белорусских вузов. Аргументируется важность исследования в условиях проводимой в нашей стране государственной политики, направленной на привлечение молодежи в науку и экономику для их обновления и модернизации.

*Александр Аллахвердян*

### **Кадровый спад в технических и естественных науках и эмиграция российских исследователей** ..... 80

Изучены процессы миграции российских ученых в области естественных и технических наук, показаны существенные различия в характере их предметной деятельности и социально-коммуникативном поведении.



СТР. 4



СТР. 39



СТР. 58



СТР. 65



# ОПТИКА

# КРИСТАЛЛОВ

**Аннотация.** Рассмотрена история развития оптики кристаллов в Беларуси. Отмечены полученные отечественными учеными результаты, заслужившие мировое признание. Указаны новые перспективные направления и возможные области применения оптики кристаллов.

**Ключевые слова:** кристалл, анизотропия, световой луч, световой пучок, электромагнитное взаимодействие.

**В** Копенгаген из Исландии в 1669 г. привезли большие куски прозрачного минерала (кальцита), получившего название исландский шпат. Датский ученый Эразмус Бартолин обнаружил, что в этом кристалле есть одно направление, вдоль которого при нормальном падении луч света проходит прямолинейно. В других же направлениях, проходя через среду, он раздваивается, демонстрируя так называемое двойное лучепреломление (рис. 1). Свое исследование вместе с образцами исландского шпата Бартолин разослал различным академиям и ученым. Однако наука того времени не смогла истолковать явление и признала его случайным. Лишь через 20 лет физик Христиан Гюйгенс объяснил наблюдение Бартолина, предположив, что в исландском шпате свет разделяется на две волны. Для одной из них (как в изотропной среде) скорость не зависит от направления распространения, для другой – зависит. Явление назвали оптической анизотропией.



**Николай Казак,**  
генеральный директор  
ГНПО «Оптика,  
оптоэлектроника  
и лазерная техника»,  
академик



**Владимир Белый,**  
заведующий центром  
«Диагностические  
системы»  
Института физики  
им. Б.И. Степанова  
НАН Беларуси,  
член-корреспондент



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

Различают естественную и искусственную оптическую анизотропию. Последняя возникает в изотропных средах под действием внешних полей – электрического, магнитного или механического.

Анизотропная среда оптически однородна, если зависимость оптических свойств от направления одинакова в различных точках среды вдоль него. Пример тому кристаллы – твердые тела, обладающие трехмерной периодической структурой. Основная их особенность – наличие кристаллической решетки, представляющей собой совокупность повторяющихся в пространстве одинаковых элементарных ячеек, обладающих определенным набором элементов симметрии. Несмотря на их ограниченное число (ось, плоскость и центр симметрии), из них можно составить 32 набора, каждый из которых соответствует определенному классу. Оптическая анизотропия кристаллов обусловлена анизотропией поля, формируемого силами взаимодействия частиц среды. Характер этого поля связан с симметрией элементарной ячейки.

Отметим, что 18 из 32 видов элементарных ячеек не обладают центром симметрии. В них поле сил взаимодействия частиц таково, что вдоль каждого направления с различными скоростями могут распространяться две эллиптически поляризованные волны (вектор поляризации каждой из них описывает эллипс; направления обхода

эллипсов двух волн противоположны). Только вдоль оптической оси поляризация волн, скорости которых становятся равными, круговая, что приводит к вращению плоскости поляризации линейно падающего на кристалл света. Кристаллы, обладающие такими свойствами, называются оптически активными, или гиротропными.

Законы распространения света в кристаллах изучает кристаллооптика. Данная научная дисциплина, рожденная с открытием Э. Бартолина, связана с решением ряда важных практических задач. Каждый кристалл обладает присущим ему комплексом свойств, по которым он может быть идентифицирован, что определяет важность кристаллооптики для

минералогии. Большое значение эта наука имеет для получения и анализа поляризованного света в различных приборах для управления световым пучком, в химических технологиях.

Значительный вклад в развитие кристаллооптики внесен белорусской научной школой, получившей всемирное признание. Ее основателем и идейным вдохновителем по праву считается выдающийся ученый академик Ф.И. Федоров. Разработанные им методы исследования позволили построить последовательную и непротиворечивую теорию оптических свойств кристаллов, впервые охватывающую все возможные типы естественной и искусственной ани-

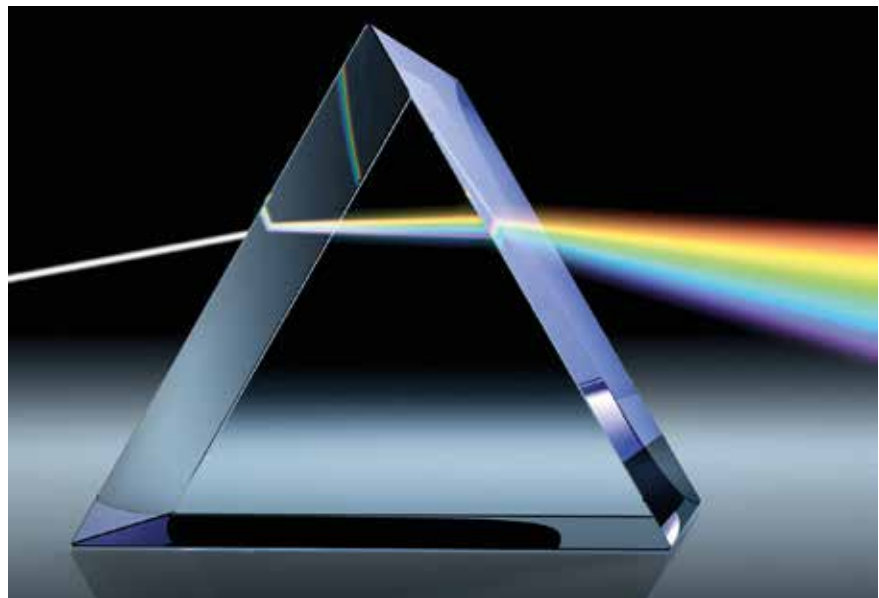


Рис. 1. Двулучепреломление в кристалле

зотропии. Крупные оригинальные монографии Федора Ивановича – «Оптика анизотропных сред», «Отражение и преломление света прозрачными кристаллами» (совместно с В.В. Филипповым) и «Теория гиротропии» – ознаменовали новый этап в развитии кристаллооптики и стали настольными книгами для работающих в данном направлении исследователей. Ученый открыл явление бокового смещения луча света при его отражении, названное международным научным сообществом «сдвиг Федорова». За работы по оптике анизотропных сред Ф.И. Федоров в 1976 г. был удостоен Государственной премии СССР.

Научные идеи Ф.И. Федорова, разработанные им методы исследования получили дальнейшее развитие в трудах его учеников, среди которых – академики и члены-корреспонденты, доктора и кандидаты наук. Так, Б.В. Бокуть разработал методы корректного решения проблемы преобразования оптического излучения на границе оптически активного кристалла и определения всех параметров оптической активности по измерению поляризации отраженного и прошедшего излучения.

А.М. Гончаренко заложены основы теории анизотропных оптических волноводов. Л.М. Барковским и его учениками (Г.Н. Борздовым, А.В. Фурсом, А.В. Новицким, А.В. Лавриненко) разработаны методы решения волновых уравнений в оптике сложных (бианизотропных) сред. А.Н. Сердюковым построена непротиворечивая теория естественной гиротропии кристаллов, установлена взаимосвязь между различными способами описания гиротропии. Среди важнейших достижений в области кристаллооптики следует указать также создание феноменологической те-

рии оптических свойств магнитных (Л.М. Томильчик, С.С. Гиргель), поглощающих (В.В. Филиппов) кристаллов, а также кристаллов со спиральной анизотропией (И.В. Семченко, С.В. Хахомов), обнаружение возможности существования в кристаллах неоднородных волн, отличающихся неэкспоненциальной зависимостью амплитуды от глубины проникновения в среду (Ф.И. Федоров, Н.С. Петров), развитие теории дифракции оптического излучения в анизотропных средах – предсказание возможности бездифракционного распространения и безлинзового фокусирования световых пучков вблизи оптических осей гиротропных двуосных кристаллов (А.Г. Хаткевич, В.Н. Белый, С.Н. Курилкина, А.М. Гончаренко, Н.А. Хило), разработка теории решеток заряда в полупроводниках (Н.А. Гусак), развитие теории акустооптического взаимодействия в кристаллах с электроиндуцированной анизотропией и гиротропией (В.Н. Белый, Н.С. Казак, Г.В. Кулак, С.Н. Курилкина), исследование влияния пьезоэлектрических и фотоупругих свойств кристаллов на фоторефрактивный эффект и выходные характеристики голограмм (В.В. Шепелевич) и др.

Полученные белорусскими физиками результаты легли в основу развития новых научных направлений – оптики кристаллических структур и метаматериалов. Одно из наиболее интересных достижений – обоснование возможности существенного усиления эффекта Фарадея при сохранении низкого уровня оптических потерь в слоисто-периодической среде, содержащей три слоя в периоде, при наличии дефектного магнитооптического слоя (С.Н. Курилкина, М.В. Шуба). Предложенные одномерные фотонные кристаллы с дефектным включением могут применяться для усиления эффекта

магнитооптического вращения плоскости поляризации прошедшего среду и отраженного от нее оптического излучения при минимальных дифракционных потерях. Кроме того, разработаны основы феноменологической динамики киральных метаматериалов (И.В. Семченко, С.А. Хахомов) и гиперболических метаматериалов с близкой к нулю диэлектрической проницаемостью (В.Н. Белый, С.Н. Курилкина, Н.С. Казак, Н.А. Хило). Обнаружен и изучен новый тип плазмонов, локализованных у границы раздела диэлектрика и метаматериала – бesselев мультиплазмон, который характеризуется наличием ярко выраженных симметрично расположенных в приосевой области сверхузких (с размером несколько десятков нанометров) максимумов интенсивности (С.Н. Курилкина, В.Н. Белый, Н.С. Казак). Показано, что бesselев мультиплазмон перспективен для создания нового вида виртуальных оптических квазидифракционных зондов для ближнепольной микроскопии. Предсказаны и исследованы плазмон-поляритонные пучки, интенсивность которых в плоскости распространения (на поверхности металлдиэлектрической слоистой наноструктуры) описывается гауссовой функцией, а внутри наноструктуры – экспоненциально уменьшается (В.Н. Белый, Н.А. Хило). Впервые показана возможность и определены условия наблюдения у поверхностного плазмон-поляритонного поля поперечного спинового момента (С.Н. Курилкина, В.Н. Белый, Н.С. Казак).

Теоретические исследования послужили фундаментом создания новых оптических устройств. Среди них: электро- и акустооптические дефлекторы, модуляторы и линзы (Н.А. Гусак, В.Н. Белый, В.Е. Лепарский, А.Г. Машенко, А.Ф. Гриб, Б.Б. Севрук, П.И. Ропот,



Г.В. Кулак); устройство формирования азимутально и радиально поляризованных квазибездифракционных бесселевых световых пучков (БСП), перспективных в фотолитографии, конфокальной микроскопии, устройствах оптической записи-считывания информации, для удержания микрочастиц и молекул и управления их движением, транспортировки энергии лазерного излучения в открытом пространстве и полых световодах, в различных схемах зондирования цилиндрических объектов и в поляризационно-чувствительной когерентной томографии (Н.С. Казак, В.Н. Белый, С.Н. Курилкина, Н.А. Хило, А.Г. Мащенко); плоские линзы, позволяющие достигать разрешения до 30 нм в ближнем поле и до 300 нм в дальнем поле (В.Н. Белый, Н.А. Хило) и др.

Большое значение имеют предложенные высокоэффективные методы получения бесселевых световых пучков первого и второго порядков из невольтексного пучка, основанные на применении одноосных и двуосных кристаллов (В.Н. Белый, Н.С. Казак, Н.А. Хило, А.А. Рыжевич). Одним из достоинств разработанных методов является высокое качество формируемых пучков, а также возможность создания в одном кристалле нескольких параллельных каналов преобразования.

Создание лазеров стимулировало активное изучение взаимодействия и преобразования пучков интенсивного оптического излучения, а также поиск сред, где это преобразование наиболее эффективно, что, в свою очередь, обусловило развитие нелинейной кристаллооптики. У ее истоков стоял академик Ф.И. Федоров. Разработанные им методы исследования позволили построить теорию нелинейных оптических свойств ани-

зотропных сред, проявляющихся при взаимодействии с ними интенсивного оптического излучения (Рис. 2). В работах белорусских ученых – последователей Федора Ивановича установлены фундаментальные закономерности взаимодействия света с оптическими кристаллами, обладающими квадратичной нелинейностью.

Предсказан и исследован новый тип фазового синхронизма в кристаллах при нелинейно-частотном смещении световых волн различной поляризации (так называемый синхронизм второго типа) (Б.В. Бокуть, А.Г. Хаткевич). Исследованы особенности нелинейно-частотного преобразования излучения лазеров в различных кристаллах и геометриях эксперимента с учетом реальных параметров лазерного излучения (Б.В. Бокуть, Н.С. Казак, В.Н. Белый, А.Г. Хаткевич, А.С. Лугина и др). Впервые получено мощное, плавно перестраиваемое УФ-излучение при нелинейном преобразовании частоты лазеров на красителях (А.Н. Рубинов, Н.С. Казак, Б.В. Бокуть), предложен метод фазового согласования и установлены закономерности нелинейного преобразования частоты при смещении в кристалле разнополяризованных гауссовых пучков в условиях векторного синхронизма с совмещенными потоками энергии (Б.В. Бокуть, В.Н. Белый, Н.С. Казак, А.Г. Хаткевич). Най-

дена эффективность генерации излучения на суммарных, разностных и удвоенных частотах в зависимости от свойств преобразуемых лазерных пучков и параметров нелинейных кристаллов различной симметрии (Б.В. Бокуть, В.Н. Белый, Н.С. Казак, А.Г. Хаткевич, А.С. Лугина). Установлены особенности удвоения частоты широкополосного лазерного излучения (В.Н. Белый, Н.С. Казак).

Выявлены основные аспекты явления нелинейной оптической активности, изучено нелинейное пondeмоторное действие мощного излучения на кристаллы (Б.В. Бокуть, А.Н. Сердюков).

Создана теория, проведены детальные экспериментальные исследования и развиты новые методы преобразования частоты лазерного излучения при использовании различных механизмов нелинейного взаимодействия излучения с кристаллами, что позволило разработать целый ряд лазерных устройств, обеспечивающих чрезвычайно широкий диапазон управления спектральными, временными, пространственными и энергетическими параметрами излучения.

Полученные белорусскими исследователями результаты, по сути, составляют основу современной нелинейной кристаллооптики. Среди них: предсказанный нелинейно-оптический эффект генерации переменного электрического поля (Б.В. Бокуть, Н.С. Казак); реализация метода

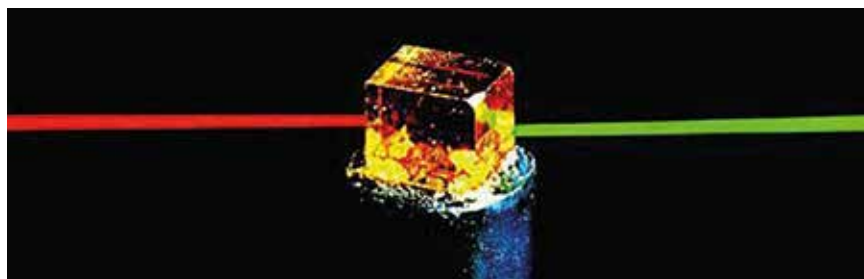


Рис. 2. Преобразование частоты света в нелинейном кристалле

«нелинейного зеркала» для управления спектральными, временными и пространственными параметрами излучения сложных лазерных систем (Н.С. Казак); разработка нелинейно-оптических методов измерения параметров лазерного излучения и вещества в УФ и ИК диапазонах, метод пассивной абсорбционной спектроскопии (Н.С. Казак, Ю. Санников, Е. Миклавская), исследование нелинейных фоторефрактивных кристаллов (В.В. Шепелевич) и др.

Построены модифицированные материальные уравнения и граничные условия, корректно описывающие нелинейно-оптические явления в фоторефрактивных кристаллах. На их основе установлено существование нового типа низкоэнергетических пространственных солитонов с дрейфовым механизмом оптической нелинейности (В.Н. Белый, Н.А. Хило).

Теоретически обоснованы и предложены новые принципы управления параметрами лазерного излучения на основе электро-акустооптических (ЭАО) взаимодействий. Развита теория таких взаимодействий в кристаллах со сложной анизотропией. Разработаны гибридные ЭАО-ячейки, совмещающие в себе функции модулятора и переключателя плоскости поляризации.

Полученные белорусскими физиками результаты легли в основу развития нового научного направления – нелинейной оптики бесселевых световых пучков (БСП), имеющей большие практические перспективы. В работах В.Н. Белого, Н.А. Хило, Н.С. Казака, П.И. Ропота, А.А. Рыжевича исследован ряд новых физических процессов при генерации второй гармоники БСП, включая удвоение дислокаций, перенос дислокации с одного пучка на другой, анни-

гиляцию дислокаций. Особое внимание уделено анализу нелинейных явлений, происходящих при распространении БСП вдоль оптической оси кристалла. Найдена структура второй гармоники и суммарной частоты в ближней и дальней зонах. Введено определение поперечного синхронизма. Исследованы продольно-поперечные синхронизмы в двухосных и одноосных кристаллах. Впервые введена характеристика эффективности нелинейного процесса – азимутальная ширина синхронизма. Впервые теоретически и экспериментально исследованы особенности удвоения частоты БСП в условиях фазового синхронизма второго типа. Установлено, что осевой пучок второй гармоники имеет близкую к дифракционной расходимость, не зависящую от качества пучка основной гармоники. Впервые экспериментально реализован процесс генерации суммарной частоты бесселевыми пучками неодимового и титан-сапфирового лазеров. Теоретически исследована параметрическая генерация бесселевыми световыми пучками. Определены условия синхронизма. Предсказан режим параметрической генерации в осевой пучок с использованием периферийной части БСП-накачки в качестве резервуара энергии.

Наряду с исследованием бесселевых световых пучков, предметом изучения белорусских физиков являются импульсы, испытывающие в определенной области среды пространственного и временного изменения. В работах С.Н. Курилкиной, В.Н. Белого, А.А. Рыжевича обоснована возможность получения бездифракционных и бездисперсионных импульсов, предложены методы и основанные на использовании кристаллических структур схемы их реализации.

Значительное внимание отечественными учеными уделяется поиску оптимальных областей практического применения полученных результатов. Предложены и реализованы несколько вариантов использования БСП в оптической дефектоскопии (для зондирования цилиндрически-симметричных объектов (В.Н. Белый, Н.С. Казак, Н.А. Хило). Оптимальное согласование структуры светового пучка с профилем объекта обуславливает радикальное увеличение быстродействия и существенное увеличение чувствительности (до 50 нм) тестирования. Кроме того, предложена и исследована схема генерации пучков беселева типа, угол конуса которых постепенно уменьшается по мере распространения пучка. Такие пучки сохраняют интенсивный осевой максимум на любом расстоянии от излучателя и, следовательно, перспективны для применений в оптической локации, для дистанционного зондирования и в оптической томографии.

Белорусская школа кристаллооптики заслужила высокую оценку мирового научного сообщества. Работы ее ведущих ученых неоднократно обсуждались на престижных международных форумах. Развитие отечественными физиками данного научного направления позволило наладить сотрудничество с научными и промышленными организациями Германии, Южной Кореи, ЮАР, Саудовской Аравии, Китая. Однако останавливаться на достигнутом рано. В планах наших исследователей – дальнейшее развитие оптики сред со сложной анизотропией, в том числе новых перспективных материалов – фотонных кристаллов и метаматериалов с целью разработки новых устройств нанофотоники. ■



# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ НАНОКРИСТАЛЛЫ



**Сергей Гапоненко,**  
научный руководитель  
Центра «Нанопотоника»  
Института физики  
им. Б.И. Степанова  
НАН Беларуси,  
академик

**Аннотация.** Представлен краткий обзор основных свойств полупроводниковых нанокристаллов, обусловленных квантоворазмерными эффектами, а также возможности их применения в оптоэлектронных устройствах. Полупроводниковые нанокристаллы стали основой новой технологической платформы – коллоидной нанопотоники.

**Ключевые слова:** нанокристаллы, квантовые точки, нанопотоника, оптоэлектроника.

Кристаллы являются относительно простой формой организации материи. Если рассматривать происходящие в них электрические и оптические явления, оказывается, что все они определяются свойствами электронов в периодическом потенциале, формируемом регулярно расположенными ионами в узлах кристаллической решетки. В зависимости от свойств атомов, составляющих кристалл, они могут обладать металлическими (высокая прово-

димость и характерный блеск), полупроводниковыми (невысокая проводимость и характерная окраска) или диэлектрическими свойствами (предельно низкая проводимость и высокая прозрачность для оптического диапазона длин волн). В наноструктурах свойства пространства, в котором оказываются электроны, трансформируются. Примерно полвека назад в физику прочно вошли представления о квантовых размерных эффектах в кристаллических наноструктурах. В силу волновых свойств электронов их пространственное ограничение, например, в очень тонких слоях, изменяет их энергетический спектр, что серьезно влияет на их электрические и оптические свойства. В наноструктурах электрон «видит» пространство пониженной размерности, и поэтому меняются его энергетический спектр, спектры поглощения и испускания излучения, вероятности множества процессов, в которых участвуют электроны, включая их взаимодействие друг с другом и с ионами кристаллической решетки. Предельным случаем является графен – двумерный кристалл с удивительными свойствами. В полупроводниках и диэлектриках длина волны электрона составляет несколько нанометров, что значительно превышает период кристаллической решетки. Это позволяет в кристаллической структуре, сохраняющей в целом свойства массивного кристалла (организация атомов в решетку определенной симметрии), сформировать квазидвумерное (тонкий слой), квазиодномерное (нитевидный кристалл) или вообще квазинульмерное (нанокристалл) пространство с соответствующими последствиями для электрических и оптических явлений. В то же время подобные размерные эффекты почти не обнаруживаются в металлах

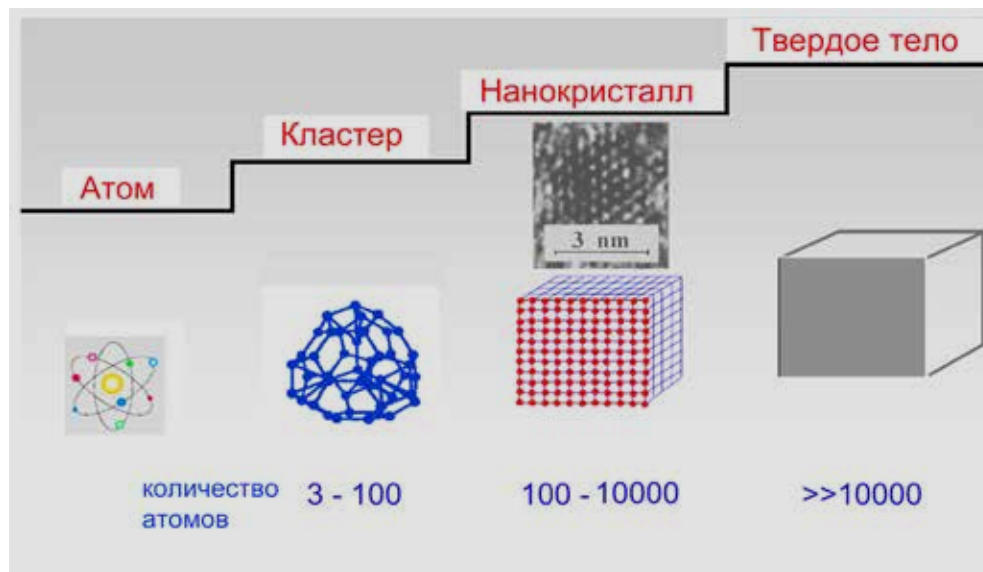
из-за того, что длина волны электрона в них обычно соизмерима с периодом решетки, и изменить свойства электронов, сохранив при этом кристаллическую решетку, практически невозможно.

В 1982 г. российские физики Алексей Екимов, Александр Эфрос и Виктор Цехомский впервые продемонстрировали систематическое изменение оптических свойств полупроводниковых нанокристаллов, выращенных в стеклянных матрицах, в зависимости от размера и указали, что это обусловлено квантованием спектра электронов в потенциальном ящике, размеры которого определены размерами нанокристалла. Эти пионерные публикации и положили начало широкомасштабным исследованиям, в ходе которых были разработаны и методы синтеза, и методы расчета, предсказаны и обнаружены многие интересные явления, а полупроводниковые нанокристаллы все чаще и чаще стали называть загадочным термином «квантовая точка». В дополнение к понятиям «квантовая яма» (двумерная система) и «квантовая проволока» (одномерная система) это подчеркивает, что в нанокристаллах электронные состояния полностью локализованы, а свойства электронов более напоминают их свойства в атомах, чем в кристаллах. Нанокристаллы даже иногда называют «искусственными атомами».

Стадии изменения свойств кристаллических тел на пути от атома к массивному кристаллу условно продемонстрированы на *рис. 1*. Небольшое число атомов (от единиц до нескольких десятков) может организоваться в кластер, для которого характерно наличие фиксированных конфигураций и чисел атомов (так называемые магические числа), опре-

деляемых их типом. Можно выделить поверхностные (все атомы находятся на поверхности) и объемные кластеры. К первым, например, относят кластер C<sub>60</sub>, образованный 60 равноудаленными атомами углерода, расположенными на поверхности, похожей на футбольный мяч. По своим свойствам кластеры похожи на молекулы. Важно, что для кластеров некорректно говорить о систематической зависимости их свойств от размеров, каждый из них индивидуален. С ростом числа атомов в кластере (приблизительно 100–200 атомов) формируется кристаллическая решетка, происходит переход от кластера к нанокристаллу. На *рис. 1* показано полученное с помощью электронного микроскопа изображение нанокристалла CdTe, синтезированного в Белгосуниверситете в начале 1990-х гг. (А.Л. Рогач с сотрудниками). Нанокристалл имеет размеры от 3 нм и содержит несколько периодов кристаллической решетки. Характерно, что его форма определяется оптимальной конфигурацией поверхностных атомов для компенсации оборванных химических связей и никогда не соответствует кристаллографической огранке. В интервале размеров от нескольких до десятков нанометров свойства электронов систематически зависят от размера кристаллита в полном соответствии с изящной квантовой механической моделью «частица в ящике». При увеличении размера кристаллита до десятков нанометров его свойства уже неотличимы от таковых у массивного кристалла.

Эволюция электронных свойств на пути от кластера к кристаллу исследуется теоретически в рамках дополняющих друг друга направлений: кванто-

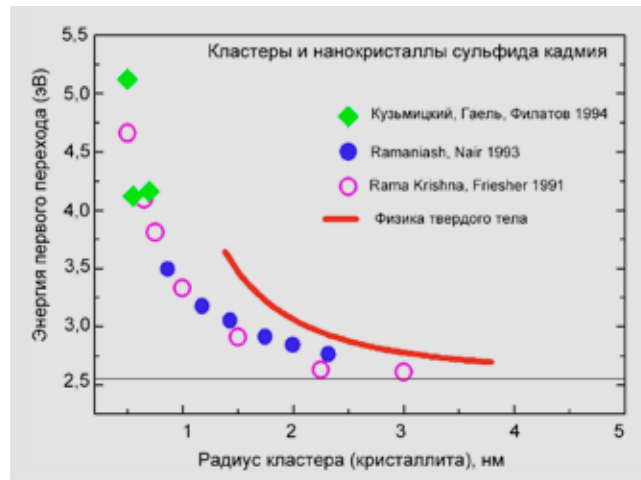


*Рис. 1.* Эволюция свойств вещества при переходе от атома к кристаллу



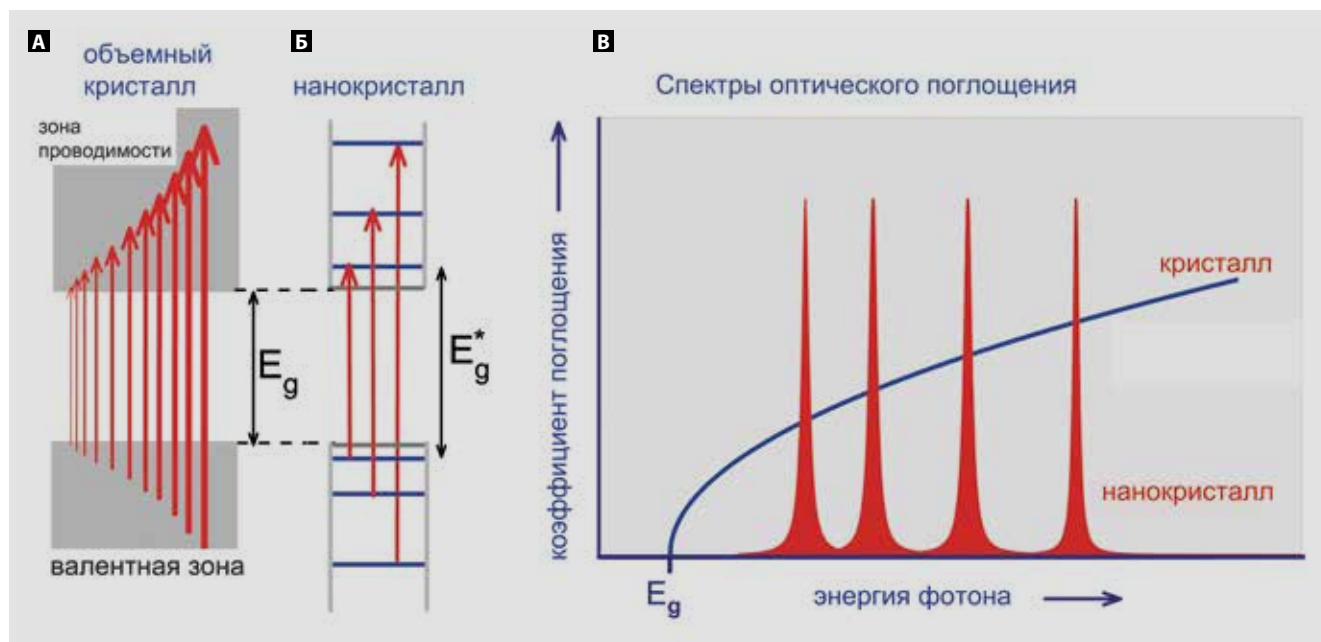
вая химия (переход от кластера к нанокристаллу) и квантовая физика твердого тела (переход от массивного кристалла к нанокристаллу). Первая оперирует свойствами индивидуальных электронов в атомах, объединяющихся в кластер, а вторая рассматривает свойства одного электрона в пространстве с трансляционной симметрией с последующим введением представлений об электронном газе и многочастичных состояниях. Квантовохимические расчеты делаются для конкретной конфигурации атомов, усложняются с ростом их числа и часто требуют привлечения суперкомпьютеров. Физика твердого тела при описании перехода от кристалла к нанокристаллу позволяет получить изящные простые формулы для зависимости электронных и оптических свойств от размера кристаллита. *Рис. 2* демонстрирует зависимость от размера основного для оптики параметра – энергии перехода, рассчитанного с методами квантовой химии и предсказываемого формулами физики твердого тела, а на *рис. 3* показано изменение энергетического спектра электронов в нанокристаллах и спектра оптического поглощения нанокристаллов в сравнении с объемным полупроводником [1].

Зависимость энергетического спектра электронов от размера кристаллитов приводит к удивительному свойству: окраска прозрачных материалов, содержащих нанокристаллы, и цвет испускаемого ими оптического излучения находятся в пря-



*Рис. 2.* Квантовохимический (точки) и квантовомеханический (красная линия) расчеты зависимости энергии оптического перехода в кластерах сульфида кадмия от их размера. Горизонтальной линией показано значение, соответствующее объемному кристаллу

мой зависимости от их величины. Это свойство иллюстрируется на *рис. 4*, где показаны спектры поглощения стекол, окрашенных нанокристаллами, и люминесценция нанокристаллов в растворах. Абсолютно черные, похожие на кусок каменного угля кристаллы теллурида и селенида кадмия в нанокристаллической форме приобретают яркую окраску и дают возможность создавать светофильтры,



*Рис. 3.* Энергетическая диаграмма электронных состояний и оптические переходы в кристалле (А), в нанокристалле (Б) и сопоставление их спектров оптического поглощения (В) [2]

светоизлучающие структуры, включая лазеры и светодиоды, с использованием идентичных по химическому составу компонентов, а управление цветом осуществляется только за счет квантовых размерных эффектов.

Удивительные свойства полупроводниковых нанокристаллов и четкая квантовомеханическая постановка интригующих задач в теоретической физике по описанию происходящих в них электронных и оптических процессов вызвали огромный интерес исследователей во всем мире в конце прошлого века. Не угасает он и по сей день, постепенно переходя к фазе практического применения. Физики-теоретики стали называть нанокристаллы своеобразной микролабораторией по исследованию многочастичных состояний в ансамбле фермионов. Химики разработали весьма совершенные методы их выращивания в растворах, полимерных пленках и диэлектрических матрицах. В Беларуси на самом начальном этапе исследований две научные школы оказались готовы к участию в данных изысканиях: ученые Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси (ученики члена-корреспондента В.П. Грибковского, включая и автора этой статьи), специализирующиеся в области лазерной физики и оптики полупроводников, и школа коллоидной химии академика В.В. Свиридова в Белгосударственном университете (М.В. Артемьев, В.С. Гурин, А.Л. Рогач,

Н.П. Гапоник, Д.В. Талапин). Позднее к ним подключились специалисты в области квантовой оптики (С.Я. Килин, А.П. Низовцев, Д.С. Могилевцев в Институте физики им. Б.И. Степанова, Г.Я. Слепян и С.А. Максименко в НИИ ядерных проблем БГУ), молекулярной спектроскопии (С.А. Маскевич, Э.И. Зенькевич, Н.Д. Стрекаль), квантовой химии (В.А. Кузьмицкий, И.В. Филатов) и теоретической физики (Ю.А. Курочкин). Одновременно в БНТУ А.М. Маляревич и К.В. Юмашев с сотрудниками начали широкие исследования по применению стекол, содержащих полупроводниковые нанокристаллы, для получения нано- и пикосекундных импульсов света в различных твердотельных лазерах. Деятельность отечественных ученых в этом новом междисциплинарном направлении получила международное признание, что позволило Беларуси войти в число топ-20 стран по направлениям «нанокристаллы» и «квантовые точки», по данным ресурса Web of Science в классификаторе Essential Scientific Indicators, и привлечь в страну целый ряд грантов по различным программам международного научного сотрудничества (фонд Сороса, ИНТАС, МНТЦ, рамочные программы ЕС). Среди результатов мирового уровня, полученных белорусскими учеными, можно отметить обнаружение неоднородного уширения спектра поглощения нанокристаллов в различных матрицах и его исследование методами

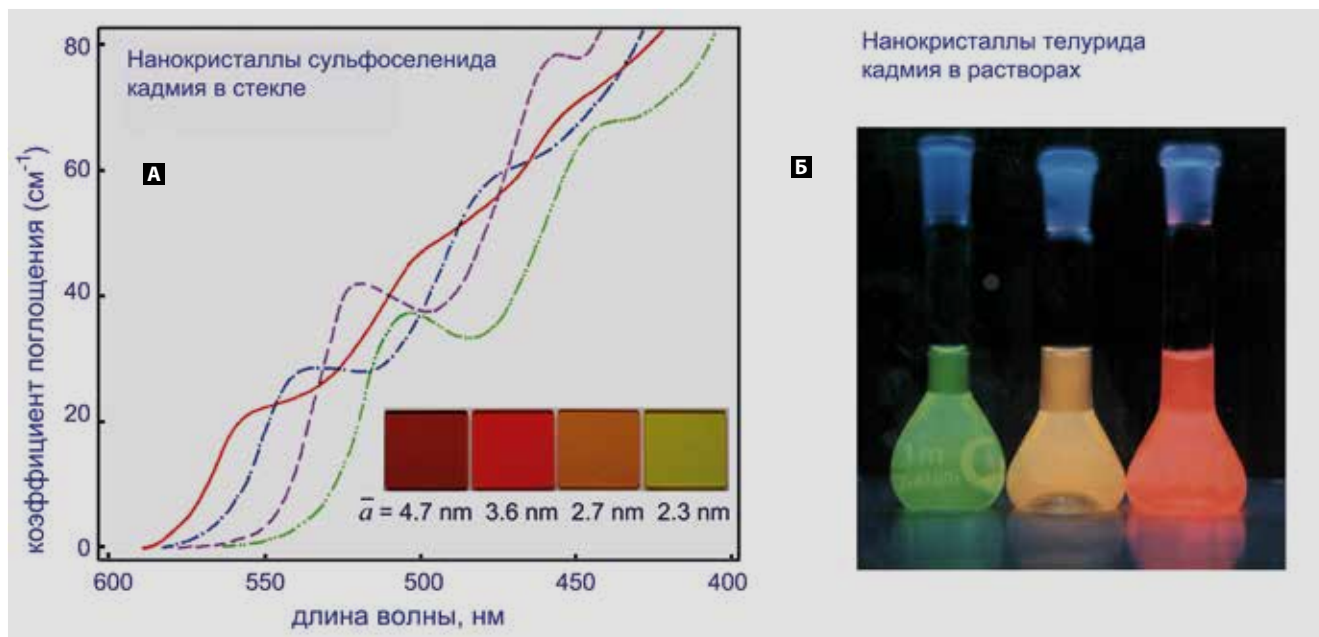


Рис. 4. Спектры поглощения (С.В. Гапоненко с сотрудниками, 1993 г.) и свечения (А.Л. Рогач с сотрудниками, 1995 г.) нанокристаллов, зависящие от их размера, для сульфоселенида (А) и теллурида кадмия (Б), не имеющих окраски и видимой люминесценции в обычном, монокристаллическом состоянии



селективной лазерной спектроскопии и фотохимии, идентификацию многочастичных состояний в электронной подсистеме нанокристалла при интенсивном лазерном возбуждении, установление преимуществ нанокристаллических материалов как эффективных лазерных затворов [3], изучение совместных состояний света и вещества в нанокристаллах и изменение их свойств в сверхсильных полях, образуемых интенсивным излучением [4, 5], применение метода неевклидовой квантовой механики для описания экситонов в нанокристаллах [6], разработку методов синтеза различных нанокристаллов в растворах и тонких пленках [7–9], предсказание и обнаружение коллективных электронных состояний в плотных ансамблях нанокристаллов, управление оптическими процессами в полупроводниковых нанокристаллах с помощью металлических наночастиц [9], создание комплексов полупроводниковых нанокристаллов с биомолекулами и исследование их перспектив для задач медицинской диагностики и фотодинамической терапии [11, 12], создание серии твердотельных лазеров с нанокристаллическими затворами, обеспечивающими генерацию пико- и наносекундных импульсов [13].

Развитие физики и химии полупроводниковых нанокристаллов привело к созданию нового прикладного направления – коллоидной оптоэлектроники, которое основано на использовании в качестве ключевых компонентов оптоэлектронных устройств нанокристаллов [2, 9]. Первое широкое практическое их применение – в качестве преобразователей оптического излучения синих светодиодов для получения белого света в экранах дисплеев и телевизоров на жидких кристаллах (например, телевизоры фирмы Samsung с обозначением QLED-TV, телевизоры некоторых китайских производителей для внутреннего рынка, планшеты и мобильные телефоны фирмы Sony). В ближайшее время можно ожидать их появления в светодиодных системах освещения в дополнение к существующим люминофорам, что даст более естественный белый свет. Активно идут исследования новых солнечных элементов и фотодетекторов. В лабораториях ведутся работы по созданию лазеров на полупроводниковых коллоидных нанокристаллах. Специально приготовленные нанокристаллы рассматриваются как потенциально надежные источники единичных фотонов для квантовых компьютеров. Весьма многообещающим представляется получение эффективных светодиодов на основе коллоидных нанокристаллов [14]. Они смогут конкурировать с органическими светодиодами (OLED) в дисплейных приложениях и с эпитак-

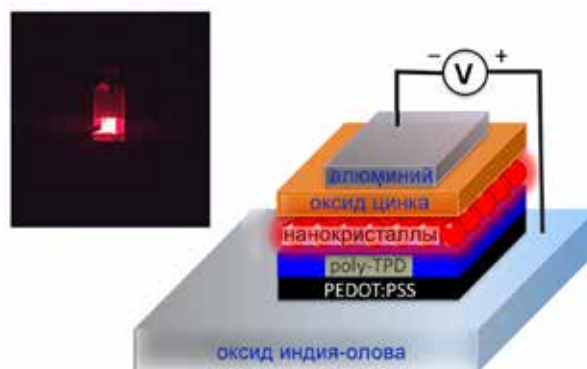


Рис. 5. Коллоидный светодиод на полупроводниковых нанокристаллах, созданный в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси без применения эпитаксиальных технологий

сиальными – в некоторых системах освещения. Пример такого светодиода, синтезированного в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси без применения традиционных для подобного производства процессов осаждения в высоком вакууме, показан на рис. 5. Можно говорить, что у «микрoлаборатории для исследования квантовой физики», как называли нанокристаллы в конце прошлого века, появилась большая перспектива серьезного практического использования. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Gaponenko S.V. Optical properties of semiconductor nanocrystals. – Cambridge, 1998.
- Gaponenko S.V., Demir H.V. Applied nanophotonics. – Cambridge, 2018.
- Гапоненко С.В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) // Физика и техника полупроводников. 1996. №30 (4). С. 577–619.
- Mogilevtsev D. [et al.]. Driving-dependent damping of Rabi oscillations in two-level semiconductor systems. // Physical review letters. 2008. 100(1). P. 017401.
- Slepian G.Y. [et al.]. Rabi oscillations in a semiconductor quantum dot: Influence of local fields // Physical Review B. 2004. 70(4). P. 045320–1–5.
- Gritsev V.V., Kurochkin Yu.A. Model of excitations in quantum dots based on quantum mechanics in spaces of constant curvature. // Physical Review B. 2001. 64(3). P. 035308.
- Gurin V.S., Artemyev M.V. CdS quantum dots in colloids and polymer matrices: electronic structure and photochemical properties. // Journal of crystal growth. 1994. 138(1–4). P. 993–997.
- Rogach A.L. Semiconductor nanocrystal quantum dots. – New York, 2008.
- Talapin D.V. [et al.]. Prospects of colloidal nanocrystals for electronic and optoelectronic applications // Chemical reviews. 2010. 110(1). P. 389–458.
- Kulakovich O. [et al.]. Enhanced luminescence of CdSe quantum dots on gold colloids // Nano Letters. 2002. 2(12). P. 1449–1452.
- Sukhanova A. [et al.]. Highly stable fluorescent nanocrystals as a novel class of labels for immunohistochemical analysis of paraffin-embedded tissue sections // Laboratory Investigation. 2002. 82(9). P. 1259–1261.
- Von Borczyskowski C., Zenkevich E. Tuning Semiconducting and Metallic Quantum Dots: Spectroscopy and Dynamics. Singapore, 2017.
- Malyarevich A.M., Yumashev K.V., Lipovskii A.A. Semiconductor-doped glass saturable absorbers for near-infrared solid-state lasers // Journal of Applied Physics. 2008. 103(8). P. 4.
- Rogach A.L. [et al.]. Light-emitting diodes with semiconductor nanocrystals // Angewandte Chemie. 2008. 47(35). P. 6538–6549.

# ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ФОТОНИКИ

## **Алексей Толстик,**

завкафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета БГУ, доктор физико-математических наук, профессор

## **Елена Мельникова,**

доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии физического факультета БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент

## **Ольга Кабанова,**

научный сотрудник кафедры лазерной физики и спектроскопии физического факультета БГУ, кандидат физико-математических наук

## **Ирина Рушнова,**

доцент кафедры высшей математики и математической физики, научный сотрудник НИЛ нелинейной оптики и спектроскопии кафедры лазерной физики и спектроскопии БГУ, кандидат физико-математических наук

## **Александр Муравский,**

завлабораторией «Материалы и технологии ЖК-устройств» Института химии новых материалов НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, доцент

## **Анатолий Муравский,**

ведущий научный сотрудник лаборатории «Материалы и технологии ЖК-устройств» Института химии новых материалов НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук

## **Алина Яковлева,**

младший научный сотрудник лаборатории «Материалы и технологии ЖК-устройств» Института химии новых материалов НАН Беларуси

**Аннотация.** Жидкие кристаллы рассмотрены в качестве перспективных материалов современной фотоники. Показано, что синтезированные фоточувствительные азокрасители, работающие по новому механизму фотоориентации, характеризуются высокой энергией сцепления и позволяют создавать электрически переключаемые фотонные жидкокристаллические устройства нового поколения.

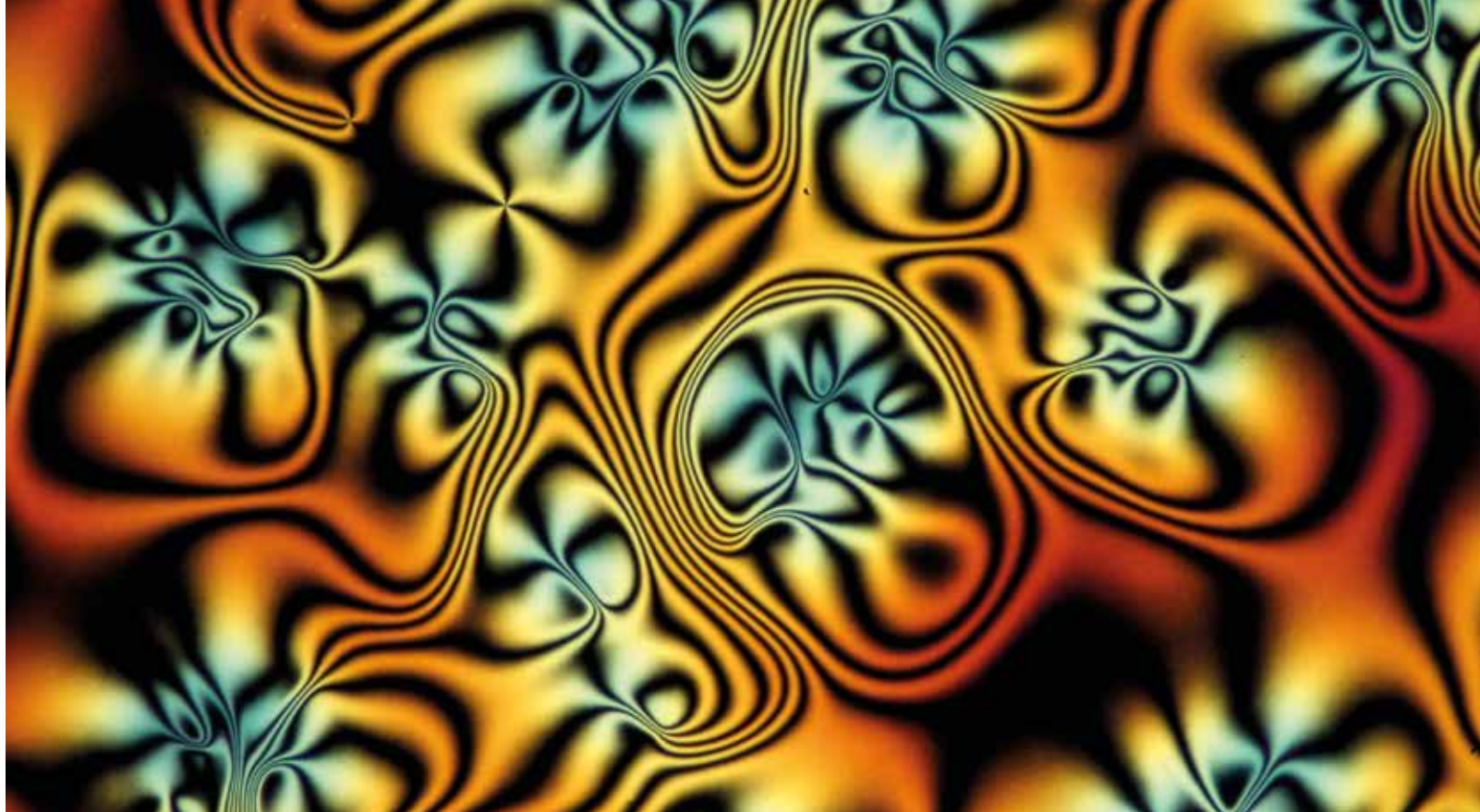
**Ключевые слова:** жидкие кристаллы, фотоника, жидкокристаллические устройства, интегральная оптика, сингулярная оптика.

С момента открытия жидких кристаллов (ЖК) прошло более 100 лет, и за это время был пройден долгий путь от понимания загадочной природы и объяснения необычных свойств этих уникальных материалов до их широкого применения в науке и технике. Особое внимание к жидким кристаллам и устройствам на их основе проявляют исследователи во всем мире на протяжении последних 50 лет: синтезированы и изучены более 10 тыс. различных органических химических соединений, обладающих жидкокристаллическими свойствами. Их использовали в простых индикаторах, а впоследствии – в дисплейных технологиях при производстве телевизоров, проекторов, телефонов, смартфонов и других устройств, осуществляющих отображение информации и прочно вошедших в нашу повседневную жизнь.

Уникальные особенности жидких кристаллов и их преимуще-

ства по сравнению с другими мягкими органическими материалами кроются в их двойственной природе и анизотропии. С одной стороны, подобно твердым кристаллам, жидкие обладают двулучепреломлением и могут изменять поляризацию проходящего через них света, с другой – они способны течь, словно жидкость. Анизотропия жидкого кристалла связана с ориентацией молекул в пространстве. Их направление в произвольной точке определяется единичным вектором – директором. Два фактора влияют на характер его распределения: условия на ограничивающих слой жидкого кристалла поверхностях и внешнее поле. Под действием последнего изменение исходной ориентации директора (деформация), определяемое граничными условиями, при небольших напряжениях поля приводит к существенному изменению оптических свойств, таких как двулучепреломление, оптическая активность, пропускание и др.





О самих жидких кристаллах, являющимися по своей сути «кентаврами природы», написано множество книг и опубликовано тысячи научных работ. Однако значительно меньше известно об ориентационных свойствах ЖК, а именно, как придать жидкому кристаллу те самые анизотропные свойства, поэтому задачи, связанные с реализацией начального упорядоченного состояния ЖК-материалов, весьма актуальны.

В общем случае для создания однородной ориентации ЖК-молекул необходимо обработать поверхность подложек (механическим или фотохимическим способом) таким образом, чтобы они, взаимодействуя с ЖК-материалом, ориентировали его в заданном направлении. Исторически первый, а также наиболее распространенный метод ориентирования жидких кристаллов – механическое натирание щеткой полимерной пленки. В результате на ней образуются микро-

скопические углубления, что легло в основу теории ориентации ЖК профилированной поверхностью. Оптик Д. В. Берреман [1] впервые вывел формулу, описывающую энергию сцепления молекул ЖК с поверхностью. Для задания граничных условий ориентации директора ЖК в последнее время успешно применяются ориентирующие материалы (полиамиды, фоточувствительные полимеры, азокрасители, азополимеры и др.) с наведенной поверхностной анизотропией.

В рамках модели Берремана ориентация ЖК определялась его упругими свойствами и профилем поверхности. На протяжении долгих лет не возникало сомнений в справедливости данной модели. Однако попытки проверки в эксперименте корректности зависимости не увенчались успехом, поскольку полученные результаты значительно отличались от теоретических данных. Более того, изобретение и успешное внедрение в практику новых

фотоориентирующих материалов вновь озадачило последователей теории Берремана. Дело в том, что после облучения поляризованным светом слой фоточувствительного красителя сохранял неизменным профиль поверхности и приобретал способность ориентировать ЖК. Стало очевидным, что упомянутая модель не учитывает некоторые фундаментальные взаимодействия, существующие между ориентирующим материалом и ЖК. На решение этой задачи потребовалось более 40 лет интенсивных исследований, в результате которых было установлено, что именно электростатические, а если быть более точными, диполь-дипольные взаимодействия между молекулами ориентирующего материала и молекулами ЖК заставляют последние располагаться на гладкой поверхности определенным образом [2]. В формуле, описывающей энергию взаимодействия, появились параметры, относящиеся как к свойствам

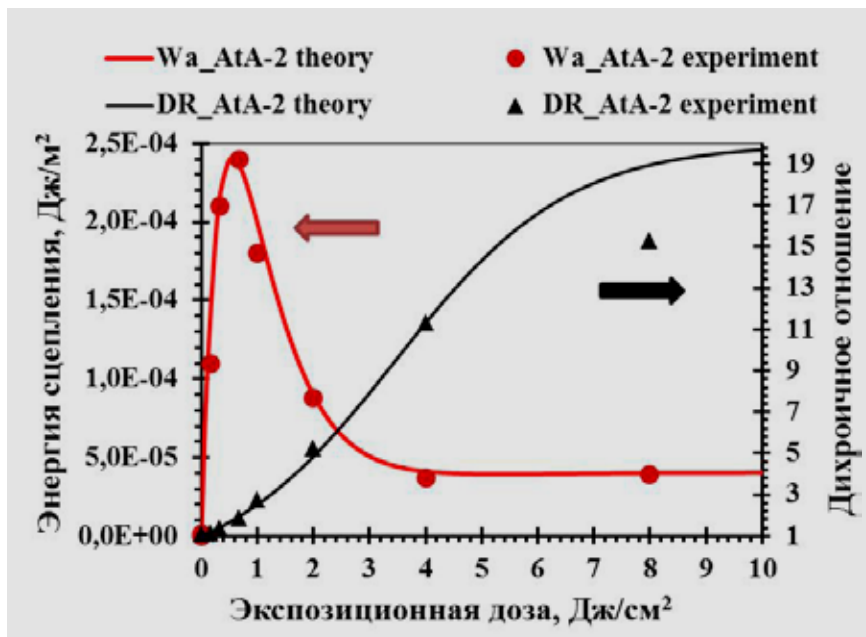


Рис. 1. Теоретические и экспериментальные зависимости энергии сцепления и дихроичного отношения пленки нового азокрасителя AtA-2 от величины экспозиционной дозы

материала (дипольные моменты), так и отражающие их упорядоченность в слое (ориентирующего материала и ЖК) – ориентационные параметры порядка. Таким образом, ориентирующие свойства определяются не только материалом ориетанта, но и составом ЖК-смеси. Впервые уточненный вид зависимости удалось получить в 2017 г. коллективу сотрудников лаборатории «Материалы и технологии ЖК-устройств» Института химии новых материалов НАН Беларуси. На сегодняшний день она является наиболее точной [3].

Предложенная модель позволила получить корректные представления о том, что важно для разработки новых ориентирующих материалов. Группа ученых ИХНМ НАН Беларуси синтезировала и исследовала азокраситель AtA-2, характеризующийся уникальным механизмом ориентации и обладающий особыми свойствами. Суть нового механизма

заключается в учете электростатических полей, существующих в любом веществе. Если вещество состоит из анизотропных частиц, обладающих дипольными моментами, то и поле внутри него является анизотропным. Каждая молекула создает индивидуальное поле вокруг себя, при этом электростатические поля большого числа молекул складываются, компенсируя друг друга, в итоге получается усредненное поле, которое принято называть «средним полем» в веществе. Как оказалось, это поле может взаимодействовать не только с молекулами внутри вещества, но и с молекулами, находящимися за пределами, например в близлежащем слое. Таким образом, возникает понятие дырочного диполя, которое представляет среднее поле окружающих молекул, связанных между собой. Зависимость изменения энергии сцепления от времени облучения поляризованным светом приобрела более сложный вид.

Проверка формулы [3] продемонстрировала хорошее совпадение теоретических и экспериментальных результатов (рис. 1).

Синтезированные фоточувствительные материалы, работающие по новому механизму фотоориентации, характеризуются высокой энергией сцепления, не требуют больших доз облучения и обладают малой оптической анизотропией – это все, что нужно для создания нового класса фотонных устройств.

Основная цель синтеза и исследования новых ориентирующих материалов – разработка элементов и устройств на основе ЖК с расширенными уникальными функциональными характеристиками.

Научно-технический потенциал ЖК-материалов все еще не раскрыт полностью, что выражается в стремительном развитии многогранных областей приложения данных материалов. Так, из широкого спектра направлений практического использования ЖК выделяют три главные: дисплеи, недисплейные оптические устройства и регистрирующие среды. ЖК-дисплеи уже заняли свое место в системах отображения информации, практически заменив все другие устройства. Новые возможности для массового производства дают недисплейные варианты применения ЖК, что обусловлено миниатюрностью элементов и устройств, низким потреблением мощности, высокой надежностью из-за отсутствия движущихся частей, отличными оптическими параметрами в большом диапазоне длин волн, а также низкой стоимостью. При этом повышенное внимание уделяется разработке оптических ЖК-переключателей, поскольку такого рода элементы реализуют непосредственное управление светом, без



промежуточного преобразования сигнала в электронный вид.

Многие научные группы активно исследуют оптические жидкокристаллические волноводы [4–6]. Использование ЖК в области сердцевины (или оболочки) волновода позволяет осуществить модуляцию и переключение световых потоков на основе электрооптического и (или) нелинейно-оптического эффектов. Переориентация директора ЖК приводит к значительным изменениям оптических свойств ЖК-материалов благодаря большой величине двулучепреломления, что дает возможность реализовать режимы полного внутреннего отражения и волноводного распространения, переключения, модуляции световых пучков в направляющих ЖК-структурах. Волноводные свойства фотонных устройств на базе ЖК легко регулируются на этапе изготовления и впоследствии динамически настраиваются при помощи внешних электрических полей. Важно отметить, что рост коммерческой доступности ЖК-материалов наряду с наличием огромного числа смесей с улучшенными оптическими и механическими характеристиками позволяет реализовать на практике функциональные конкурентоспособные ЖК-устройства, отвечающие заданным требованиям.

В 2014–2020 гг. на кафедре лазерной физики и спектроскопии БГУ на основе высокочувствительных ориентирующих материалов, созданных в Институте химии новых материалов НАН Беларуси, разработаны многочисленные методики изготовления электрически переключаемых планарных ЖК-элементов, исследованы особенности управления пространственно-поляризационными характеристиками световых пучков двухдомен-

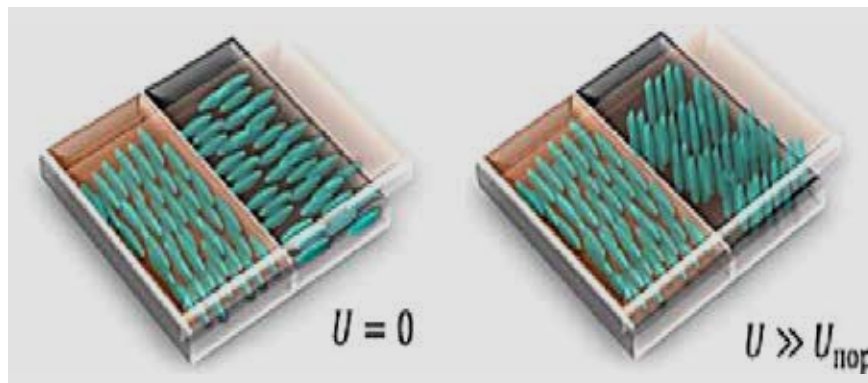


Рис. 2. Схема двухдоменного ЖК-переключателя с ортогональной ориентацией директора, функционирующего на основе эффекта полного внутреннего отражения

ными (различающимися начальной ориентацией молекул) ЖК-переключателями. Принцип функционирования таких элементов основывается на полном внутреннем отражении световой волны от границы раздела областей ЖК с ортогональной ориентацией директора. Поскольку ЖК-среда является анизотропной, то в ней в общем случае возникают две волны с ортогональными направлениями вектора поляризации, скорость распространения света в которых определяется различными показателями преломления. В области ЖК-слоя, где направление директора ЖК совпадает с электрическим вектором световой волны, возбуждается необыкновенная волна, а область характеризуется

показателем преломления  $n_e$ ; если же директор перпендикулярен, то волна будет обыкновенной, и ЖК-слой характеризуется показателем преломления  $n_o$ . Для реализации эффекта полного внутреннего отражения были изготовлены ячейки трех типов, различающиеся начальной ориентацией директора и геометрией электродов [7–9]. Наиболее перспективен двухдоменный переключатель, осуществляющий как поляризационное разделение, так и переключение лазерных пучков (рис. 2).

На рис. 3 проиллюстрирован эксперимент – работа двухдоменного ЖК-элемента, реализующего переключение направлений распространения световых пучков с ортогональными

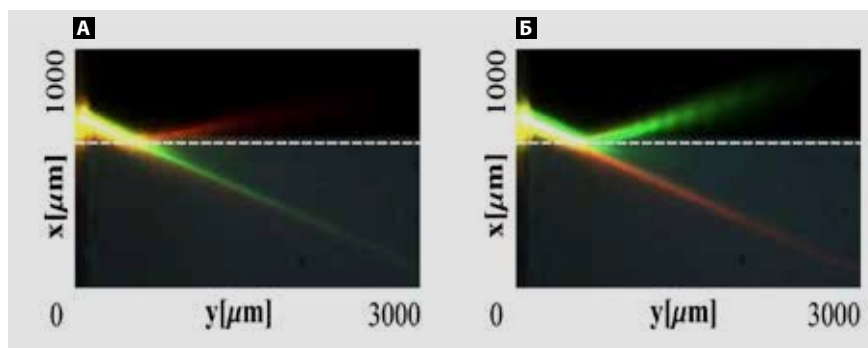


Рис. 3. Фотографии распространения излучения гелий-неонового лазера (632,8 нм) и второй гармоники лазера на иттрий-алюминиевом гранате (532 нм) в двухдоменном ЖК-переключателе: А –  $U=0$  В; Б –  $U > U_{пор}$

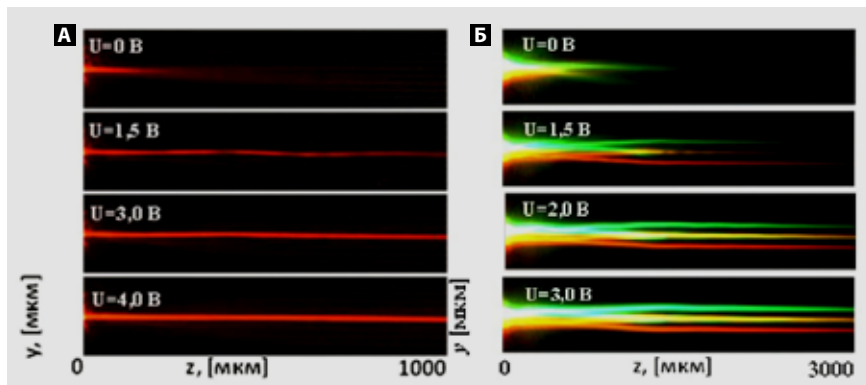


Рис. 4. Пространственное управление световыми пучками электрически переключаемой волноводной ЖК-структурой: микрофотографии электрического управления волноводным режимом (А) и реализация волноводного распространения лазерного излучения в режиме деления и суммирования оптических пучков (Б)

линейными поляризациями. При подаче электрического напряжения выше порогового ( $U > U_{пор}$ ) красный и зеленый лучи меняются местами.

На основе эффекта полного внутреннего отражения разработаны электрически переключаемые волноводные ЖК-структуры, реализующие пространственно-поляризационное управление световыми пучками [10]. Тонкопленочные ЖК-элементы указанного типа составляют основу многих оптоэлектронных и интегрально-оптических устройств. Периодическое (волноводное) распределение показателя преломления в ЖК-слое создавалось посредством приложения к планарно-ориентированной ЖК-ячейке внешнего пространственно-модулированного электрического поля. Для создания такого поля обычно используются тек-

стированные токопроводящие слои, нанесенные согласно определенному узору на подложку ЖК-ячейки. Выбор узора токопроводящего слоя определяет вид пространственной модуляции напряженности внешнего электрического поля, приложенного к ЖК-слою.

На рис. 4 приведены фотографии эксперимента, демонстрирующие электрическое управление волноводным режимом. Видно, что включение электрического поля позволяет реализовать режим волноводного распространения света (рис. 4, А), а использование двух сигналов на разных длинах волн (зеленая и красная область спектра) в режиме оптического сумматора (рис. 4, Б) – получить на выходе световые пучки трех цветов (зеленый, желтый, красный).

Заметим, что разработанные электрически управляемые вол-

новодные ЖК-элементы характеризуются низкими управляющими напряжениями (несколько вольт) и обеспечивают пространственное управление световыми пучками, в частности, реализуют функции делителя и сумматора оптических сигналов.

На кафедре лазерной физики и спектроскопии БГУ ведутся работы по созданию пространственных микроструктурированных электрически управляемых ЖК-элементов. Они позволяют генерировать световые пучки со сложной топологией поляризации (например, радиальной или азимутальной) (рис. 5), а также формировать сингулярные световые пучки (оптические вихри), волновой фронт которых трансформируется в винтовую поверхность – гелекоид [11].

Данные световые пучки имеют большие перспективы использования как в фундаментальных исследованиях, так и в различных технических приложениях, включая оптическое манипулирование микро-, нано- и биообъектами. По своей сути такие элементы представляют собой жидкокристаллические двулучепреломляющие пластинки с неоднородно структурированным распределением локальной оптической оси в поперечной плоскости ЖК-ячейки.

Из-за неоднозначности состояния поляризации и/или фазы рассматриваемые пучки имеют характерные провалы интенсивности в своем сечении (поляризационные, или фазовые сингулярности). На рис. 6 представлены фотографии сечений световых пучков с различным количеством оптических вихрей, реализуемых на созданных элементах, и результаты их интерференционного сложения с плоской световой волной.

Заметим, что созданные малогабаритные элементы управле-

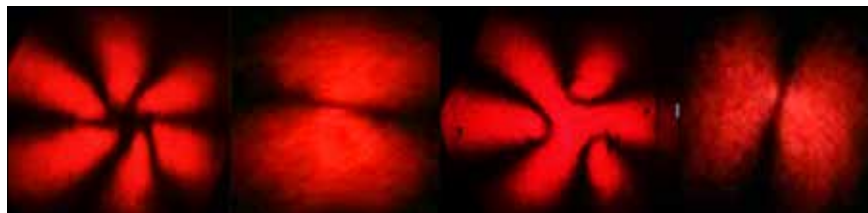


Рис. 5. Топологии поляризации света, прошедшего через микроструктурированные ЖК-элементы

ния фазой и поляризацией световых пучков дают возможность ввести новые информационные параметры – топологический заряд и поляризацию излучения. Сочетание указанных параметров позволяет на новых принципах осуществлять кодирование информации, что перспективно для использования как в волоконно-оптических системах для увеличения объема передаваемой информации, так и для защиты от подделки ценных бумаг и документов.

Таким образом, электрически управляемые пространственно-структурированные ЖК-элементы на основе нового светочувствительного ориентирующего материала – азокрасителя AtA-2 демонстрируют существенное разнообразие сферы использования ЖК в системах управления световыми пучками и формирования полей с заданной фазово-поляризационной структурой. Экспериментально реализован эффект полного внутреннего отражения линейно-поляризованного лазерного излучения на электрически управляемой рефрактивной ЖК-границе, что позволило не только осуществить поляризационное разделение и переключение световых пучков, но и разработать топологии ориентации директора, обеспечивающие контролируемый режим волноводного распространения лазерного излучения. Практический интерес представляют электрически управляемые волноводные ЖК-элементы для интегрально-оптических схем, осуществляющие передачу оптических сигналов по волноводным каналам и реализующие режимы оптического делителя и сумматора. Новое направление исследований связано с разработкой радиально симметричных элек-

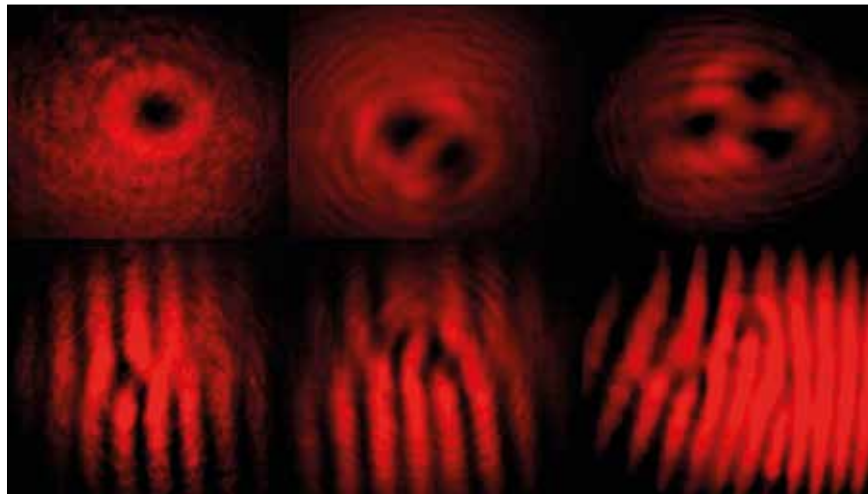


Рис. 6. Фотографии сечений световых пучков с различным количеством оптических вихрей и результаты интерференционного сложения оптических вихрей с плоской световой волной

трически управляемых ЖК-элементов, выполняющих поляризационно-фазовое преобразование световых полей. Полученные результаты перспективны для применения в области создания электрически переключаемых

интегрально-оптических и фотонных устройств управления лазерным излучением, а также ЖК-элементов, формирующих сингулярные световые пучки, и их использования для кодирования оптической информации. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Berremen D.W. Solid Surface Shape and the Alignment of an Adjacent Nematic Liquid Crystal // *Phys. Rev. Lett.* 1972. 28. P. 1683–1686.
- Murauski A. Surface and Liquid Crystal Interlayer Interactions: Characterizations and Applications. – Saarbrücken, 2009.
- Muravsky A.A., Murauski A.A., Kukhta I.N. Photoinduced hole dipoles' mechanism of liquid crystal photoalignment // *Applied Optics.* 2020. 59(17). P. 5102–5107.
- Zografopoulos D.C. [et al.]. Guided-wave liquid-crystal photonics // *Lab Chip.* 2012. 12(19). P. 3598–3610.
- Davis S.R. [et al.]. Liquid Crystal Waveguides: New Devices Enabled by > 1000 Waves of Optical Phase Control // *Proc. SPIE.* 2010. 7618: Emerging Liquid Crystal Technologies V, San Francisco. P. 76180E.
- Rutkowska K.A. [et al.]. Light propagation in periodic photonic structures formed by photo-orientation and photopolymerization of nematic liquid crystals // *Opto-Electronics Review.* 2017. 25. P. 118–126.
- Komar A.A. [et al.]. Optical switch based on the electrically controlled liquid crystal interface // *Applied Optics.* 2015. 54. P. 5130–5135.
- Melnikova E.A. [et al.]. Electrically controlled spatial-polarization switch based on patterned photoalignment of nematic liquid crystals // *Applied Optics.* 2016. 55. P. 6491–6495.
- Rushnova I.I. [et al.]. Electrically switchable photonic liquid crystal devices for routing of a polarized light wave // *Optics Communications.* 2018. 413. P. 179–183.
- Rushnova I.I. [et al.]. Integrated-optical nematic liquid crystal switches: designing and operation features // *Nonlinear Phenomena in Complex Systems.* 2018. 21. P. 206–219.
- Толстик А.Л. [и др.]. Фазово-поляризационные преобразования световых пучков динамическими голограммами и жидкокристаллическими элементами // VIII Междунар. конф. по фотонике и информационной оптике: сб. научн. тр. 23–25 января 2019, Москва. – 2019. С.161–162.



# КОЛУМБИЙСКИЙ ЦВЕТ БЕЛОРУССКИХ ИЗУМРУДОВ

**Аннотация.** *Описаны основные характеристики натурального и флюсового изумруда, технология их выращивания.*

**Ключевые слова:** *изумруд, выращивание монокристаллов, виды огранки.*

**Н**а выставке драгоценных камней в Израиле в 2011 г. потенциальный инвестор НПЦ Национальной академии наук Беларуси по материаловедению – американский бизнесмен – решил устроить маленькое шоу. Посетители выставки должны были угадать, какая из представленных на стенде ювелирных вставок была изготовлена из флюсового изумруда, выращенного в Минске. Остальные несколько изумрудов были натуральными,

добытыми на месторождениях Колумбии. В отличие от выращенных, они практически не бывают совершенными. Такие кристаллы чрезвычайно редко доходят до свободной продажи и мгновенно раскупаются музеями и частными коллекционерами. Стоят они дороже бриллиантов. В основной массе добываемых изумрудов всегда присутствуют дефекты в виде трещин, посторонних включений и некоторые другие. Это единственный драгоценный камень, стоимость которого в первую очередь определяется





**Андрей Солдатов,**  
ведущий научный сотрудник  
НПЦ НАН Беларуси  
по материаловедению,  
кандидат  
химических наук



**Дмитрий Карпинский,**  
завлабораторией  
физики и технологии  
роста кристаллов  
НПЦ НАН Беларуси  
по материаловедению,  
кандидат физико-  
математических наук

ного синевато-зеленого цвета. Чисто зеленые изумруды чаще всего встречаются на месторождениях Замбии, а наиболее ценные, с синеватым оттенком – колумбийские.

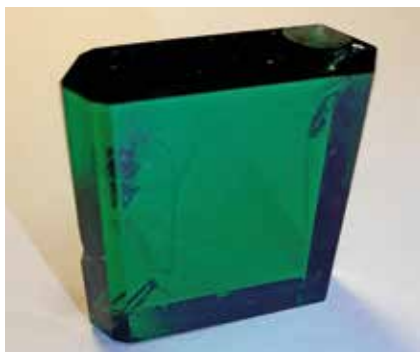
Однако вернемся к выставке в Израиле. В течение нескольких часов более сотни ее участников никак не могли определить, какой из изумрудов сделан в лаборатории. Очередной претендент на приз, мужчина средних лет славянской внешности, достал из кармана крупную лупу и начал внимательно рассматривать изумрудные вставки. Вскоре он безошибочно указал на флюсовый изумруд. На вопрос корреспондента местной прессы: «Как вы определили, который из них ненатуральный?» – победитель конкурса, оказавшийся профессором геологического факультета Московского государственного университета, объяснил, чем отличаются флюсовые изумруды от всех прочих. В природе и при гидротермальном методе выращивания (рост кристаллов происходит из перегретого водного раствора под высоким давлением) в кристалле всегда присутствуют микродефекты в виде пузырьков водяного пара. В кристаллах, выращенных флюсовым методом, вода и прочие дефекты отсутствуют.

Лаборатория физики и технологии роста кристаллов (название несколько раз менялось) занимается выращиванием монокристаллов, объектов с приближенной к идеальной кристаллической структурой. Монокристаллы – один из самых востребованных экспериментальных образцов для исследований. Некоторые свойства веществ (например, анизотропию) можно определить и измерить только с использованием монокристаллов. Основным методом выращивания изумрудов в лаборатории является флюсовый (из раствора в расплаве). Освоены также методы электрохимического осаждения и кристаллизации из водных растворов. Около 20 лет назад появилась идея получать изумруды для изготовления из них ювелирных вставок. Через несколько лет группа исследователей под руководством кандидата физико-математических наук Сергея Барило такую технологию разработала. Некоторое время спустя началось мелкосерийное производство монокристаллов, а затем ювелирных вставок, у которых появились первые покупатели.

его оттенком и лишь во вторую – степень дефектности (разумеется, до определенного предела). Цены на него варьируются: от 30 долл. за карат для светлых изумрудов с высокой степенью дефектности до 7 тыс. долл. за карат для темных ювелирных вставок высокой степени совершенства.

По химическому составу и кристаллической структуре изумруд относится к классу бериллов с химической формулой  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ , это драгоценный камень характерного зеленого или неж-

Технологический процесс выращивания монокристаллов постоянно совершенствуется. Определены концентрации хромофорных добавок для получения как светлых, так и темных оттенков. На *рис. 1* представлен монокристалл средней степени насыщенности весом более 100 карат. Путем различной графической ориентации затравочных кристаллов удалось изменить габитус выращиваемого камня. Кроме того, изменив хромофорные добавки, получили кристаллы красного берилла (*рис. 2*).



*Рис. 1.* Монокристалл изумруда, выращенный флюсовым методом



*Рис. 2.* Монокристаллы синтетического красного берилла



*Рис. 3.* Синтетические изумруды, коллекция «Ретро»



*Рис. 4.* Синтетические изумруды, коллекция «Фантазийные»

На основе изучения спроса потребителей в лаборатории увеличили изготовление ювелирных вставок с дефектами, характерными для натурального камня. За последние годы объем продаж таких изделий вырос до 50%. Создано несколько оригинальных коллекций. Среди них – «Ретро» (огранки XVII–XIX вв.) (*рис. 3*), «Фантазийные» (новые современные виды огранки) (*рис. 4*), «Орхидея», «Лилия», «Бабочка», «Будда» и др. Изготовлены также калиброванные вставки классических форм огранки от 0,1 до 1 карата с шагом 1 мм и точностью 0,01 мм. Индивидуальные заказы выполняются в течение недели.

Для привлечения внимания покупателей при работе на выставках и ярмарках используются определенные психологические приемы. В частности, на рекламном плакате умышленно делается грамматическая ошибка (например, «Охранка «Перуцци»»), которая невольно привлекает внимание (разумеется, грамотного) посетителя.

В ближайших планах НПЦ НАН Беларуси по материаловедению – расширение ассортимента выпускаемой продукции. Помимо изумруда и красного берилла планируется изготовление ювелирных вставок из рубина, сапфира, александрита и благородной шпинели. ■



# Метаматериалы и метаповерхности

УДК 537.86:620.22-022.532

**Аннотация.** Рассмотрены метаматериалы и метаповерхности, созданные на основе металлических спиралей и омега-элементов классической или прямоугольной формы, проанализированы сходство и различия между метаматериалами и кристаллами.

**Ключевые слова:** метаматериал, метаповерхность, спираль, омега-элемент, поглотитель, микроволны, терагерцовые волны.

**Для цитирования:** Семченко И., Хахомов С., Самофалов А., Балмаков А. Метаматериалы и метаповерхности // Наука и инновации. 2020. №8. С.23–27. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-23-27>

**Игорь Семченко,**

проректор по учебной работе Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, доктор физико-математических наук, профессор; isemchenko@gsu.by

**Сергей Хахомов,**

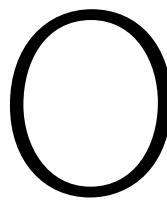
ректор Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины, доктор физико-математических наук, доцент; khakh@gsu.by

**Андрей Самофалов,**

доцент кафедры общей физики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, кандидат физико-математических наук, доцент; samofalov@gsu.by

**Алексей Балмаков,**

доцент кафедры оптики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, кандидат физико-математических наук, доцент; balmakov@gsu.by



Одно из направлений развития современной оптики, радиофизики и физики твердого тела – параллельное исследование природных кристаллов и разработка с учетом их свойств новых типов искусственных сред, которые называются метаматериалами, поскольку обладают особыми свойствами, которые невозможно получить, используя природные вещества. Греческое «мета» означает «вне», «за пределами», что подчеркивает непринадлежность метаматериалов к естественным объектам. Среди исключительных особенностей метаматериалов принято рассматривать: отрицательные значения диэлектрической и магнитной проницаемости, существующие одновременно, отрицательный показатель преломления, сильные киральные свойства и др. Можно исследовать метаматериалы как системы, состоящие из микрорезонаторов или «мета-атомов», обладающие желательными и управляемыми свойствами в оптическом, СВЧ и терагерцовом диапазонах. В последние несколько

лет особое внимание уделяется особо тонким метаматериалам, или метаповерхностям, в которых необходимые характеристики могут быть достигнуты при использовании только одного слоя искусственных частиц (мета-атомов), что повышает их эффективность.

Изучение метаматериалов и метаповерхностей вызывает интерес не только с фундаментальной точки зрения, но и открывает широкие прикладные возможности по созданию приборов для управления электромагнитным полем, включая новые типы электромагнитных сенсоров, компактные антенны, линзы с субволновым разрешением, объекты, скрытые в определенном диапазоне частот, неотражающие поглотители, поляризаторы волн и др.

Для исследования распространения монохроматических волн в метаматериалах с учетом возможных магнитоэлектрических эффектов следует использовать уравнения связи:

$$\begin{aligned} \vec{D} &= \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E} + i\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \kappa \vec{H}, \\ \vec{B} &= \mu_0 \mu_r \vec{H} - i\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \kappa^T \vec{E}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\vec{D}$ ,  $\vec{B}$  и  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  – соответственно векторы индукции и напряженности электрического и магнитного полей;  $\epsilon_r$  и  $\mu_r$  – тензоры относительной диэлектрической и магнитной проницаемости;  $\kappa$  – тензор, характеризующий магнитоэлектрические, в том числе киральные, свойства среды; индекс  $T$  – операция транспонирования;  $\epsilon_0$  и  $\mu_0$  – электрическая и магнитная постоянные;  $i$  – мнимая единица.

Материальные уравнения в такой форме были представлены в работах белорусских ученых [1–2] для природных кристаллов и в работах зарубежных авторов [3–5] – для би-изотропных сред. Уравнения связи в силу своей общности позволяют учесть диэлектрические, магнитные и магнитоэлектрические свойства природного кристалла или метаматериала, существующие одновременно в одном объекте. Следует отметить, что у природных кристаллов чаще проявляются либо диэлектрические свойства, либо магнитные, тогда соответствующий тензор проницаемости значительно отличается от единичного значения. Что касается магнитоэлектрических свойств, в том числе киральных, то в оптическом диапазоне частот для природных кристаллов они обычно слабые. Значения тензора  $\kappa$  пропорциональны отношению  $a/\lambda$ , где  $a$  – линейный размер моле-

кулы,  $\lambda$  – длина волны излучения. В оптике природных сред параметр  $a/\lambda$  имеет порядок  $10^{-3}$ – $10^{-4}$ .

Качественно другая картина может наблюдаться в отношении метаматериалов и метаповерхностей, у которых магнитоэлектрическим параметром  $\kappa$  можно управлять, увеличивая отношение  $a/\lambda$  при их конструировании. Этот параметр может существенно возрасти, особенно в частотной области проявления резонансных свойств мета-атомов, например в условиях резонанса электрического тока вдоль проводящего элемента метаматериала. При этом резонанс может быть достигнут, если линейные размеры элемента метаматериала малы по сравнению с длиной волны излучения, а длина проводника, из которого он изготовлен, приблизительно равна половине длины волны. В этом случае магнитоэлектрические свойства метаматериала такие же значимые, как и его диэлектрические и магнитные, которые, в свою очередь, также усиливаются вследствие резонансного возрастания колебаний электрического тока в мета-атоме. В результате свойства метаматериала, который в определенном смысле подобен природным кристаллам и имитирует их строение, могут кардинально отличаться от таковых у естественных кристаллов. При специальной форме частиц метаматериала, которую принято называть сбалансированной, или оптимальной, возможно выполнение соотношения

$$\epsilon_r = \mu_r = 1 \pm \kappa. \quad (2)$$

Эта формула показывает, что метаматериал имеет одинаково значимые диэлектрические, магнитные и киральные свойства, что невозможно для природных кристаллов. Знак «плюс» выбирается, если магнитоэлектрический параметр  $\kappa$  положительный, а знак «минус» – если он отрицательный. Чтобы соотношение (2) выполнялось, необходима, как было указано, сбалансированная форма частиц метаматериала, для которых должно быть справедливым выражение для электрического дипольного момента  $\vec{p}$  и магнитного момента  $\vec{m}$

$$|\vec{p}| = \frac{|\vec{m}|}{c}, \quad (3)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме.

Один из возможных мета-атомов – омега-элемент, то есть проводящая частица в виде греческой буквы «омега». Под действием электромагнитной волны в каждой такой частице



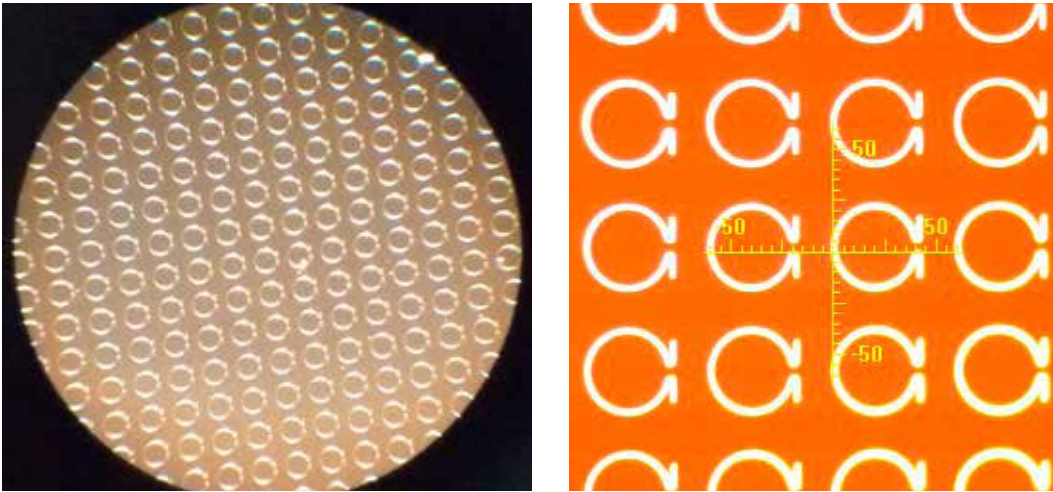


Рис. 1. Метаповерхность, образованная омега-элементами на кремниевой подложке. Метаматериал изготовлен на предприятии «ИНТЕГРАЛ»

может создаваться электрический дипольный момент, направленный вдоль плеч омега-элемента, поскольку электрические заряды сосредоточены в основном на его концах. Одновременно в каждом мета-атоме может возникать магнитный момент, ориентированный перпендикулярно плоскости омега-элемента, так как в его петле электрический ток преимущественно и существует. Кроме того, омега-частица демонстрирует магнитоэлектрические свойства, поскольку в ней возможны так называемые перекрестные эффекты: электрическое поле может создавать магнитный момент, а магнитное поле, в свою очередь, – электрический дипольный момент. В то же время омега-элемент не является киральной частицей, поскольку это плоская фигура, а термин «киральный» применяют только к трехмерным объектам. На основе омега-элементов с заранее рассчитанными параметрами реально создать метаматериал с одинаково значимыми диэлектрическими, магнитными и магнитоэлектрическими свойствами. Его можно применять для преобразования поляризации электромагнитной волны и получения отраженной циркулярно-поляризованной волны при падении линейно-поляризованной в терагерцовом диапазоне частот [6].

В качестве элементов метаматериалов могут быть использованы также омега-частицы прямоугольной формы, в этом случае можно упростить некоторые этапы изготовления образцов и расширить технологические возможности [7–8].

Перспективные элементы метаматериалов – проводящие спирали цилиндрической формы. Как и в омега-атоме, в спирали одновременно могут возникать электрический дипольный и магнитный моменты под действием электромагнитной волны, а также перекрестные, или магнитоэлектрические эффекты. Однако спираль – киральная частица, поскольку является 3D-объектом и отличается от своего зеркального изображения. Если предварительно рассчитать ее оптимальные характеристики, то на их основе можно создать метаматериалы с одинаково сильно выраженными диэлектрическими, магнитными и киральными свойствами, которые не наблюдаются у естественных кристаллов [9–10]. Поскольку расстояние между спиралями значительно меньше длины волны, то по отношению к электромагнитному полю образец следует рассматривать как массив, а не как дифракционную решетку, что характерно для метаматериалов. В качестве подложки для спиралей

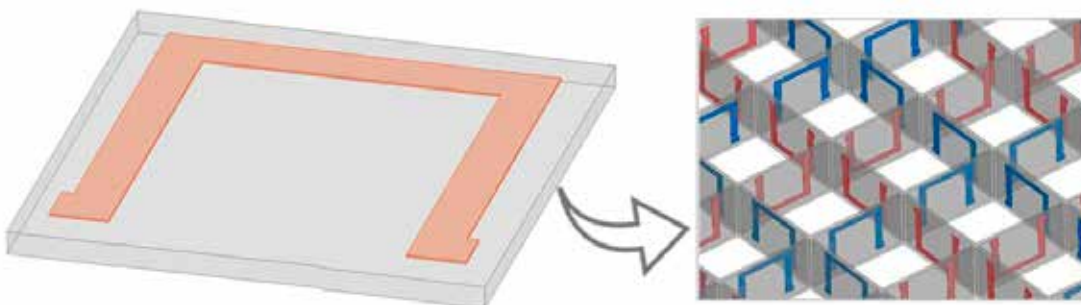
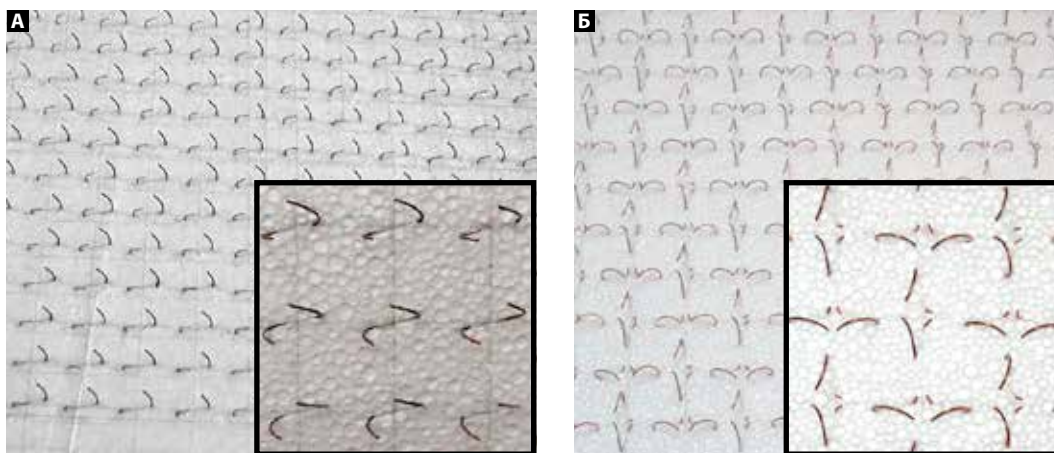


Рис. 2. Схема конструирования трехмерного образца метаматериала из плоских омега-резонаторов прямоугольной формы на подложке



Рис. 3. Экспериментальные образцы метаматериалов для СВЧ-диапазона, состоящие из спиральных элементов. А – фото образца метаматериала для преобразования поляризации СВЧ-волны при ее отражении, Б – метаматериал, поглощающий СВЧ-волны, но не отражающий их



можно использовать пенопласт, который прозрачен для СВЧ-волн и не нарушает баланс диэлектрических и магнитных свойств метаматериала.

В Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины изготовлено более 50 образцов метаматериалов и метаповерхностей для СВЧ-диапазона, содержащих от 144 до 600 одновитковых и двухвитковых спиральных элементов. Особый интерес вызывают метаматериалы, поглощающие СВЧ-волны в резонансной области частот и при этом имеющие очень малый коэффициент их отражения в очень широком частотном диапазоне [11]. Их киральные свойства скомпенсированы, поскольку в структуре имеется равное число право- и левозакрученных спиралей. Слабые отражающие качества таких метаматериалов обусловлены равенством их относительной диэлектрической и относительной магнитной проницаемостей. В результате волновой импеданс образца  $\eta$  равен импедансу свободного пространства  $\eta_0$ :

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu_r \mu_0}{\epsilon_r \epsilon_0}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \eta_0, \quad (4)$$

что приводит к нулевому коэффициенту отражения [12]. Чтобы подчеркнуть особые характеристики метаматериалов, отметим, что природные кристаллы обладают либо диэлектрическими, либо магнитными свойствами (например, магнитоупорядоченные кристаллы). Поэтому в оптике, согласно формулам Френеля, коэффициент отражения света определяется показателем преломления вещества, точнее, его отличием от единичного значения, соответствующего вакууму.

Метаматериалы для СВЧ-волн часто изготавливают вручную, поскольку длина их элемен-

тов в выпрямленном состоянии приблизительно равна половине длины волны (несколько сантиметров). Эти метаматериалы – хорошая модель для более миниатюрных образцов, предназначенных для терагерцового и оптического диапазонов и требующих сложных и дорогостоящих технологий изготовления. Метод электродинамического подобия позволяет масштабировать параметры мета-атомов, полученные для СВЧ-волн, и приблизительно определять оптимальную геометрию элементов метаматериала для гораздо более высоких частот. Точные размеры мета-атомов для терагерцового и оптического диапазонов можно найти путем численного моделирования.

Экспериментально реализовать метаматериалы на основе оптимальных спиралей для терагерцового диапазона, предварительно смоделированные и изготовленные в ГГУ им. Ф. Скорины для СВЧ-волн, оказалось возможным с использованием метода точного 3D-наноструктурирования, развитого российскими учеными под руководством члена-корреспондента РАН В.Я. Принца [13–15]. В Институте физики полупроводников Сибирского отделения РАН им. А.В. Ржанова изготовили образцы, которые впоследствии были исследованы в Институте ядерной физики СО РАН им. Г.И. Будкера [16] и Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси [17–18].

Полученный метаматериал проявляет одинаково значимые диэлектрические и магнитные свойства, которые обусловлены оптимальной формой имеющихся в его основе спиралей. В то же время киральные характеристики искусственной структуры скомпенсированы, поскольку используются парные оптимальные спирали с правым

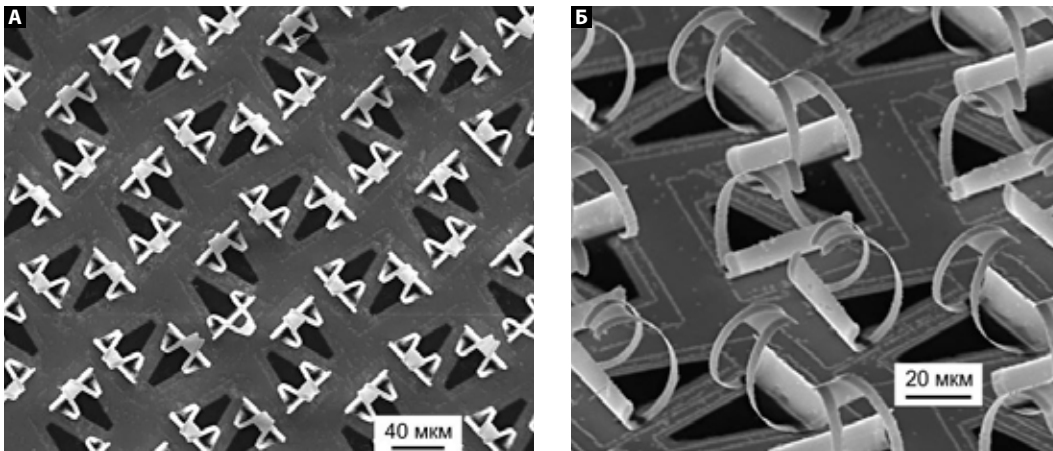


Рис. 4. СЭМ-изображение метаматериала, образованного одновитковыми сбалансированными спиралями на основе пленки из  $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Ti}/\text{Au}$   
 А – вид сверху  
 Б – вид под углом

и левым направлением закручивания. В результате созданный метаматериал обладает в терагерцовом диапазоне волновым импедансом, близким к импедансу свободного пространства. Таким образом создан метаматериал, поглощающий терагерцовые волны вблизи резонансной частоты и одновременно имеющий низкий коэффициент отражения. В дальнейшем он может найти интересные области приложения, в том числе при производстве каскадных устройств, в которых требуется совместимость элементов, их независимое функционирование на различных частотах и отсутствие взаимных помех.

Электродинамика метаматериалов – динамично развивающаяся область современной физики, что подтверждает высокое число публикаций в этой сфере. Среди недавних стоит отметить работу, посвященную проблеме определения энергии электромагнитного поля в поглощающем метаматериале [19], обзорную статью, в которой рассматривается физика метаповерхностей и их применение [20], а также публикацию по оптическим метаматериалам [21–23].

■ **Summary.** Examples of metamaterials and metasurfaces created on the basis of metal helices and omega elements of a classical or rectangular shape are given. The analogy and differences between metamaterials and crystals are discussed. Unlike natural crystals, metamaterials can simultaneously have equally significant dielectric and magnetic properties.

■ **Keywords:** metamaterial, metasurface, helix, omega element, absorber, microwaves, terahertz waves.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-23-27>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бокуть Б.В. К феноменологической теории естественной оптической активности // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1971. Т. 61. №5. С. 1808–1813.
2. Федоров Ф.И. Теория гиротропии. – Минск, 1976.
3. Kong J.A. Electromagnetic Wave Theory. – New York, 1986.
4. Monzon J.C. Radiation and scattering in homogeneous general bi-isotropic region // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1990. 38(2). P. 227–235.
5. Sihvola A.H., Lindell I.V. Bi-isotropic constitutive relations // Microwave and Optical Technology Letters. 1991. 4(8). P. 195–297.
6. Semchenko I. [et al.]. Omega-structured substrate-supported metamaterial for the transformation of wave polarization in THz frequency range // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. 660. P. 72–80.
7. Semchenko I. [et al.]. Design and creation of metal-polymer absorbing metamaterials using the vacuum-plasma technologies // Lecture Notes in Networks and Systems Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. 53. P. 105–112.
8. Semchenko I. [et al.]. The development of double-sided nonreflecting absorber of the terahertz waves on the basis of metamaterials // METANANO 2019, IOP Conf. Series: Conf. Series 1461 (2020) 012148.
9. Семченко И.В., Хахомов С.А. Электромагнитные волны в метаматериалах и спиральных структурах. – Минск, 2019.
10. Semchenko I., Khakhomov S. Metamaterials // Photonics / Editor: Alexei Tolstik. – Riga, 2019. p. 504–525.
11. Asadchy V.S. [et al.]. Broadband Reflectionless Metasheets: Frequency-Selective Transmission and Perfect Absorption // Phys. Rev. X. 2015. 5(3). P. 031005-1–031005-10.
12. Serdyukov A.N. [et al.]. Electromagnetics of bianisotropic materials: Theory and Applications. – London, 2001.
13. Prinz V.Ya. [et al.] Free-standing and overgrown InGaAs // Physica E. 2000. 6(1). P. 828–831.
14. Наумова Е.В., Принц В.Я. Структура с киральными электромагнитными свойствами и способ ее изготовления (варианты): пат. 2317942 РФ: МПК В82В 3/00 (2006); дата публ.: 27.02.2008.
15. Наумова Е.В. [и др.]. Киральные метаматериалы терагерцового диапазона на основе спиралей из металл-полупроводниковых нанопленок // Автотриетрия. 2009. Т. 45, №4. С. 12–22.
16. Семченко И.В. [и др.]. Исследование свойств искусственных анизотропных структур с большой киральностью // Кристаллография. 2011. Т. 56. №3. С. 404–411.

Полный список использованных источников

SEE <http://innosfera.by/2020/08/metamaterials>

Статья поступила в редакцию: 16.07.2020 г.

# ФОТОРЕФРАКТИВНЫЕ КРИСТАЛЛЫ

**Аннотация.** Дан краткий обзор экспериментальных и теоретических исследований зависимости дифракционной эффективности голограмм и коэффициента усиления предметной световой волны от толщины фоторефрактивных кристаллов силленитов. Показана необходимость учета обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости при теоретическом анализе полученных экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** фоторефрактивный кристалл, силлениты, электрооптический эффект, обратный пьезоэффект, фотоупругость, оптическая активность, дифракционная эффективность, коэффициент усиления предметной световой волны.



**Александр Макаревич,**  
доцент кафедры теоретической физики и прикладной информатики Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина, кандидат физико-математических наук, доцент



**Василий Шепелевич,**  
профессор кафедры теоретической физики и прикладной информатики Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина, доктор физико-математических наук, профессор



**Станислав Шандаров,**  
завкафедрой электронных приборов Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор

Для повышения эффективности регистрации и восстановления оптической информации голографическими методами проводятся интенсивные исследования светочувствительных материалов, в которых возможно формирование объемных голографических решеток. Признанными материалами для этого являются кубические фоторефрактивные оптически активные пьезокристаллы семейства силленита: силикосилленит висмута  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (BSO), германосилленит висмута  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  (BGO) и титаносилленит висмута  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  (BTO), принадлежащие классу симметрии 23. При голографической записи обнаруживается их рекордная светочувствительность, а высокая разрешающая способность, реверсивность и практически неограниченное количество циклов «запись-считывание» голограмм [1–4] обусловили широкое применение этих кристаллов в различных областях волновой оптики [5–8].

Тем не менее хорошо известно, что для эффективного практического использования силленитов в голографических приложениях значительный интерес представляет оптимизация выходных энергетических характеристик сформированных в них голограмм. К таким характеристикам относят дифракционную эффективность и коэффициент усиления предметной световой волны при ее взаимодействии с опорной.



Как известно, пространственная ориентация кристалла относительно плоскости распространения световых пучков, азимут их поляризации и толщина используемого кристаллического образца в значительной степени определяют выходные характеристики фоторефрактивных голограмм [9, 10]. При этом в научной литературе, как правило, ранее уделялось внимание лишь экспериментальному изучению их зависимости от ориентационного угла кристалла и различных параметров световых пучков. Поэтому важным представлялось исследовать дифракционную эффективность голограмм и коэффициент усиления предметной световой волны от толщины фоторефрактивной голографической среды. Вероятно, недостаточное освещение в литературе таких изысканий могло быть связано с убеждением, что для проведения подобного эксперимента необходимо иметь набор образцов светочувствительной среды различной толщины с одинаковыми физическими свойствами, что затруднительно реализовать на практике. Но даже при наличии такого набора проведение указанных исследований представляется громоздким и трудоемким.

Актуальность решения этой задачи для кристаллов силленитов обусловлена также тем, что вследствие их естественной оптической активности дифракционная эффективность записанных голограмм и коэффициент усиления предметной световой волны не всегда монотонно возрастают при увеличении толщины кристалла.

Первые экспериментальные исследования зависимости коэффициента усиления предметной световой волны при двухволновом взаимодействии от толщины кристаллов силленитов BSO, BGO и BTO семейства срезов {110} были выполнены немецкими учеными в Оснабрюкском и Йенском университетах [11–13]. Однако при изучении перекачки энергии световых пучков в этих работах рассматривались лишь две взаимно перпендикулярные пространственные ориентации кристаллов относительно вектора голографической решетки  $\vec{K}$ , при которых влияние открытого в 1986 г. дополнительного механизма фоторефракции [14], обусловленного обратным пьезоэлектрическим эффектом и фотоупругостью (далее сокращенно «пьезоэффект»), либо *отсутствует* (при  $\vec{K} \parallel [001]$ ), либо *невелико* ( $\vec{K} \perp [001]$ ) [9, 10].

Возможность экспериментального изучения ориентационной зависимости дифракционной эффективности объемных голограмм от толщины фоторефрактивного кристалла BSO среза была впервые продемонстрирована исследователями Мозырской школы в [15] с развитием полученных ими результатов в статье [16]. Поскольку дифракционная эффективность голограмм изучалась при различных пространственных ориентациях кристалла относительно вектора голографической решетки, то было показано, что теоретическая интерпретация полученных экспериментальных данных возможна только в случае обязательного учета пьезоэффекта (рис. 1).

На рис. 1 видно, что результаты теоретического анализа, полученные с учетом пьезоэффекта, имеют хорошее качественное и количественное соответствие с экспериментальными данными, что подтверждает правильность выбора аналитической модели для описания процессов дифракции света на голографических решетках в исследованном представителе силленитов.

В работе [17] была изучена зависимость дифракционной эффективности голограмм от толщины

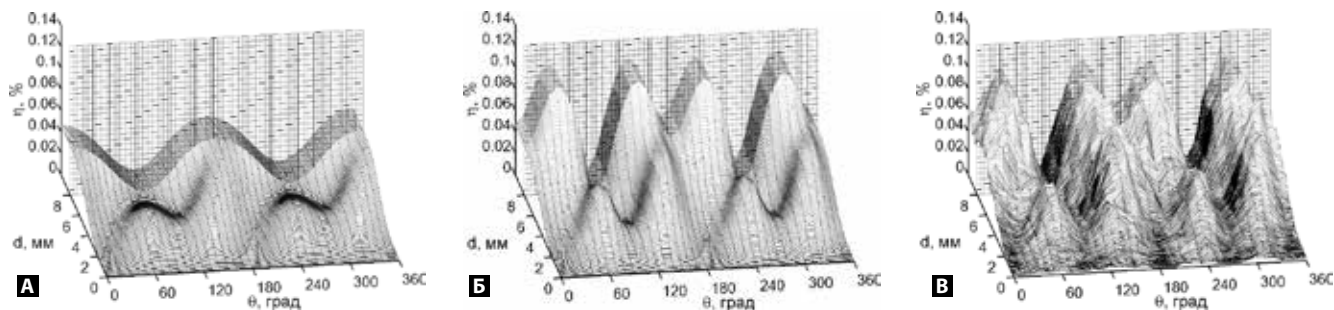


Рис. 1. Зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограмм, записанных в кристалле BSO среза ( $\bar{1}\bar{1}0$ ), от ориентационного угла  $\theta$  и толщины кристалла  $d$  при поляризации считывающего голограмму пучка  $\Psi_0 = 0$ :

А – теоретические расчеты без учета пьезоэффекта;

Б – теоретические расчеты с учетом пьезоэффекта; В – экспериментальные данные

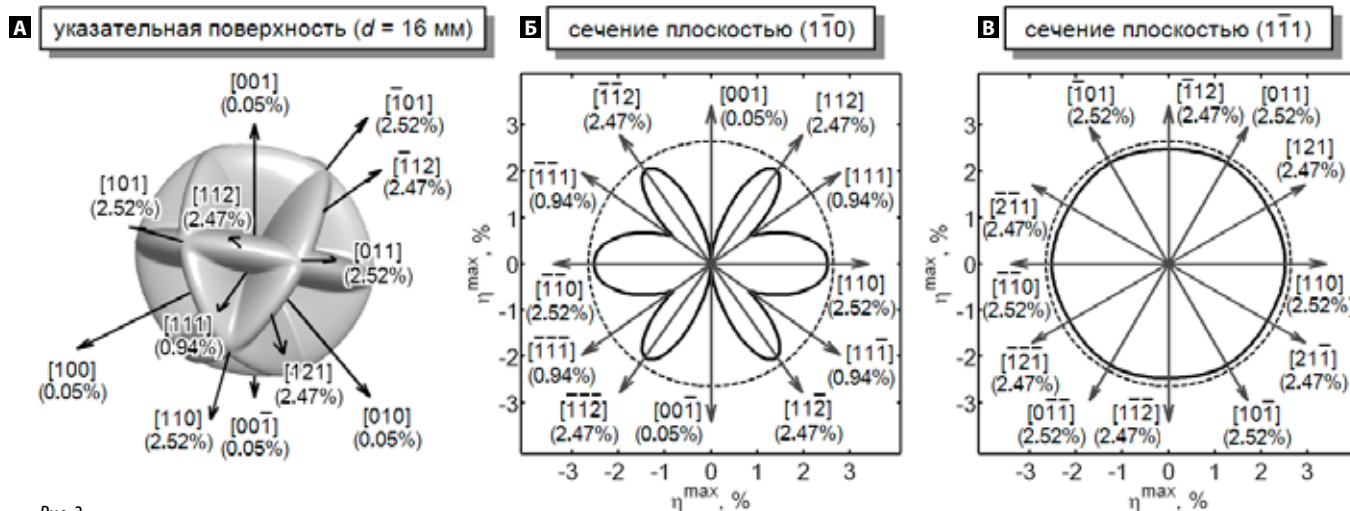


Рис. 2.

А – указательная поверхность максимальных значений дифракционной эффективности голограмм  $\eta^{\max}$  в кристалле ВГО произвольного среза толщиной 16 мм; Б и В – сечение указательной поверхности плоскостями  $(\bar{1}\bar{1}0)$  и  $(\bar{1}\bar{1}1)$  соответственно

кристалла ВГО среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$  при его ориентационном угле  $\theta = 200^\circ$ , при котором проявляется пьезоэффект, и азимутах линейной поляризации пучка  $\Psi_0 = 45^\circ, 90^\circ$  и  $135^\circ$ . При теоретическом анализе полученных результатов кроме пьезоэффекта принималась во внимание экспериментально апробированная модель смешанных голографических решеток, формируемых в этом кристалле [18].

Следует отметить, что полученные в [17, 18] результаты создали экспериментально апробированную теоретическую базу для исследования дифракцион-

ной эффективности голограмм в ВГО. Это позволило выполнить теоретическую оптимизацию дифракционной эффективности смешанных голографических решеток, сформированных в этом кристалле произвольного среза [19]. В результате было установлено, что при различных толщинах образцов ВГО наибольшие значения дифракционной эффективности могут быть достигнуты только в кристаллах семейства срезов  $\{110\}$  и  $\{112\}$ . Результаты подобной оптимизации для кристаллической пластинки толщиной 16 мм представлены на рис. 2.

На рис. 2 окружность, изображенная штриховой линией на фрагментах рис. 2Б и 2В, служит вспомогательным «ориентиром», относительно которого можно достаточно легко визуально сравнивать значения максимальной дифракционной эффективности голограмм для различных кристаллических срезов.

В работах [20, 21] впервые экспериментально и теоретически была исследована зависимость коэффициента усиления предметной световой волны от ориентационного угла и толщины кристалла ВГО. Показано, что теоретическая интерпре-

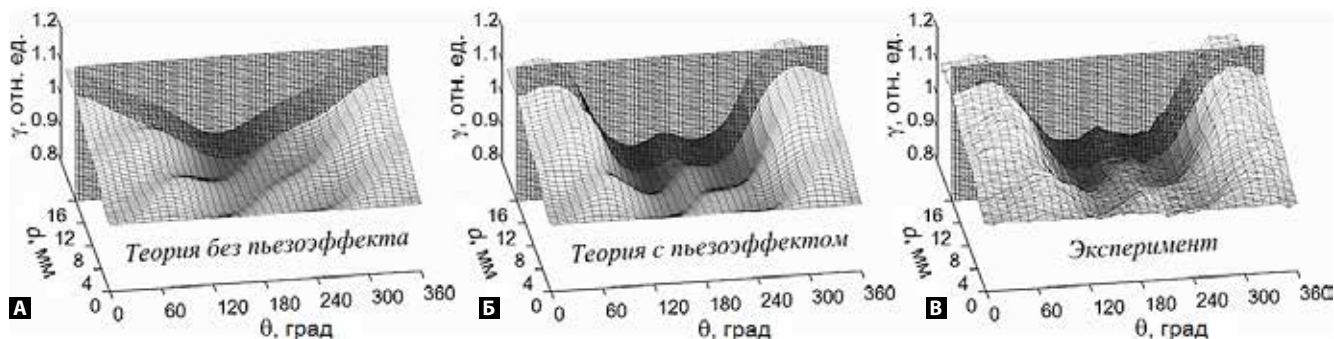


Рис. 3. Зависимости коэффициента усиления предметной световой волны  $\gamma$  от ориентационного угла  $\theta$  и толщины  $d$  кристалла ВГО среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$  при азимутах линейной поляризации взаимодействующих в нем световых пучков  $\Psi_0 = 0$ : А – теоретические расчеты без учета пьезоэффекта; Б – теоретические расчеты с учетом пьезоэффекта; В – экспериментальные данные

тация экспериментальных данных также возможна лишь при одновременном учете обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов, в дополнение к традиционно рассматриваемым в силленитах электрооптическому эффекту и оптической активности (рис. 3).

На рис. 3 можно видеть, что теоретически рассчитанная поверхность  $\gamma(\theta, d)$ , построенная без учета пьезоэффекта, имеет существенные различия с экспериментальными данными. При этом включение в расчеты пьезоэффекта приводит к качественно и количественно согласию теории с экспериментом.

Полученные результаты были приняты во внимание при оптимизации коэффициента усиления предметной световой волны в кристалле BGO за счет выбора оптимальных значений азимута линейной поляризации взаимодействующих в кристалле световых пучков, при которых достигается наибольший (поляризационно оптимизированный) коэффициент усиления  $\gamma_{\psi_0}^{\text{opt}}$  предметной световой волны. Результаты такого теоретического анализа показаны на рис. 4.

Как видим, поляризационно оптимизированные поверхности коэффициента усиления предметной световой волны без учета и с учетом пьезоэффекта имеют существенные качественные и количественные различия, что непосредственно должно быть принято во внимание при практическом применении этого кристалла.

Таким образом, в рамках данной работы на примере кристаллов силленитов BSO, BGO и BTO продемонстрирована возможность экспериментального исследования зависимости дифракционной эффективности голограмм и коэффициента усиления предметной световой волны от толщины

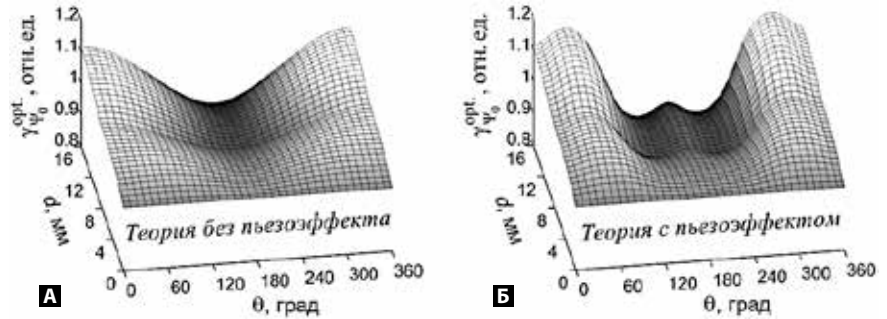


Рис. 4. Теоретические зависимости поляризационно оптимизированных значений коэффициента  $\gamma_{\psi_0}^{\text{opt}}$  для кристалла BGO среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$ : А – без учета пьезоэффекта; Б – с учетом пьезоэффекта

фоторефрактивного кристалла. Показано, что при ориентациях кристалла, отличных от условий  $(\vec{K} \parallel [001])$  и  $(\vec{K} \perp [001])$ , только учет обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов в теоретических расчетах приводит к удовлетворительному согласованию теории и эксперимента.

Значимость описанных исследований обусловлена тем, что эффективность использования голографических устройств, выполненных

на основе кристаллов силленитов, непосредственно зависит от выходных характеристик сформированных в них объемных голографических решеток. Поэтому экспериментальное изучение таких зависимостей актуально, так как именно в эксперименте удастся установить несоответствие используемых теоретических моделей истинной природе физических явлений и, если нужно, произвести корректировку содержания самих моделей. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Marrakchi A. Polarization properties of photorefractive diffraction in electrooptic and optically active sillenite crystals (Bragg regime) // JOSA B. 1986. 3(2). P. 321–336.
- Panchenko T.V. [et al.]. Doped sillenite crystals // Funct. Mater. 2005. 12(4). P. 707–713.
- Shandarov S.M. [et al.]. Polarization effects at two-beam interaction on reflection holographic gratings in sillenite crystals // Laser Physics. 2007. 17(4). P. 482–490.
- Hall T.J. [et al.]. The photorefractive effect – a review // Prog. Quant. Electr. 1985. 10(2). P. 77–146.
- Gessualdi M.R.R. [et al.]. Surface contouring by phase-shifting real-time holography using photorefractive sillenite crystals // Opt. Laser Technol. 2007. 39(1). P. 98–104.
- Barbosa E.A., Carvalho J.F. Surface analysis by two-diode laser photorefractive holography // Appl. Phys. B. 2007. 87(3). P. 417–423.
- Brito I.V. [et al.]. Photorefractive digital holographic microscopy applied in microstructures analysis // Opt. Comm. 2013. 286(1). P. 103–110.
- Oliveira M.E. Photorefractive moiré-like patterns for the multifringe projection method in Fourier transform profilometry // Appl. Opt. 2016. 55(5). P. 1048–1053.
- Шандаров С.М. [и др.]. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. – Томск, 2007.
- Шепелевич В.В. Голография в фоторефрактивных оптически активных кристаллах. – Минск, 2012.
- Shamonina E. [et al.]. Dynamic holography with none plane waves in sillenites // Opt. Quant. Electron. 1996. 28(1). P. 25–42.
- Shamonina E. [et al.]. Investigation of two-wave mixing in arbitrary oriented sillenite crystals // Appl. Phys. B. 1997. 64(1). P. 49–56.

Полный список использованных источников

SEE [http://innosfera.by/2020/08/photorefractive\\_crystal](http://innosfera.by/2020/08/photorefractive_crystal)



# ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛАРУСИ В ДИНАМИКЕ



**Александр Шумилин,**  
председатель  
Государственного  
комитета по науке и  
технологиям, доктор  
экономических наук

Для решения задачи повышения конкурентоспособности отечественной экономики на основе ее инновационного развития в стране реализуется комплекс взаимосвязанных мероприятий. Среди них особая роль принадлежит формированию и успешной реализации Государственной программы инновационного развития и 27 научно-технических программ, в выполнении которых задействовано более 17 тыс. ученых и исследователей. Следует отметить, что в результате значительно повысился вклад науки в экономику. Если в прошлой пятилетке доля белорусских разработок в Госпрограмме инновационного развития была 10%, то в текущей – уже 36%, а в следующей планируется довести этот показатель до 50%. Только в рамках этой программы за четыре года создано и модернизировано почти 10 тыс. рабочих мест и более 60 инновационных производств.

К примеру, на Борисовском заводе медпрепаратов организован выпуск стерильной распылки 8 импортозамещающих антибиотиков (либрассефа, цефтриаксона, цефазолина, цефепима, цефоперазона, цефотаксима, цефтазидима, цефуросксима) на сумму почти 100 млн руб., на экспорт отгружено на 75 млн руб. в почти два десятка стран (Армения, Казахстан, Россия, Молдова, Латвия, Ирак, Литва и др.). Для более эффективной борьбы с вирусным гепатитом учеными-медиками разработаны методы диагно-

стики гепатита С и отторжения трансплантата печени, применение которых позволяет на ранних стадиях назначить необходимое лечение.

В компании «АДАНИ» организован кластер по выпуску систем обеспечения безопасности, обслуживания неразрушающего контроля, медицинской техники, что, например, позволило за 9 месяцев создать и начать поставку в медучреждения республики отечественных аппаратов компьютерной томографии. Объем производства инновационной продук-

ции данного предприятия превысил 270 млн руб., более 2/3 ее экспортируется на рынки США, Южной Кореи, Японии и Европейского союза.

Белорусская микроэлектроника восстанавливает свои позиции на мировом рынке. На «Планаре» выпущены установки коррекции микроструктур фазосдвигающих фотошаблонов. Две из них общей стоимостью 3,3 млн долл. уже отправлены в Тайвань.

На БМЗ открыто одно из самых высокотехнологичных на постсоветском пространстве мелко-

сортнопроволочное производство высококачественного корда для шин. Его объем превысил 1,7 млрд руб., отгружено продукции на экспорт на 1,3 млрд руб. в более чем 38 стран (Европа – 59%, Ближний Восток – 20%, Африка – 13% и др.).

В целях развития электротранспорта на «Белкоммунмаше» организовано производство электробусов. В рамках импортозамещения выпущено 45 единиц стоимостью 35 млн руб.

Активная селекционная работа ученых-аграриев Академии наук и Минсельхозпрода позволила создать более 90 сортов высокоурожайных зерновых, зернобобовых, кормовых и технических культур, что увеличило долю отечественных сортов на полях Беларуси до 70%. Среди них пшеница яровая Ладыя, рожь озимая Росана, рапс озимый Северин; ячмень Куфаль, гречиха Альфа. Эти и другие сорта посеяны на площади более 185 тыс. га с объемом реализации почти на 100 млн руб.

Отечественными учеными-пищевиками внедрена технология баромембранной подготовки смесей для сыроделия на Слуцком сыродельном комбинате, в «Молочном мире» и «Беловежских сырах», по которой изготовлено 190 т сыров премиального качества на сумму более 2,4 млн руб.

Для обеспечения ядерной и радиационной безопасности сотрудниками БГУ разработана интеллектуальная информационная система для автоматизации работы сотрудников Госатомнадзора, в том числе на площадке строительства Белорусской АЭС.

Для защиты пожарного-спасателя в МЧС освоен выпуск отечественного защитного многофункционального шлема, не уступающего по своим характеристикам лучшим зарубежным аналогам.

И это лишь небольшая часть разработок, сделанных благодаря нашим ученым.

В практику внедрены алгоритмы скрининга и вторичной профилактики колоректального рака, метод молекулярно-генетической и лучевой диагностики рака предстательной железы, что существенно повышает эффективность лечения этих серьезных заболеваний. Частота выявления колоректального рака в группе скрининга увеличилась в 5,7 раза по сравнению со средними значениями по республике.

Для борьбы с острыми кишечными инфекциями создана линейка мультиплексных наборов лабораторного обнаружения кишечных вирусов, которые позволяют на ранних стадиях определить заболевание и оперативно назначить лечение.

Для минимизации импортных поставок и обеспечения внутреннего рынка недорогими, но чрезвычайно важными лекарствами внедрены в производство на «Белмедпрепаратах» и других фармпредприятиях 4 средства для лечения противоопухолевых, сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета (ириноктан-белмед, пропифенон, метформин лонг и др.).

Разработано программное обеспечение многоуровневой информационно-аналитической системы по донорам республики для трансплантации гемопоэтических стволовых клеток. За счет применения ИАС стоимость трансплантации костного мозга пациенту с лейкемией на 30% ниже стоимости многолетней программы терапии (цена подбора соответствующего донора с использованием отечественного

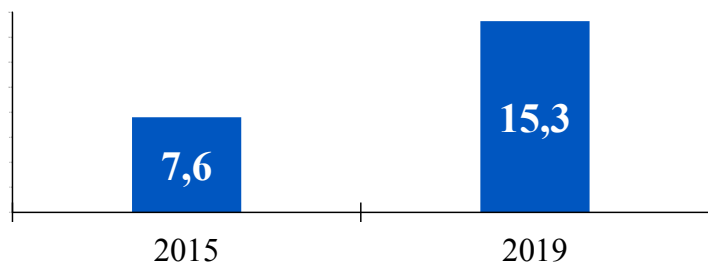
регистра – 2,5 евро, тогда как аналогичная процедура за рубежом обойдется в 20 тыс. евро).

Для повышения качества и конкурентоспособности карьерной техники на БелАЗе разработана и освоена в производстве энергоэффективная система управления тяговым электроприводом для самосвалов грузоподъемностью 110–220 т. Реализовано 7 систем на сумму свыше 300 тыс. руб.

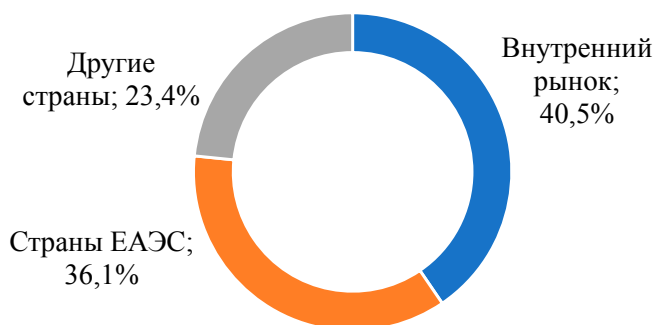
МТЗ начал выпуск тракторов мощностью 42,60 л.с., предназначенных для эксплуатации в условиях влажного тропического и сухого тропического климатов Юго-Восточной Азии, Африки, Латинской Америки. Объемы экспорта составили 720 тыс. руб. ОАО «Гомсельмаш» изготовлено 11 самоходных зерноуборочных комбайнов с роторным соломо-сепаратором пропускной способностью 16 кг/с на сумму 2,36 млн руб. Для поверхностного монтажа в изделиях промышленного, специального и двойного назначения на «Интеграле» внедрена технология производства интегральных микросхем в металло-керамических корпусах. В результате реализации проекта выпущено продукции на 127 млн руб., на зарубежный рынок отправлено на 87 млн руб.

В БЕЛДЖИ организована мелкоузловая сборка легковых автомобилей, объем производства которых составил 1145 млн руб., в том числе на экспорт – 629 млн руб.

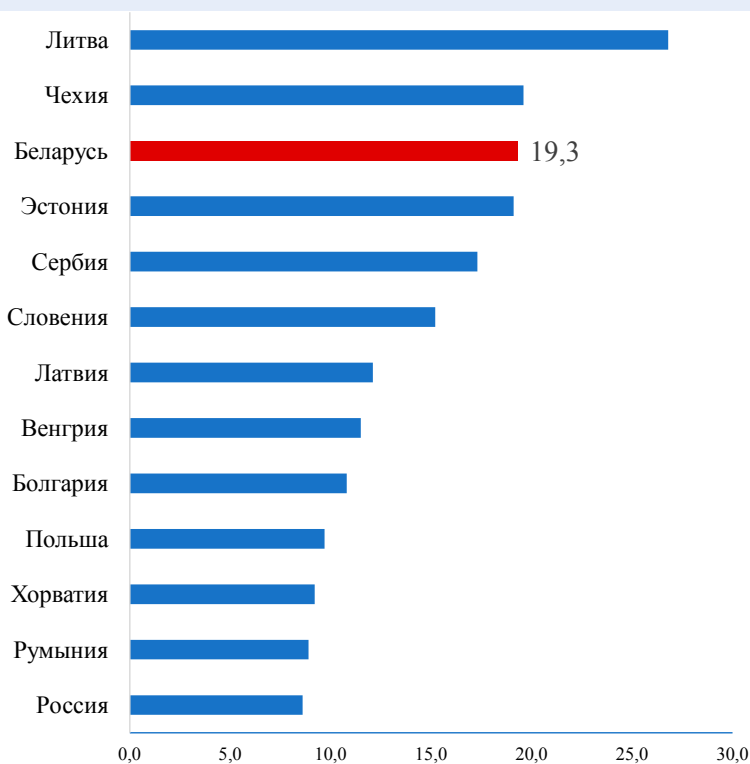
На основании работы Научно-практического центра по животноводству Академии наук в племенных хозяйствах республики



■ Объем отгруженной инновационной продукции, млрд руб.



■ Структура поставок инновационной продукции



■ Удельный вес инновационной продукции (обрабатывающая промышленность), %

сформированы селекционные стада коров новых заводских линий голштинской популяции молочного скота численностью 500 голов, стоимость которых – 917 тыс. долл. На промышленных свиноплощадках («Заднепровский» Витебской области, «Агрокомбинат Снов» и др.) получен молодняк породно-линейного гибрида свиней, созданный с использованием лучших отечественных и зарубежных пород и типов, разводимых в племенных хозяйствах республики. В 2019 г. выращено 2,45 млн голов на сумму 396 млн долл.

Национальной академией наук разработана и внедрена на Глубокском молочноконсервном комбинате технология вареных сгущенных молочных консервов с пониженным содержанием сахаридов и низкой аллергенностью, которые пригодны для питания всех возрастных групп, включая людей, страдающих сахарным диабетом и непереносимостью лактозы. Выпущено более 3 тыс. т нового вида сгущенки на сумму 4,5 млн руб., из них реализовано в Россию на 4,1 млн руб.

Для организации более тесной работы ученых, производителей и бизнеса значительно расширена инновационная инфраструктура. Создано 74 отраслевых лаборатории, прежде всего в промышленных холдингах и валообразующих предприятиях, для решения практических задач и подготовки кадров в условиях реального промышленного сектора.

Активно развиваются отраслевые лаборатории технологий металлургического и сталепроволочного производств на БМЗ, новых технологий и материалов на «Интеграле», лаборатории лакокрасочных материалов ИОНХ НАН Беларуси, спортивной биомеханики в Белорусском национальном техническом университете, зерновых продуктов в Могилевском государственном университете продовольствия, отраслевая токсикологическая лаборатория Научно-практического центра гигиены Минздрава. Последняя в условиях коронавируса, к примеру, в течение 3 месяцев начала тестировать защитные маски на уровень безопасности, что важно для разработки отечественного защитного материала.



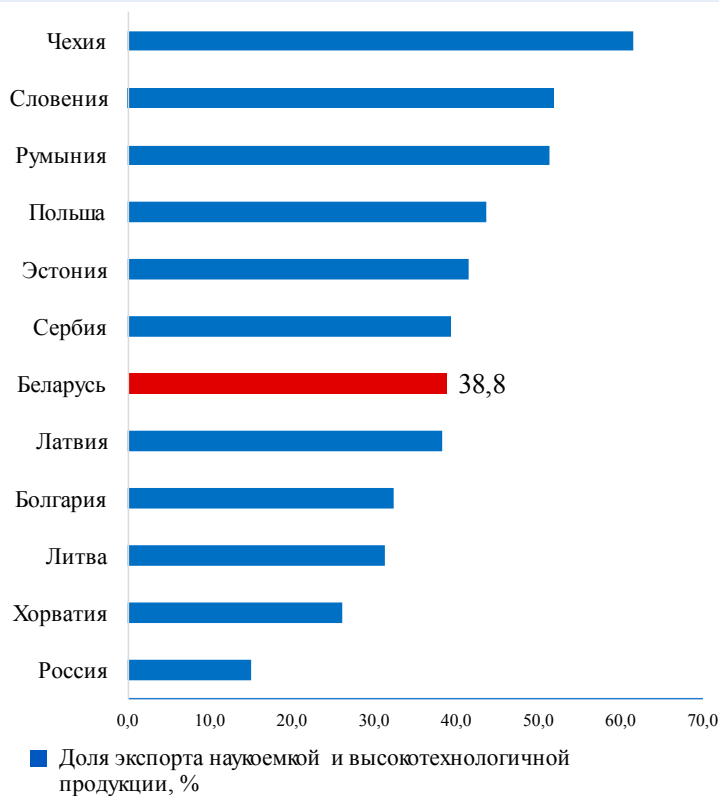
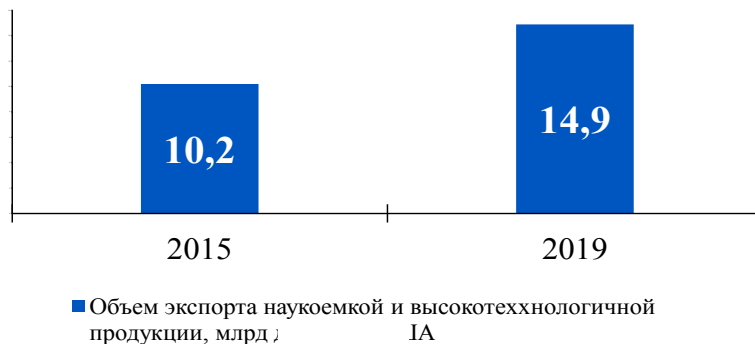
В отраслевой лаборатории сельскохозяйственного машиностроения «Гомсельмаш» созданы две модификации комбайнов зерноуборочных самоходных класса «Премиум», модернизированного комбайна на газовом топливе, модернизированного кормоуборочного комбайна, косилки на гусеничном ходу для уборки риса, подборщика с бездорожечным подбирающим устройством.

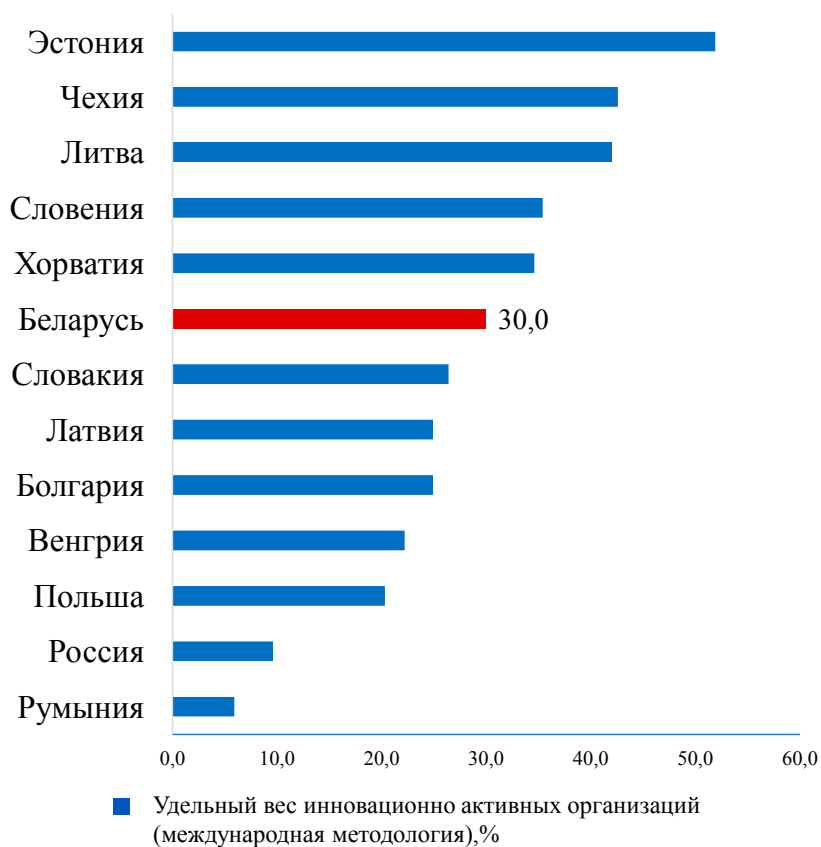
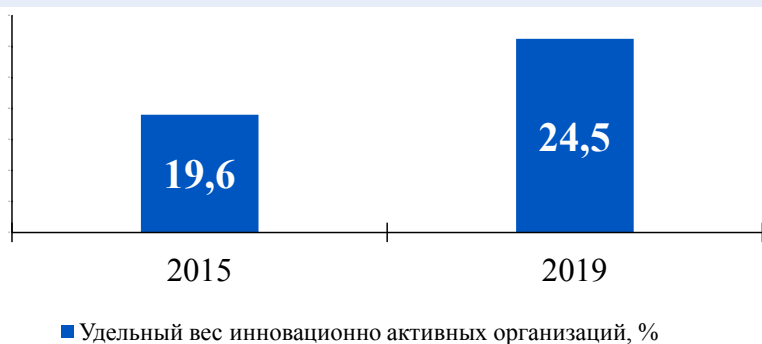
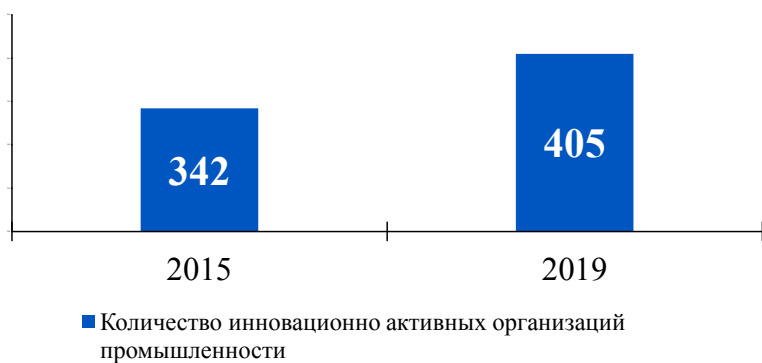
Для развития инновационного предпринимательства и вовлечения в него талантливой молодежи – студентов, аспирантов и молодых ученых – создано 17 технопарков, которые по итогам прошлого года выпустили инновационной продукции на 149 млн руб., что в 4,4 раза больше уровня 2015 г. (9 технопарков; 34 млн руб.).

В рамках расширения географии международного научно-технического сотрудничества и выхода на новые рынки с 2015 г. впервые начата реализация совместных научных проектов с такими странами как Израиль, Словакия, Куба, Монголия, Пакистан и Узбекистан.

Беларусь избрана председателем в Межгосударственном совете по сотрудничеству в научно-технической и инновационной сферах стран СНГ, что позволило в рамках Межгосударственной программы инновационного сотрудничества СНГ успешно реализовать 10 совместных проектов. Среди них:

- разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств – участников СНГ (страны-участницы: Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан; срок выполнения: 2014–2017);
- создание опытно-промышленных технологий и пилотных тиражируемых технологических линий по изготовлению на основе нанодIAMAZOV детонационного синтеза и микрокристаллических алмазов наноструктурированных алмазных компактов и двухслойных алмазных пластин для использования в производстве





особо износостойкого режущего и бурового инструмента (Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Армения; 2014–2016);

- изучение магнитоэлектрических взаимодействий в структурах «ферромагнетик-пьезоэлектрик» и их применение в миниатюрных датчиках магнитных полей и автономных источниках электрической энергии (Республика Беларусь, Российская Федерация; 2014–2017);
- создание биобезопасных препаратов против зоонозов на основе наноконплексов высокой иммуногенности (Кыргызская Республика, Российская Федерация, Республика Таджикистан, Республика Узбекистан; 2014–2017);
- исследование и разработка процессов высокоомощного воздействия концентрированных потоков энергии для формирования поверхностных слоев с аморфной, нанокристаллической и интерметаллидной структурой для изделий, используемых в водородной энергетике и промышленной экологии (Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан; 2016–2018);
- разработка и сертификация многоцелевой аэрокосмической системы прогнозного мониторинга, а также создание на ее основе сервисов комплексного представления информации о предупреждении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в совокупности с семантическими и геопространственными данными (Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Армения; 2016–2020);
- создание тест-систем для серологической диагностики гепатита Е и испытание их диагностической эффективности на клиническом материале из эндемичных и неэндемичных регионов (Республика Беларусь, Российская Федерация, Кыргызская Республика, Республика Армения; 2015–2020);
- развитие инфраструктуры суперкомпьютерных центров в интересах инновационного развития государств – участников СНГ (Республика Беларусь, Российская Федерация; 2014–2020);

- *повышение эффективности энергоблоков на основе модификации функциональных поверхностей конденсаторов паровых турбин (Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан; 2014–2020);*
- *строительство аппаратно-программного комплекса управления международными транспортными коридорами, проходящими по территориям государств – участников СНГ, на основе современных информационных и коммуникационных технологий (Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Беларусь; 2014–2020).*

Нашей страной инициирована разработка новой Межгосударственной программы инновационного сотрудничества стран СНГ до 2030 г.

В результате совместной работы ученых и производителей обеспечена положительная динамика роста всех показателей инновационного развития. Объем выпущенной продукции за текущую пятилетку достиг почти 12 млрд руб., в том числе 4,3 и 7,5 млрд руб. – в рамках научно-технических программ и Госпрограммы инновационного развития соответственно. При этом на каждый бюджетный рубль, затраченный на разработки, было реализовано научно-технической продукции на сумму более 16 руб.

С начала пятилетки вдвое вырос объем отгруженной инновационной продукции, который по итогам 2019 г. превысил 15,3 млрд руб. (в 2015 г. – 7,6 млрд). Экспорт наукоемкой и высокотехнологичной продукции достиг 15 млрд долл. и увеличился в 1,5

раза к 2015 г. (10,2 млрд долл.). При этом значительный вклад внесла наша IT-сфера с экспортом около 2 млрд долл.

Среди значимых экспортируемых научно-технических разработок следует назвать:

- *высокотехнологичное оборудование для проверки подлинности документов, денежных знаков и ценных бумаг белорусской компани «Регула», которое используется пограничными службами, правоохранительными органами и банками более чем 80 стран, включая США, Канаду, Великобританию, Германию, Израиль, Бразилию, Австралию и Новую Зеландию;*
  - *уникальные досмотровые рентгеновские, медицинские, настольные аналитические приборы и оборудование неразрушающего контроля, разработанные и производимые белорусским УП «АДАНИ», поставляемые на рынки 70 стран, включая США, Южную Корею, Японию и многие страны Европейского союза;*
  - *созданное минским КБТЭМО оборудование для формирования топологических структур на фотошаблонах, не имеющее аналогов в мире и с успехом экспортируемое на рынки Германии, Италии, Польши, Израиля, Южной Кореи, Китая, Мексики, Индии.*
- Удельный вес инновационно активных организаций вырос с 19,6% до 24,5%. Рост инновационных показателей подтверждается повышением рейтинга Республики Беларусь в Глобальном индексе инноваций. В 2019 г. он вырос на 14 позиций (72-е место).

Приоритетными направлениями исследований нынешней пятилетки стали:

- *цифровые, информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии;*
  - *биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии;*
  - *энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование;*
  - *машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы;*
  - *агропромышленные и продовольственные технологии;*
  - *обеспечение безопасности человека, общества и государства.*
- Единые приоритеты обеспечивают сквозное управление инновационным циклом, что позволяет совершенствовать процесс создания инновационной продукции: от оценки спроса на рынке до последующего нацеливания наших ученых на ее разработку, связав тем самым фундаментальные и прикладные исследования, опытно-промышленное и серийное производство в комплексные научно-технические проекты. В соответствии с принятыми приоритетами уже начата подготовка новой программы инновационного развития и новых научно-технических программ. В следующей пятилетке планируется реализовать следующие знаковые проекты:
- *производство новых быстродействующих вакцин от вирусных и бактериальных инфекций, антиретровирусных препаратов, лекарств от болезни Альцгеймера, болезней костно-мышечной системы и других заболеваний;*
  - *образование центра гибридной кардиохирургии в РНПЦ «Кардиология»;*
  - *организация нового блока трансплантации костного*



мозга и стволовых клеток, а также банка стволовых клеток, клапанных и сосудистых аллогraftов в Минском центре хирургии, трансплантологии и гематологии;

- разработка учеными-программистами совместно с Минсвязи цифровой платформы для «умного города»;
- расширение модельного ряда электромобилей, в том числе в беспилотном и автономном варианте, а также современных средств зарядной инфраструктуры;
- создание Минсельхозпродом совместно с Академией наук и Минпромоборудования для точного земледелия с применением цифровых технологий и беспилотных средств для обработки посевных земель, определения сроков и методов обработки и уборки урожая, аэрофотосъемки сельхозугодий, а также линейки техники;
- строительство в Витебской области завода инновационных ветеринарных препаратов серии «Зеленая линия – альтернатива антибиотикам», соответствующих всем международным стандартам качества, на базе концепции «Индустрия 4.0»;
- открытие в Белорусской государственной сельхозакадемии инновационного научно-образовательного центра биотехнологий в растениеводстве;
- создание Минпромоборудования и Госкомвоенпромом производства высокотехнологичных аналитических и инспекционных комплексов, оптико-механических изделий двойного и специального назначения, оптических компонентов и лазерных систем с диодной накачкой нового поколения.

В то же время для еще более динамичного научно-технического развития страны необходимо решить ряд дополнительных задач, по которым уже имеются соответствующие проекты решений. В частности, подготовлен проект Закона, которым предусмотрено осуществлять закупку опытных партий продукции, созданной в рамках государственных программ, без проведения тендера в течение 3 лет ее освоения при условии соответствия данной продукции требованиям технического задания по цене и качеству. Это позволит продавать ее по упрощенной системе, тем самым создав преимущества для отечественных высокотехнологичных производителей. Аналогичная практика господдержки применяется в США, России и других странах.

Следует ускорить трансфер технологий в экономику путем упрощения процедуры введения интеллектуальной собственности в гражданский оборот. Для этого необходимо стимулировать открытие учеными инновационных производств на основе собственных разработок, осуществленных в государственных научных учреждениях и вузах. При этом для возврата затраченных бюджетных средств не менее 25% собственности создаваемого учеными бизнеса в виде акций или долей целесообразно закрепить за государством. Данная мера повысит эффективность коммерциализации интеллектуальной собственности и будет способствовать появлению принципиально новых высокотехнологичных предприятий.

В целях улучшения инвестиционного климата в Республике Беларусь и упрощения административных процедур предлага-

ется приравнять инновационные проекты к инвестиционным. Распространение преференций на проекты, реализуемые в Госпрограмме инновационного развития, улучшит условия для их реализации, что позволит снизить цену инновационной продукции на начальном этапе ее производства и поддержит отечественного производителя как на внутреннем рынке, так и в поставках на экспорт.

Предлагаемые меры и комплекс разрабатываемых программных документов позволят Республике Беларусь на основе реализации интеллектуального потенциала нации достигнуть к 2025 г. уровня инновационного развития таких стран, как, например, Чехия и Венгрия, и обеспечить создание не менее 12 тыс. высокопроизводительных рабочих мест; выпуск наукоемкой и высокотехнологичной продукции на сумму не менее 22 млрд руб. и ее экспорт – не менее 20 млрд долл. Удельный вес инновационно активных организаций в общем числе организаций обрабатывающей промышленности составит 27,5%; предприятий, осуществляющих процессные инновации, – 33%; удельный вес отгруженной инновационной продукции – 22%. Предпринятые шаги будут способствовать инновационному развитию отечественной экономики и повышению ее конкурентоспособности на мировом рынке. ■



**Ван Юань,**  
аспирант кафедры  
аналитической экономики  
и эконометрики  
экономического  
факультета БГУ;  
1964347670@qq.com



**Михаил Ковалев,**  
профессор кафедры  
аналитической  
экономики и  
эконометрики  
экономического  
факультета БГУ,  
доктор физико-  
математических наук

# ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ КИТАЯ

УДК 338.23

**Аннотация.** Рассматриваются особенности и основы формирования цифровой экономики Китая. Показано, что она становится все более важной составляющей национальной экономики, опирается на быстрое развитие информационной инфраструктуры и полностью интегрирована в экономику и общество. Отмечено, что цифровая экономика Китая является драйвером для инновационного экономического роста и оказывает влияние на мировое развитие.

**Ключевые слова:** цифровая экономика Китая, информационно-коммуникационные технологии, цифровизация.

**Для цитирования:** Ван Юань, Ковалев М. Особенности и основные этапы формирования цифровой экономики Китая // Наука и инновации. 2020. №8. С. 39–43. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-39-43>

Согласно определению Всемирного банка, под цифровой экономикой понимается система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании информационно-коммуникационных технологий. Прогнозируется, что применение цифровых навыков и технологий увеличит мировую экономику на 2 трлн долл. к 2020 г., а к 2025 г. половина ее

будет приходиться на цифровую экономику [1]. К ней относят программное обеспечение, услуги связи, оборудование, ИКТ-лицензии, облачные технологии, работу с большими данными и т.д.

Общий объем цифровой экономики в 2018 г. составил свыше 3,5 трлн долл., что соответствует 5% мирового ВВП. В 2015 г. в Китае на нее приходилось 10,5% ВВП, а к 2020 г. ее доля в ВВП увеличится до 13,3% и достигнет 4,9 трлн долл.

Теме цифровой экономики посвящены многочисленные исследования белорусских и зарубежных ученых, и поток работ все более нарастает, что свидетельствует об актуальности данной проблемы. В русскоязычном сегменте в наиболее систематизированном виде проблемы, состояние и направления развития цифровой экономики представлены в [1].

В Китае проводятся масштабные исследования проблем цифровизации, цифровой трансформации, цифровой экономики и стратегий их развития, о чем свидетельствует краткий перечень работ [2-7], использованных при подготовке статьи. В стране разработана Стратегия цифровой экономики КНР, основной целью которой является повышение национальной конкурентоспособности, содействие экономическому и социальному росту. Для ее достижения предусмотрено развитие таких направлений как расширение уровня инфраструктуры широкополосной связи, развитие сектора ИКТ, его интеграция с образованием и здравоохранением, построение электронного

Правительства, создание кибербезопасности. Важная особенность китайской стратегии цифровизации – создание «бесшовных» информационных систем, начиная от приобретения клиентом товара (услуги) и заканчивая системой формирования заказа на сырье и комплектующие для их производства [8].

Ознакомление с опытом цифровой трансформации экономики Китая имеет важное значение для прогнозирования аналогичных процессов в других странах и определения рациональных путей формирования цифровой экономики.

## Развитие цифровой экономики в Китае

Население Китая составляет 1,4 млрд человек, а численность пользователей Интернета превышает 710 млн. Благодаря этому страна имеет огромный потенциал развития цифровой экономики.

В последние годы ЦК партии и Государственный совет Китая последовательно приняли ряд

программ, таких как «Содействие мероприятиям в рамках концепции «Интернет+», «Продвижение плана действий по разработке больших данных» и «Общая стратегия развития национальной информатизации для содействия развитию цифровой экономики Китая».

Аналитики Китайской Народной Республики рассматривают цифровую экономику как продукт новой технологической революции, новую форму, метод распределения ресурсов и концепцию развития. Цифровизация сокращает барьеры для потоков информации, ускоряет поиск ресурсов, повышает эффективность согласования спроса и предложения, что в совокупности способствует скоординированному социально-экономическому развитию в городах и сельской местности. Она приводит к кардинальным изменениям в производстве и образе жизни общества, открывает широкие возможности для инициативы и экономической деятельности различных слоев населения.

Цифровая экономика содействует структурным реформам. Интеллектуальные модели производства, характеризующиеся глубокой интеграцией информационных технологий нового поколения, способствуют запуску нового витка трансформации производственных процессов. Цифровые, виртуализированные и интеллектуальные технологии пронизывают весь жизненный цикл продуктов, гибких, сетевых и персонализированных.

Под влиянием цифровой трансформации формируется цифровое, умное сельское хозяйство, другие модели развития АПК. Многие сельские районы начали реализовывать и развивать цифровые горизонтальные взаимодействия. Появились

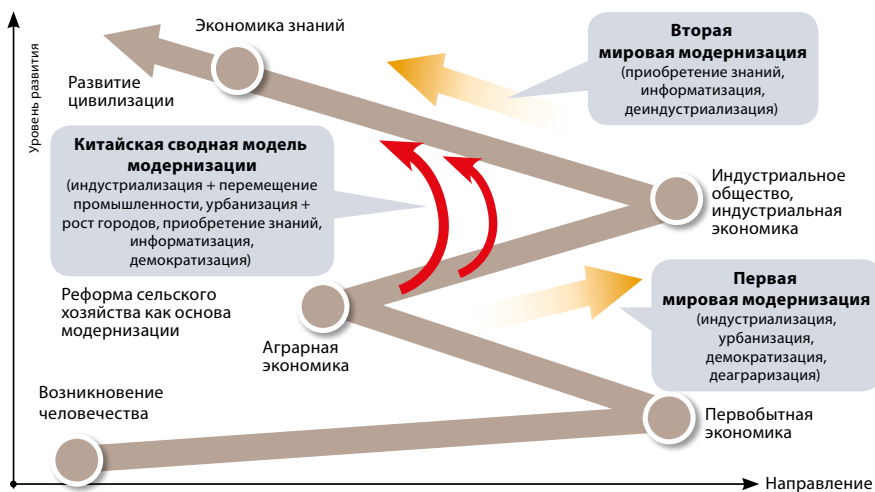


Рис. 1. Модель китайской модернизации как часть процесса развития мировой экономики (составлено на основе [9])



так называемые Таобао деревни, жители которых интенсивно пользуются электронной торговлей на базе одноименной платформы. В 2009 г. таких было 3, к 2015 г. их количество превысило 780 и охватило 17 провинций. Быстрое развитие электронной торговли в сельской местности и рост деревень Таобао привлекли в них большое количество фермеров, способствовали возвращению студентов в родные места. Цифровая экономика придала новый импульс развитию сельских территорий, росту населения и повышению уровня его благосостояния. В настоящее время интернет-магазины и онлайн-продажи стали обычным явлением в значительном количестве сельских районов.

В сфере услуг влияние и роль цифровой экономики связаны с электронной торговлей, интернет-финансами, онлайн-образованием, телемедициной, интернет-автомобилями, онлайн-развлечениями и т.д.

Цифровая экономика породила новые интернет-компании с огромным потенциалом развития, ставшие движущей силой для стимулирования инноваций и предпринимательства, возникновения новых экономических моделей, таких как краудфандинг, краудсорсинг. Она создала Китаю условия для сокращения переходного периода от индустриального общества к постиндустриальному (рис. 1).

### Этапы формирования стратегии развития цифровой экономики

Государственная политика цифровизации в Китае начала свой отсчет с 2012 г., когда в планы XII пятилетки был включен проект по облачным вычислениям

как стратегически важным для промышленности. В начале 2013 г. с целью стимулирования внедрения новых технологий, таких как Интернет вещей, облачные вычисления и большие данные, Национальная комиссия по развитию и реформам опубликовала доклад, где были представлены мероприятия по укреплению и совершенствованию управления проектами национального электронного правительства. В 2015 г. премьер Ли Кэцян на Всекитайском народном собрании впервые предложил стратегию «Сделано в Китае в 2025 году» и Стратегию «Интернет+», состоящую из следующих направлений:

- «Интернет + индустрия» – использование таких технологий, как мобильный Интернет, облачные вычисления, большие данные, Интернет вещей;
- «Интернет + торговля» – развитие электронной торговли, поддержка моделей B2B и O2O, самостоятельная реализация предприятиями продукции через Интернет, трансграничная электронная торговля и др.;
- «Интернет + финансы» – развитие и повсеместное внедрение электронных финансовых технологий;

- «Интернет + правительство» – развитие услуг e-government, их упорядочивание, прозрачность и оптимизация, применение технологий больших данных и облачных вычислений, а также улучшение сетевой инфраструктуры.

Для реализации данных стратегий в КНР были созданы специальные инвестфонды, которые поддерживались предприятиями.

На церемонии открытия Второй всемирной интернет-конференции (2015 г.) Си Цзиньпин отметил, что Китай укрепляет строительство информационной инфраструктуры, развивает сетевую экономику, способствует интеграции Интернета с задачами социально-экономического развития и готов налаживать сотрудничество с другими странами, в том числе и в вопросах развития мировой цифровой экономики.

В документах XII пятилетнего плана социально-экономического развития КНР (2016 г.) изложена стратегия развития интеллектуального производства, предусматривающая в числе важнейших национальных приоритетов перевод к 2020 г. ключевых отраслей традиционного производства на цифровое.

Ранжирование	Отрасли	Доля цифровой экономики
1	Культура, офисная техника	58,8%
2	Приборостроение	47,3%
3	Электрические машины и оборудование	25,6%
4	Специальное оборудование	24,0%
5	Передающее, распределительное и контрольное оборудование	23,1%
6	Оборудование общего назначения	22,7%
7	Бытовая техника	20,9%
8	Металлообрабатывающее оборудование	20,3%
9	Производство двигателей	18,7%
10	Судовое и сопутствующее оборудование	18,4%

Таблица. Доля цифровой экономики в различных отраслях Китая

В 2017 г. Китайская академия информационных и коммуникационных технологий опубликовала Белую книгу цифровой экономики Китая, где показала, что объем цифровой экономики страны в 2016 г. составил примерно 3,2 трлн долл., а номинальный рост увеличился на 18,9% в сравнении с предыдущим годом, что значительно превысило темпы роста ВВП. Доля цифровой экономики в общем ВВП Китая составляла 30,3%, что на 2,8% больше чем, в 2015 г.

Китай вошел в ряды лидеров мировой цифровой экономики в таких областях как электронная торговля, производство электронных информационных продуктов. Десять компаний, в их числе Tencent, Alibaba, Baidu, Ant Financial, Xiaomi, Jingdong и Didi Travel, вошли в топ-20 интернет-компаний мира. Китайские транспортные компании ежегодно оказывают более чем 4 млрд транспортные услуги, им принадлежит 70% доли мирового рынка.

## Цифровизация отраслей Китая

В соответствии с национальной стратегией развития инфор-

матизация и ключевые технологии к концу 2020 г. должны достигнуть существенного прогресса. По объемам электронной торговли Китай уже вышел на лидирующие позиции, на его долю приходится более 40% всех транзакций в мире, а уровень внедрения электронной торговли (от общего объема розничных продаж) достиг 15% (для сравнения, в США этот показатель 10%). Объем потребительских мобильных платежей в 2016 г. превысил 790 млрд долл., что в 11 раз превосходит аналогичный показатель США [10]. В последние годы в КНР наблюдается стремительная цифровизация, в результате чего цифровая экономика выросла с 15% ВВП в 2008 г. до 33% в 2017 г. Это обусловлено внедрением ИКТ не только в сектор услуг, где добавленная стоимость составила 33%, но и в промышленность – 17%, сельское хозяйство – 7%. Существенные изменения наблюдаются и в таких подсекторах как финансовый и культурно-развлекательный.

Цифровая трансформация капиталоемких отраслей в целом происходит гораздо быстрее, чем трудоемких (таблица).

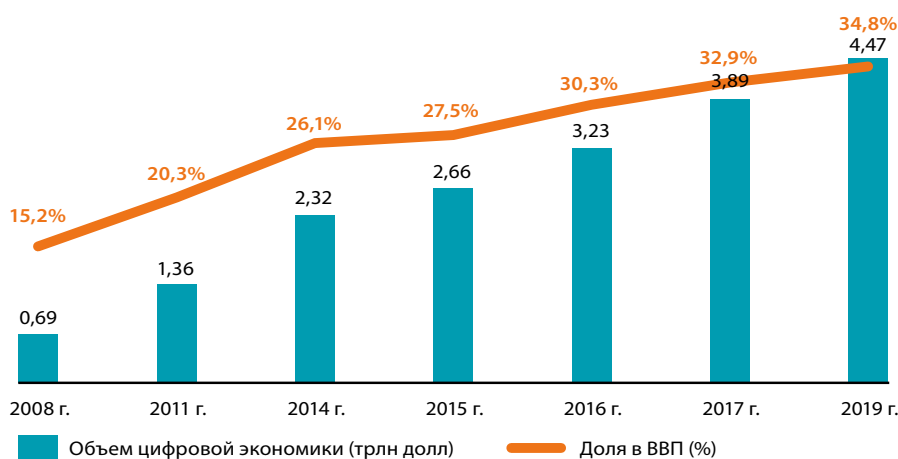


Рис. 2. Рост доли цифровой экономики в ВВП Китая в период с 2008 по 2019 г.

Источник: Белая книга развития цифровой экономики и занятости Китая [11]

Предполагается, что к 2025 г. благодаря цифровизации в Китае повысится производительность труда на 7–22%, а ее вклад в ВВП вырастет в среднем на 7,3%.

К середине текущего столетия национальное информационное преимущество станет заметным, а цифровой дивиденд значительным.

Цифровая экономика Китая постоянно улучшает свои позиции в национальной экономике (рис. 2).

## Управление цифровизацией

Программа «Сделано в Китае – 2025» – пример национальной программы цифровизации, представляющей собой комплекс мер, ориентированных на повышение ресурсоэффективности страны в контексте рационального использования трудовых, природных (сырье и экология), финансовых, интеллектуальных ресурсов.

Для эффективной реализации Программы выстроена 3-уровневая система контроля и мониторинга:

**I уровень – центральный.** Создан Управляющий комитет во главе с вице-премьером Китая, куда вошли директора департаментов Министерства промышленности и информации, представители исследовательских центров. Кроме того, сформирован комитет консультантов, включающий независимых экспертов в области финансов, науки и других государственных сфер, а также представителей бизнеса. Для реализации Программы разрабатываются соответствующие Планы мероприятий для государственных органов с указанием сроков исполнения и ответственных государственных институтов.

**II уровень – региональный.**

На региональном уровне разрабатываются соответствующие планы мероприятий провинций в рамках Программы.

**III уровень – корпоративный.**

Разрабатываются стратегии развития компаний, которые носят рекомендательный характер.

Для мониторинга выполнения Программы создана специализированная онлайн-площадка, позволяющая в автоматизированном режиме собирать и обрабатывать данные в рамках I и II-го уровня центральных и региональных планов. Отчетность по исполнению программы осуществляется каждые 3 и 5 лет, и при необходимости вносятся соответствующие коррективы.

Финансирование Программы осуществляется за счет как государственных, так и частных средств. При этом основной акцент делается на мобилизацию последних. Для этих целей сформирован специальный фонд, который предоставляет ресурсы для создания центров инноваций, капитализации соответствующих компаний и пр. Особенностью финансирования является то, что для эффективной реализации Программы в начале были определены мероприятия и механизмы, после чего привлечены необходимые капиталовложения. Кроме того, для частных и государственных банков разрабатывается соответствующая финансово-инвестиционная политика, имеющая рекомендательный характер.

**Основные проблемы цифровизации**

Большинство производственных компаний не имеют стандартов данных, а ведь специализация и стандартизация является

ключевым фактором для цифровой трансформации. Доступность существующих информационных ресурсов невелика, что снижает практическую ценность цифровых технологий. Не существует единых стандартов для системных данных в различных отраслях, они обладают низкой открытостью. В этой связи необходимо усовершенствовать законы и нормативные акты, регулирующие создание общедоступных баз данных, защиту интеллектуальной собственности и конфиденциальности, устранить существующие препятствия на пути открытия и совместного использования информационных ресурсов.

Тем не менее, цифровая трансформация экономики Китая успешна. После более чем 30 лет напряженной работы страна стала крупнейшим производителем в мире. Ее цифровая экономика вносит огромный вклад в глобальное экономическое развитие.

Опыт КНР по созданию цифровой экономики и цифровой трансформации в целом представляет для Беларуси, как и для многих других стран, практическую ценность. Прежде всего – в вопросах создания многофункциональных цифровых платформ для взаимодействия государства, бизнеса и населения. ■

■ **Summary.** The features and foundations of the formation of the digital economy of China are considered. It is shown that it is becoming an increasingly important component of the national economy, is based on the rapid development of information infrastructure and is fully integrated into the economy and society. It is noted that the digital economy of China is a driver for innovative economic growth and has an impact on world development.

■ **Keywords:** digital economy of China, information and communication technologies, digitalization.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-39-43>

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ковалев М. М., Головенчик Г. Г. Цифровая экономика – шанс для Беларуси. – Минск, 2018.
2. Чжан Синьхун. Цифровая экономика и развитие Китая // Электронное правительство. №33. 2016.
3. Китайская инвестиционная консультативная сеть. Китайская информационная сеть // <http://www.ocn.com.cn/touzi/chanye/201809/kgqmt20090412.shtml>.
4. Чэнь Вэй, Ян Фэнъюнь, Ху Голян. Опыт реализации Национальной стратегии цифровой экономики ОЭСР. – Пекин, 2017.
5. Доклад о развитии информационного общества Китая за 2016 год / Отдел исследований информатизации // <http://www.sic.gov.cn/News/250/6362>.
6. Ван Чуньхуэй. Интеграция реальной экономики и цифровой экономики – краеугольный камень построения современной экономической системы / – Пекин, 2017.
7. Цифровая экономика Китая является мировым лидером, но все еще сталкивается с проблемами // World Economic Forum – Китайская информационная сеть // <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/these-are-the-challenges-facing-chinas-digital-economy>.
8. Паньшин Б. Н. Цифровая экономика: понятия и направления развития // Наука и инновации. 2019. №3. С. 48–55.
9. Паньшин Б. Н., Сой Даньтун. Китайская модель реформирования // Наука и инновации. 2015. №7. С. 38–42; №8. С. 27–30.
10. Джан Л., Чен С. Цифровая экономика Китая: возможности и риски // Вестник международных организаций. 2019, Т. 14. №2. С. 275–303.
11. Китайский институт информации и коммуникаций. Белая книга о развитии цифровой экономики Китая / Министерство промышленности и информационных технологий. Китайская академия информации и коммуникаций. – Пекин, 2017.

Полный список литературы размещен на сайте

 [http://innosfera.by/2020/08/digital\\_China](http://innosfera.by/2020/08/digital_China)

Статья поступила в редакцию: 11.11.2019 г.





# Фабрика цифровых новинок

Искусственный интеллект, дополненная реальность, распознавание лиц, подключенные к Интернету транспортные средства, глобальные виртуальные рынки и цифровые платежные системы, фармацевтическая электронная коммерция и гуманоидные роботы – все это не просто перечень передовых инновационных разработок, а настоящее высокотехнологичных компаний, вызывающее интерес и восхищение, и среди них китайский гигант – Alibaba Group.



В обыденных представлениях *Alibaba* – колосс электронной коммерции с мощной привязкой к китайскому рынку и огромными притязаниями на глобальном уровне. Вместе с тем его можно по праву назвать фабрикой цифровых новинок, своего рода генераторной станцией, эффективно коммерциализирующей технологические идеи и услуги, а также инвестирующей в новые предприятия.

## Цифровая экосистема

Стартовав в 1999 г. как межкорпоративный интернет-портал для связи китайских производителей с потенциальными зарубежными клиентами, *Alibaba* стал крупнейшей в мире компанией электронной коммерции. Его рыночная капитализация в начале 2020 г. превысила 600,5 млрд долл., что поставило *Alibaba* в один ряд с ведущими публичными высокотехнологичными транснациональными компаниями мира. Для сравнения капитализация *Apple* – 1,24 трлн долл., *Microsoft* – 1,2 трлн, *Alphabet*, владеющей компанией *Google*, – 931 млрд, *Amazon* – 886 млрд долл., *Facebook* – 636,5 млрд долл. Валовой товарооборот *Alibaba* в 2018 г. достиг 444 млрд долл., тем самым она превзошла всех розничных торговцев США, включая *Amazon*, *Walmart* и *eBay*.

*Alibaba* – яркий пример умного бизнеса будущего, высокотехнологичной платформы с комплексной, полностью интегрированной и постоянно растущей экосистемой цифровых услуг, инновационных решений и технологий, предлагающей своим клиентам беспрепятственный и постоянно расширяющийся опыт цифрового погружения через многочисленные каналы и онлайн-площадки. И прежде всего – это интернет-магазин *Taobao*, где свои покупки совершают свыше 780 млн клиентов, благодаря чему он и занял лидирующие позиции в потребительском сегменте онлайн-рынка Китая. Кроме того, более 150 млн пользователей ежедневно просматривают виртуальные магазины этой площадки, на которой представлено больше миллиарда товаров. Приобрести их можно опять же через общедоступную цифровую платежную систему *Alipay*. *Taobao* настолько популярен и предлагает такой широкий ассортимент товаров, что его уровень проникновения на рынок электронной розничной торговли в Китае достиг 95%. По мнению директора-распорядителя исследовательской компании *Fung Global Retail Tech* Деборы Вейн-свиг, *Taobao* «переходит от традиционной платформы онлайн-транзакций к платформе, определяющей образ жизни».

Еще одна часть экосистемы *Alibaba* – платформа *Tmall* – интернет-флагман взаимодействия бизнеса и потребителей (B7C), которая предоставляет глобальным и местным производителям, розничным продавцам беспрепятственный доступ к китайскому рынку. Она насчитывает свыше 150 тыс. брендов

и владеет почти 60% долей электронного рынка B2C, что почти вдвое больше, чем у ее ближайшего конкурента компании *JD.com*. Число активных пользователей платформы превышает 500 млн в месяц. Это один из 20 самых посещаемых сайтов в мире. Притягательная сила *Tmall* в том, что ее клиентами стали такие бренды как *Apple*, *Coca-Cola*, *Nike*, *Zara* и *L'Oreal*, китайские производители смартфонов *Xiaomi* и *Huawei*, бытовой электроники и техники – гигант *Haier*. Платформа использует и объединяет интеллектуальные технологии – анализ больших объемов данных, виртуальную и дополненную реальность для создания личного взаимодействия с потребителями как части их цифрового образа жизни. Для поддержания трафика постоянно проводятся многочисленные онлайн-мероприятия.

В дополнение к *Taobao* и *Tmall Alibaba* также оперирует веб-сайтом *Juhuasuan.com* – крупнейшим в Китае ресурсом оптовых закупок, ориентированным на продукты. Благодаря богатству других площадок *Alibaba* сайт привлек более 200 млн зарегистрированных пользователей, что сделало его мировым мегасайтом оптовой торговли. Общее количество продавцов, зарегистрированных на *Tmall*, *Juhuasuan* и *Taobao*, превышает 10 млн.

Масштабы *Alibaba* впечатляют: успешные *Taobao* и *Tmall*, цифровая платежная система *Alipay*, китайский сервис микроблогов *Weibo* – аналог Твиттера, социальная сеть обмена сообщениями *Laiwang*, система *Alibaba Cloud*, обслуживающая предприятия по настройке и обработке данных электронной торговли, которая принесла компа-

нии такой прирост доходов, что она обошла крупных игроков облачных вычислений – *Amazon*, *Microsoft* и *Google*. Этот список можно продолжить: цифровые видеослужбы – распространение в Китае голливудских блокбастеров, собственное производство кинофильмов студии *Alibaba Pictures*, топографическая съемка с привязкой к местности, финансовые и рекламные услуги *Alimama*, выстроенная логистическая система с доставкой заказов в течение 2 часов, а также медиапортфель, включающий южно-китайскую утреннюю почту и многое другое. Все это экосистема цифрового мира, созданная *Alibaba Group*. Недаром эксперты называют ее одной из самых сложных и прибыльных экосистем электронной розничной торговли в мире.

В июле 2016 г. *Alibaba* и Шанхайская корпорация производителей автотранспортных средств Китая (SAIC), объединившись, начали выпуск внедорожника *Roewe RX5*, в котором установлена операционная система для IoT – *AliOS*, разработанная китайским интернет-гигантом. Таким образом был создан первый интернет-автомобиль массового производства. Спустя год он стал одним из самых продаваемых в своем классе в Китае. Когда владельцев авто спросили о том, что повлияло на принятие решения о покупке, то 75% респондентов признались, что они отдали предпочтение *Roewe RX5* только потому, что он предоставляет им возможность подключения к Интернету. То есть главное, что привлекло потребителей к автомобилю – не дизайн или комфорт, мощность двигателя или надежность средств безопасности, а доступность мобильной

связи, которая позволяет легко интегрироваться с остальной экосистемой *Alibaba*. Все смартфоны, торговые площадки, платежные системы, видеослужбы, бытовая техника с поддержкой IOT, носимые устройства и автомобили связаны друг с другом в рамках одного всеобъемлющего цифрового погружения.

Если коротко охарактеризовать *Alibaba*, то она похожа на *Google*, *Amazon*, *Facebook*, *Twitter*, *eBay* и *Paypal* вместе взятые. Благодаря такому сочетанию компания заняла прочное положение, дающее ей возможность не только управлять цифровыми инновациями и трансформациями, но и продвигать их по всему миру.

## История успеха

Каким образом сравнительно небольшая по масштабам фирма, занимающаяся электронной коммерцией, так стремительно поднялась на вершину лестницы успеха? *Alibaba* грамотно и эффективно объединила различные области знаний, создала мощный конгломерат, который позволяет ей выдерживать самую жесткую конкуренцию. К факторам, обеспечивающим ее лидерские позиции, следует отнести:

- **гибкость бизнес-модели.** *Alibaba* создала расширяющуюся экосистему, которая дает ей возможность предоставлять множество разного рода услуг предприятиям во многих отраслях и странах, а также миллионам пользователей с невероятно широким спектром запросов и потребностей как внутри Китая, так и за его пределами, открывать все новые горизонты для развития;

- **надежность финансовой системы.** В компании с самого начала понимали, что в таинственном мире онлайн-транзакций на первом плане стоят доверие, прозрачность и справедливость. Ориентация на эти основополагающие принципы позволила *Alibaba* зарекомендовать себя самым надежным игроком на азиатских площадках электронной торговли;

- **нетрадиционная модель прибыли.** Потребители полагают, что быстрое восхождение компании на вершину успеха обеспечили не платные подписки и вступительные взносы, хотя и они сыграли свою роль, а инновационные подходы к ценообразованию;

- **наличие служб поддержки.** Пока конкуренты осознавали важность наличия собственной службы поддержки, *Alibaba* взялась за обеспечение и поддержание положительного опыта работы с клиентами. Благодаря своей комплексной структуре обслуживания она охватила весь мир;

- **внимание к целевой аудитории.** Каждое бизнес-решение, принимаемое *Alibaba*, и каждое новшество разрабатывается с учетом целевой аудитории. Компания вначале концентрируется на меняющихся потребностях клиентов, а затем предлагает им готовые решения. Обладая данными о покупательских предпочтениях миллионов пользователей, она применяет новейшие технологии для эффективного внедрения инноваций, опираясь на самые взвешенные и конструктивные отзывы клиентов;

- **интегрированная экосистема платформы.** *Alibaba* – это не просто платформа, а комплекс мно-

гочисленных взаимосвязанных и интерактивных площадок, которые обслуживают широкую и постоянно растущую аудиторию. Эта корреляция упрощает работу пользователей и помогает компании обеспечивать непрерывную цифровую связь по нескольким каналам и платформам.

Так в обобщенном виде выглядит формула smart-бизнеса *Alibaba*, объясняющая основу ее успеха и отражающая суть бизнеса будущего.

## Управление цифровыми инновациями и трансформацией

У китайцев популярно высказывание, которое можно перевести как «ходьба с крыльями», то есть быстрое движение вперед, чтобы получить новые возможности. Это один из постулатов, отражающий повседневную жизнь *Alibaba Group*. В последние годы компания уделяет много внимания автомобильному городскому транспорту, рассматривая автобусы и такси как «смартфоны на колесах» или как следующее мобильное приложение. По словам главного технического директора компании *Alibaba* Джеффа Чжана, «интеллектуальные операционные системы становятся вторым двигателем автомобилей, а данные – новым топливом». По его мнению, «электронная коммерция, финансовые платежи, логистика, развлечения – все это разные сценарии применения цифровых технологий, и они задействованы в экосистеме *Alibaba*». Компания проводит модернизацию в реальном времени, ее алгоритмы учитывают все дан-

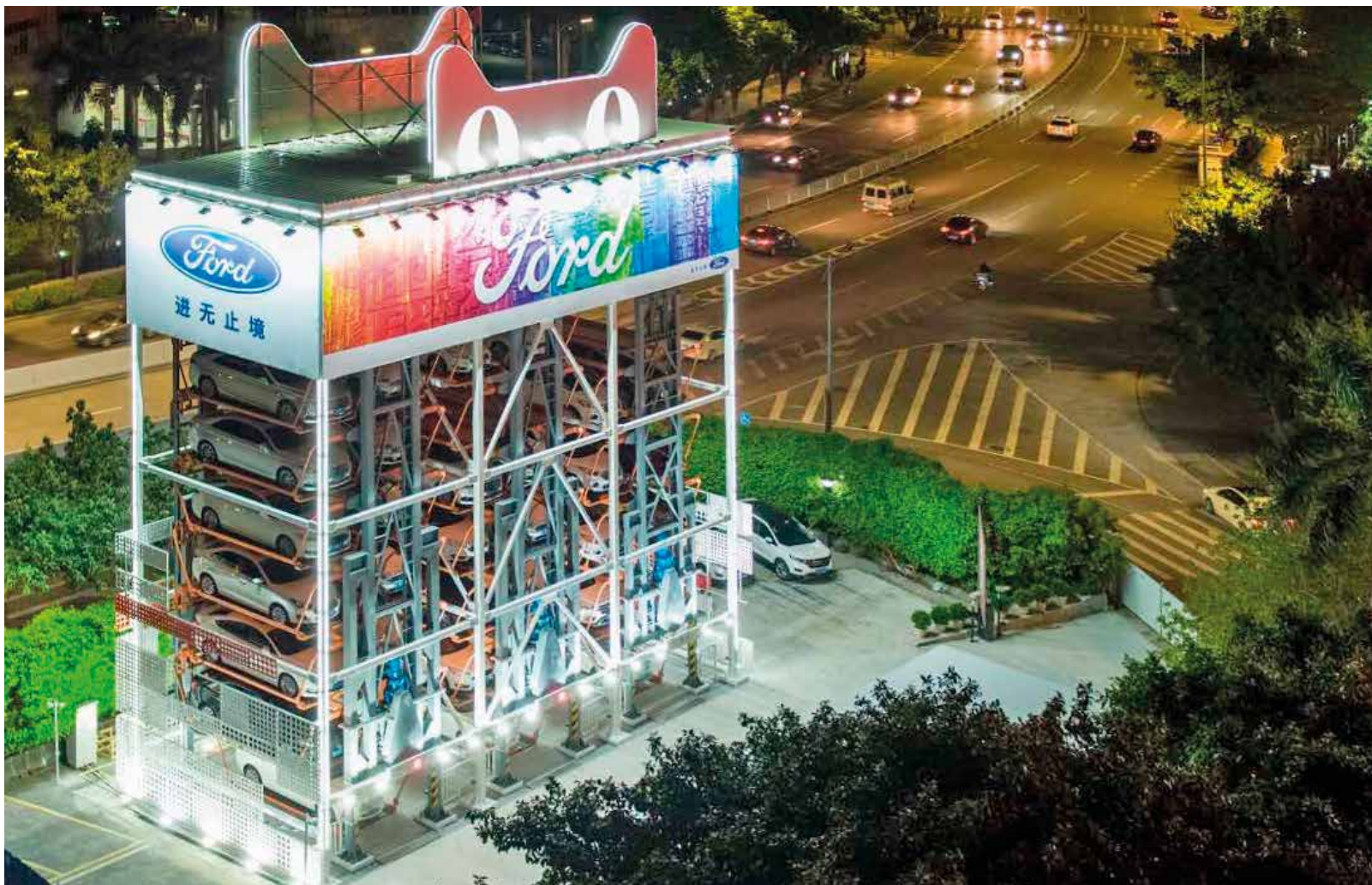


ные, получаемые от продуктов, платформ и пользователей. Ориентация на клиентов – «новое топливо» в мире связанной мобильности.

Благодаря наличию клиентской информации, *Alibaba* успешно применяет методы искусственного интеллекта, в том числе «глубокое» и «машинное» обучение, чтобы получить более полное представление о запросах, предпочтениях и поведении пользователей, а затем откликнуться на это продуктами и услугами, идеально соответствующими их пожеланиям. Опыт компании по обработке обшир-

ного сетевого трафика и огромного количества данных не держится в секрете. Только в День холостяков (крупнейшее в мире мероприятие по розничным продажам, аналог «черной пятницы» и «киберпонедельника») в 2017 г. за 24 часа компания получила 25,3 млрд долл. и рекордные 38,4 млрд долл. в 2019 г. За первые 68 секунд было продано товаров на 1 млрд. Процессоры компании обрабатывали 300 тыс. транзакций в секунду или более 15 млн в минуту без единой заминки. Примерно 90% этих транзакций были совершены с мобильных телефонов.

Управление цифровыми инновациями и преобразованием означает изучение совершенно новых областей. В 2017 г. *Alibaba* профинансировала два из трех ведущих стартапов в Китае, которые специализируются исключительно на распознавании лиц. Одним из примеров применения этой технологии стало автоматическое платежное обслуживание под названием «Улыбнись, чтобы оплатить», которое впервые было применено в системе *KFC* в восточно-китайском городе Ханчжоу. Чтобы внести плату за заказ в терминале самообслуживания, клиенту достаточно



улыбнуться в объектив 3D-камеры и ввести номер мобильного телефона, привязанный к кошельку *Alipay*. На сканирование лица уходит около 2 сек., за это время специальный алгоритм проверяет личность владельца кошелька и разрешает проведение сделки. Система распознает клиента даже при смене внешности, будь то другой цвет волос, парик или макияж. Кроме того, ее нельзя обмануть при помощи фото или видео: она учитывает тени и блики, чтобы исключить случаи мошенничества. Аналогичным образом клиенты *Pizza Hut* познакомилась с роботом-гуманоидом *Pepper*, который помог им сделать заказ и произвести оплату. Оказывается, компания *Alibaba* инвестировала более 100 млн долл. в производителя робота *Pepper*, японскую компанию *Softbank Robotics*, приобретя 20% ее акций.

В 2018 г. *Alibaba* вместе с американским автогигантом *Ford* запустили 5-этажный полностью автоматизированный центр для аренды автомобилей в городе Гуанчжоу на юге Китая. В системе под названием *Super Test-Drive Center* размещено более 40 новых автомобилей, она работает без участия людей через приложение *Tmall*. Человек выбирает модель машины, время, когда хочет ее забрать, вносит залог электронными деньгами и делает селфи, чтобы позже система могла его распознать. Пользователям платформ *Tmall* и *Taobao* достаточно просто выбрать автомобиль в мобильном приложении, пройти проверку личности и разрешить оплату через систему распознавания лиц, после чего транспортное средство выводится из торгового

автомата с помощью роботов. Весь процесс занимает менее 10 мин. Автомобиль можно арендовать на 3 дня, это форма краш-теста для потенциальных покупателей. Клиенты могут также купить автомобиль, сразу внося депозит в размере 10% его стоимости, а остальную сумму оплатить через филиалы *Alibaba*.

### Дальновидные амбиции

Компанию *Alibaba* сложно понять, если не учитывать провидческих амбиций ее основателя Джека Ма. Именно они помогли некогда безденежному учителю английского языка стать лидером в области технологий и самым богатым человеком в Азии, управляющим империей стоимостью свыше 600 млрд долл. По данным газеты *Washington Post*, Джек Ма – «крестный отец китайского предпринимательства», которому удалось заслужить преданность как сотрудников, так и клиентов своим искусством элегантно представлять товар. Он неоднократно высказывался о будущем и мотивациях, которые, по его мнению, должны сопровождать и продвигать технический прогресс: «Мы в компании *Alibaba* полагаем, что подобно тому, как Интернет революционизирует розничную торговлю, он сделает то же самое по отношению к таким отраслям как финансы, образование и здравоохранение, которые, по существу, управляются информацией. Считаю, что как только наступит такое изменение, как только мы все окажемся взаимосвязанными, дух равенства и прозрачности, являющийся самой сутью Интернета, позволит китайскому обществу переско-

чить в своем развитии к более сильной институциональной и социальной инфраструктуре».

Поскольку *Alibaba* преследует стратегию агрессивного глобального роста и технологических инноваций, Джек Ма часто напоминает своим сотрудникам, о том, что они обязаны быть добросердечными и делать что-то хорошее: «Старайтесь, чтобы все, что вы делаете, было нацелено на будущее». Он считает, что технология «должна поддерживать людей. Технология должна освобождать людей, а не подавлять их». Джек Ма предупреждает, что «глобальная торговля должна быть простой и модернизированной; она должна быть инклюзивной, чтобы у всех были одинаковые возможности. Следующее поколение глобализации должно быть инклюзивным».

Сможет ли компания Джека Ма сделать Китай и мир лучше, расширяя границы бизнеса, получить заявленные 1 трлн долл. в стоимостном выражении к 2020 г. и обслуживать 2 млрд клиентов в 2036 г. – покажет время. По мнению *Forbes*, если такое случится, то *Alibaba* станет пятой по величине экономикой мира, уступая первенство ВВП США, Китая, Японии и ЕС. Но уже сейчас *Alibaba Group* – компания, за развитием которой нужно внимательно следить и у которой следует учиться, особенно тому, как управлять цифровыми инновациями и преобразованиями. ■

Подготовила Тамара Чернышева  
по материалам

<http://innovationexcellence.com>  
<https://ria.ru/20191226/1562861665.html>  
<http://www.tadviser.ru/index.php>





# ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ —

КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ  
ЭКОНОМИКИ



## Елена Ходько,

доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
scurat2012@yandex.by

## Андрей Ходько,

магистрант кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого»;  
andrey18respect@mail.ru

УДК 621.31.005.412:338.445(476)

**П**олитика энергосбережения, проводимая в Республике Беларусь более 25 лет, нацелена на максимальное приближение к развитым государствам по уровню энергоемкости валового внутреннего продукта как главного энергетического критерия состояния экономики. Меры в области трансформации энергетики служат необходимым условием на пути прогресса страны, повышения благосостояния и качества жизни населения.

Ключевыми программными документами, задающими магистральные направления в этой области, являются Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (НСУР-2030) и Программа социально-экономического развития на 2016–2020 гг. [1,2].

В 2015 г. наша страна наряду с 193 государствами одобрила Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. и выразила ее решительную поддержку. Для реализации целей НСУР-2030 необходимы трансформация модели национальной экономики от административного к индикативному планированию, внедрение принципов «зеленой» экономики и инновационная эволюция нашей республики.

Стратегической целью развития промышленного комплекса Беларуси на период до 2030 г. намечено постепенное приближение показателей эффективности производства к среднему уровню стран Евросоюза.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы планомерного формирования устойчивого энергетического сектора Республики Беларусь. Определено, что основными направлениями энергосбережения в строительной сфере являются снижение уровня удельного энергопотребления зданий и сооружений, повышение эффективности использования энергоресурсов в жилищном фонде. Показано важнейшее значение энергоэффективности в достижении целей устойчивого развития экономики страны.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, энергоэффективность, энергоемкость валового внутреннего продукта, энергетическая безопасность.

**Для цитирования:** Ходько Е., Ходько А. Повышение энергоэффективности – ключевой фактор устойчивого развития экономики //

Наука и инновации. 2020. №8. С. 49–53.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-49-53>

Критериями качественных структурных преобразований должны стать:

- сокращение к 2030 г. в два раза разрыва производительности труда со средневропейским уровнем;
- повышение доли высокотехнологичного наукоемкого сектора в ВВП до 10%;
- снижение энергоемкости ВВП за 2016–2030 гг. на 35% [1].

По данным Международного энергетического агентства, в 2013 г. показатель энергоемкости ВВП Беларуси составил 0,19 т нефтяного эквивалента на 1 тыс. долларов (в ценах 2005 г.), снизившись вдвое по отношению к 2000 г. Аналогичный результат имеют Канада и Финляндия. Вместе с тем, энергоемкость ВВП в Республике Беларусь остается в 1,5 раза выше, чем в среднем в странах Организации экономического сотрудничества и развития, и в 1,2 раза выше мирового среднего уровня [3]. Для достижения показателя развитых стран необходимо обеспечить объем экономии топливно-энергетических ресурсов (в период 2015–2030 гг.) не менее 1 млн т условного топлива ежегодно.

В стране вырабатывается 67 млн Гкал тепла в год, из которых более трети (38,4%) отпускается населению [4], для чего требуется 3,3 млрд м<sup>3</sup> природного газа. Таким образом, в системе ЖКХ лежит огромный, едва ли не 50-процентный резерв экономии ТЭР. Сейчас в жилищно-коммунальном хозяйстве эксплуатируется более 3800 котельных, 2760 из которых (72%) работают на местных видах топлива, ведутся работы по модернизации и пре-

образованию этих объектов в мини-ТЭЦ с использованием биомассы.

Актуальным направлением энергосбережения в них является и перекладка теплосетей с целью замены труб на предизолированные, благодаря чему в 2011–2017 гг. потери тепловой энергии снизились с 19,5% до 11%; потери воды – с 22% до 16,5% [4].

В домах с числом квартир от 8 и более (ранее было от 20 квартир и более) ведется работа по оснащению мест общего пользования системами автоматического регулирования потребления тепловой энергии. С 2017 г. утвержден переход к расчетам за нее по приборам индивидуального учета тепла (там, где они установлены), в обязательном порядке осуществляется постоянный мониторинг их работоспособности.

Несмотря на то, что в среднем в год в Республике Беларусь строится порядка 4 млн м<sup>2</sup> новых квартир, в целом за последние 10–15 лет потребление тепловой энергии многоквартирного жилищного фонда остается неизменным. Это достигается не только за счет ввода в эксплуатацию энергоэффективного жилья, но и благодаря работе в существующем жилищном секторе, который составляет 178 млн м<sup>2</sup> (70%). При этом 90% многоквартирных домов, построенных до 1996 г., не являются энергоэффективными, 16% потребляют на отопление в среднем 161–200 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год, всего 9% домов расходуют менее 90 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год (табл. 1) [5]. В рамках проводимой социальной политики население оплачивает порядка 20% себестоимости тепловой энергии.

Потребление энергии		Год сдачи в эксплуатацию
кВт·ч/м <sup>2</sup> /год	%	
Более 200	11	Преимущественно отдельно стоящие деревянные здания
161–200	16	Преимущественно построенные до 1996 г.
121–160	40	
91–120	24	Преимущественно построенные после 1996 г.
Менее 90	9	

Таблица 1. Структура потребления энергии в жилищном фонде Беларуси, 2017 г.

Согласно результатам проведенного Всемирным банком исследования, для получения реального практического результата работу по снижению теплопотребления жилищного фонда следует проводить поэтапно, начав ее, в первую очередь, с наиболее неэнергоэффективных объектов, построенных до 1996 г. (порядка 28,4 млн м<sup>2</sup> с теплопотреблением 161–200 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год). Тепловую модернизацию таких

многоквартирных жилых домов экономически целесообразно осуществлять в процессе проведения их планового капитального ремонта, основной задачей которого должно стать доведение параметров удельного теплопотребления каждого здания до уровня не выше 90 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год.

В Беларуси с 2017 г. разрабатывается комплекс нормативно-правовых актов, предусматривающих привлечение средств населения при реализации энергоэффективных мероприятий в жилищном секторе – от установки индивидуальных систем учета и регулирования тепловой энергии до термомодернизации ограждающих конструкций зданий (утепления стен, замены оконных блоков и т.д.). Кроме того, в стране реализуется Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов. Намечено в течение 10 лет подготовиться к тепловой модернизации 30 млн м<sup>2</sup> жилья. Для реализации пилотного проекта выбран Минск, где в 65 домах будут проведены работы, включающие замену технологического оборудования, систем внутренних сетей, использование цифровых технологий в мониторинге потребления тепловой энергии.

Готовится нормативная база для осуществления в стране масштабных мероприятий по доведению потребления ТЭР в существующем жилом фонде не выше 90 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год [7].

Принято решение о строительстве с 2020 г. жилья только в энергоэффективном исполнении с потреблением ТЭР на отопление до 30–40 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год. В новых домах должны быть предусмотрены:

- *солнечная архитектура и оптимизация ограждающих конструкций по сопротивлению теплопередаче;*
- *учет и управление потреблением электрической и тепловой энергии;*
- *снижение теплопотерь путем перехода к precisely-вытяжной вентиляции с рекуперацией вентиляционных выбросов;*
- *уменьшение потерь тепловой энергии путем утилизации теплоты сточных «серых» вод;*
- *использование тепловых насосов (потенциал грунта, канализационные стоки);*
- *возобновляемые источники энергии (фотоэлектрические панели, гелионагреватели).*

В Беларуси есть положительный опыт в этой области: в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом в рамках Стратегии в области изменения климата, построены три современных энергоэффективных многоквартирных

жилых дома в Могилеве, Минске и Гродно. В них потребление на отопление и вентиляцию составляет от 15 до 23 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год вместо обычных 40–50 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год.

Например, дом в Гродно с несущими кирпичными стенами и с наружными из пенобетонных блоков имеет термическое сопротивление наружных стен  $R_t = 4,1 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$  (нормативное значение  $R_t = 3,2 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$ ). Энергосберегающее оборудование использует технологии рекуперации тепловой энергии вентиляционных выбросов, тепло земли, городского коллектора и «серых» стоков, которые позволяют обходиться без тепловой энергии на отопление, поступающей извне, в период, когда температура наружного воздуха не ниже  $-6 \text{ °С}$ . На торцевой стене и крыше здания установлено 296 солнечных панелей, расчетная мощность которых составляет 74 кВт при среднегодовой вырабатываемой ими мощности на уровне 13–14 кВт. Вся полученная электроэнергия, которая должна составить 64,5 МВт·ч/год, будет поставляться в общую сеть энергосистемы [8].

Анализ топливно-энергетического баланса разных стран показал, что нельзя делать ставку лишь на один вид энергогенерации. Экономически развитые государства, глядя в будущее, стремятся дифференцировать энергодбаланс на 3–4 соразмерных сегмента: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), АЭС, природный газ, местные ТЭР, то есть используют то, чем располагает регион, иногда – ископаемые виды топлива. По такому пути идет и Республика Беларусь: к 9,9 ГВт установленной электрической мощности Белорусской энергосистемы прибавит 2400 МВт с двух энергоблоков АЭС, а также до 2020 г. будет введено в эксплуатацию порядка 1000 МВт установок, использующих ВИЭ.

БелАЭС изменит пропорции потребления ТЭР. Согласно Концепции энергетической безопасности страны, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г. №1084, к 2030 г. предполагается следующая структура валового потребления ТЭР: жидкие топлива – 18%; атомная энергия – 12%; природный газ – 52%; ВИЭ – 8%, местные виды топлива – 10% [9].

С учетом ввода АЭС потребуются дополнительные меры для обеспечения баланса электрических мощностей объединенной энергосистемы Беларуси в ночные часы. Для этого предусмотрена реализация следующих технических и организационных мероприятий:

- *строительство электростанций для выработки тепловой энергии ночью;*

- *разработка проектов по организации теплоснабжения вновь вводимых жилых районов за счет электрифицированного и комбинированного обогрева;*
- *организация экспорта электроэнергии в ночные часы;*
- *применение для потребительских блокстанций дифференцированного по зонам суток тарифа на электроэнергию, а также перевод потребителей на такой тариф;*
- *создание энергоемких производств, которые будут работать в ночное время суток;*
- *зарядка аккумуляторов промышленного и городского электромобильного транспорта и др.*

Указом №493 Президента от 22.12.2018 г. «О некоторых мерах по повышению надежности белорусской энергосистемы» предусматривается реализация комплекса технических решений, в том числе строительство пиково-резервных энергоисточников, установка электростанций и возведение соответствующей инфраструктуры на объектах электроэнергетики, ЖКХ и др. Это позволит обеспечить надежность электроснабжения, балансирование энергосистемы в периоды максимального и минимального потребления электроэнергии; создать резерв мощности на случай аварийного отключения энергоблока Белорусской АЭС; повысить уровень энергетической безопасности и независимости страны. Кроме того, принятие этих мер будет способствовать недопущению остановки высокоэффективных конденсационных энергоблоков, обеспечивающих поддержание частоты в системе [10].

В конце 2015 г. Беларусь приняла участие в Парижской климатической конференции, на которой государства-участники договорились удержать прирост глобальной средней температуры на уровне ниже двух градусов Цельсия, прилагая усилия к ограничению ее роста в размере 1,5 градуса. Климатические обязательства по Парижскому соглашению предусматривают уменьшение выбросов к 2030 г. на 28% по сравнению с 1990 г., когда их эмиссия в нашей стране была на уровне 133 млн т CO<sub>2</sub>-эквивалента. Соответственно, необходимо, чтобы к 2030 г. их объем не превышал 96 млн т CO<sub>2</sub>-эквивалента.

Жилищный сектор потребляет порядка 50% топливно-энергетических ресурсов, и на него приходится порядка 10% выбросов CO<sub>2</sub> [11]. Реализация комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности в жилом многоквартирном фонде, построенном до 1996 г., позволит снизить энергопотребление в этих зданиях на 50%, или на 11,45 млн Гкал и сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 3,11 млн т ежегодно.



К инициативе ЕС «Соглашение мэров по климату и энергии» в Беларуси присоединились 45 городов-подписантов, в которых проживает около 40% жителей страны. Эти населенные пункты взяли на себя обязательства к 2030 г. сократить выбросы CO<sub>2</sub> до 20% и 30% на своей территории за счет увеличения эффективности использования энергии, увеличения доли ВИЭ в структуре энергоносителей, проведения у себя Дней энергии. Двенадцать городов Беларуси разработали Планы устойчивого энергетического и климатического развития.

Вместе с тем выявлены проблемы при реализации энергоэффективных мероприятий в многоквартирном жилищном фонде:

- *наличие кварталов жилой застройки 90-х годов XX века, требующих реконструкции более быстрыми темпами;*
- *необходимость увеличения фонда энергоэффективных домов;*
- *недостаточное применение экологически качественных технологий «зеленого градостроительства»;*
- *нехватка опыта и знаний в большинстве организаций для проектирования энергоэффективных зданий, а также недостаточный уровень профессиональной подготовки специалистов строительной сферы;*
- *незначительный объем инвестиционных ресурсов, привлекаемых в строительную отрасль;*
- *необходимость комплексного подхода в возведении зданий с использованием автоматизированной системы управления;*
- *неразработанность технической нормативной базы европейского уровня;*
- *слабые стимулы для инвестора (арендаторы, жильцы) и для бизнеса (застройщики, строители, ЖКХ);*
- *наличие перекрестного субсидирования со стороны государства, в результате чего население в большинстве своем не заинтересовано вкладывать собственные средства при уровне возмещения 20% себестоимости тепловой энергии;*
- *отсутствие системного мониторинга энергоэффективного исполнения жилых зданий и их энергоаудита;*
- *неимение рынка услуг по эксплуатации и обслуживанию зданий нового поколения.*

Таким образом, структурные преобразования в экономике, в том числе внедрение современных архитектурно-планировочных решений в строительной сфере исходя из критериев энергоэффективности, ресурсоэкономичности и экологичности,

позволят обеспечить энергетическую безопасность страны и снизить энергоемкость ВВП на 35% с 340 кг у т/млн руб. в 2015 г. до 220 кг у т/млн руб. к 2030 г. (в ценах 2005 г.) [1].

В арсенале государственной политики, направленной на повышение качества жизни населения, энергосбережение – один из важнейших путей формирования высокоэффективной экономики и достижения ключевого критерия конкурентоспособности страны – вхождения в тридцатку лидеров по индексу экономики знаний. ■

■ **Summary.** The article considers the issues of systematic formation of sustainable energy sector of the Republic of Belarus. The main areas of energy saving in the construction sector are: reducing the level of specific energy consumption of buildings and structures, increasing the efficiency of energy use in the housing stock. The critical importance of energy efficiency in achieving the goals of sustainable development of the country's economy is shown.

■ **Keywords:** sustainable development, energy efficiency, energy intensity of gross domestic product, energy security.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-49-53>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года // Экономический бюллетень НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. 2015. №4. С. 4–99.
2. Основные положения программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы. // <https://www.economy.gov.by/uploads/filds/Programma-2020.pdf>.
3. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы (в ред. Постановлений Совмина от 30.12.2016 №1128; от 26.12.2017 №1002, от 29.12.2018 №986) // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «Юр Спектр» Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2019.
4. Малашенко М. П. Главный принцип решения вопросов в области энергосбережения – экономическая выгода и целесообразность // Энергоэффективность. 2016. №9. С. 8–10.
5. Комментарии к проекту Указа Президента Республики Беларусь «О повышении энергоэффективности многоквартирного жилищного фонда» // Энергоэффективность. 2018. №10. С. 1–3.
6. Выработываются механизмы материального участия граждан в работе по энергосбережению // Энергоэффективность. 2018. №3. С. 4–5.
7. Возможности энергосбережения в сфере строительства огромны // Энергоэффективность. 2018. №6. С. 3–4.
8. В Гродно сдан энергоэффективный дом второго поколения // Энергоэффективность. 2017. №6. С. 7.
9. Богдан И. Развитие энергетики Республики Беларусь после ввода АЭС // Энергетика и ТЭК. 2018. №4. С. 8–12.
10. Строительство пиково-резервных энергоисточников, установка электродкотлов предусмотрены указом // Энергоэффективность. 2019. №1. С. 4.
11. Малашенко М.П. О перспективах использования возобновляемых источников энергии с учетом ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС // Энергоэффективность. 2019. №1. С. 2–4.

Статья поступила в редакцию 18.12.2019 г.

SEE [http://innosfera.by/2020/08/energy\\_efficiency](http://innosfera.by/2020/08/energy_efficiency)

# SMART-СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ АГРАРНОЙ ЭКОНОМИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Продолжение. Начало в №7 за 2020 г.



**Светлана Макрак,**  
докторант Института системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, кандидат экономических наук, доцент;  
[makraksv@inbox.ru](mailto:makraksv@inbox.ru)

УДК 631.152:631.3:338.43(476)

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по развитию теоретико-методологических основ комплексного формирования цифровой модели управления АПК, ориентированные на условия циркулярной экономики как глобального стратегического вектора мировой экономики, в части ресурсного менеджмента (ключевое внимание уделено материальным ресурсам). В рамках расширения сфер внедрения IT-технологий в АПК и формирования нового уклада структурированного управления через электронные экономические системы разработан макет дорожной карты освоения проекта «Smart-система управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве», в основу которого положены классические этапы его реализации (подготовительный, основной с обязательным научным сопровождением проекта и заключительный).

**Ключевые слова:** Smart-система управления, материальные ресурсы, цифровая экономика, аграрная экономика, циркулярная экономика.

**Для цитирования:** Макрак С. Smart-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь //

Наука и инновации. 2020. №8. С. 54–57.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-54-57>

В контексте перспективной подготовки концепции «Интеллектуализация агробизнеса» для Республики Беларусь нами предложена реализация пилотного инновационного проекта «Smart-система управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве». На основании изучения источников [1–9] автором выделены следующие его этапы: подготовительный, основной с обязательным научным сопровождением проекта и заключительный. Для их выполнения разработана дорожная карта (рис. 5), согласно которой предусмотрено множество этапов развития аграрной экономики в рамках расширения внедрения IT-технологий в агропромышленный комплекс и формирования нового уклада комплексного управления электронными экономическими системами.

► Цифровизация аграрной экономики (в узком понятии данной категории) — это современный инновационный тип экономического развития сельского хозяйства, в основе которого лежит интеграция физических и цифровых ресурсов в сфере производства сельхозпродукции через использование цифровых технологий сбора, хранения, обработки, преобразования и передачи информации. Этот этап предполагает реализацию 8 подэтапов:

- классификация информации о материальных ресурсах по группам: общего пользования в рамках страны и государств; доступного пользования в рамках отраслевых организаций; предназначенная только представителям власти; секретная информация, которая не подлежит разглашению;
- унификация и гармонизация систем документооборота для комплексного управления материальными ресурсами, используемыми в сельском хозяйстве;
- внедрение схемы взаимодействия информационных потоков о материальных ресурсах, в том числе схемы информирования населения о расходе ресурсов при производстве определенных видов сельскохозяйственной продукции, например, детского питания;
- создание автоматических запросов на закупку материальных ресурсов и автоматических заказов;
- утверждение перечня видов (классификация) возвратных отходов, которые должны быть задействованы в производственно-экономической деятельности, с указанием сроков и направлений их использования;
- применение систем зональной маркировки семян сельскохозяйственных культур; агропродукции и продуктов питания с учетом применяемых ресурсов и зон их возделывания и производства;
- формирование видео интернет-обзоров применения материальных ресурсов в сельском хозяйстве, например, сортов семян, видов минеральных удобрений;
- создание мобильных приложений по учету ресурсов в двух операционных системах: iOS от Apple и Android от Google.
  - ▶ Цифровизация национальной экономики (в узком понимании данной категории) – это современный инновационный тип экономического развития, в основе которого лежит интеграция физических и цифровых ресурсов в сфере производства продукции и услуг, их потребления на уровне государства. Этот этап предполагает наличие автоматизированного процесса, в том числе в режиме реального времени, обмена данными между сферами экономики; синхронизацию баз данных в секторах национальной экономики;
  - внедрение организационно-экономического механизма взаимодействия организаций с целью полноценного использования всего потенциала материальных ресурсов, задействованных в сельском хозяйстве;



Рис. 5. Дорожная карта реализации проекта «Smart-система управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве»

Примечание: рисунок составлен автором на основании собственных разработок



- разработка способов и схем сортировки уже использованных в сельском хозяйстве материальных ресурсов;
- автоматизация системы закупок материальных ресурсов, в том числе при использовании бюджетных средств;
- внедрение инструментов финансирования приобретения сельскохозяйственными организациями и организациями пищевой промышленности установок и оборудования по переработке возвратных отходов, в том числе за счет бюджетных средств;
- установление норм и нормативов по утилизации отходов, которые не могут вторично использоваться (перечень видов материальных ресурсов и сельскохозяйственной продукции с указанием качественных и (или) количественных характеристик, время и место утилизации; порядок реализации процедуры утилизации и др.);
- создание консолидированного бюджета по возмещению затрат на переработку отходов, а также транспортных расходов по их перемещению;
- разработка и регулирование тарифов на энергию, полученную сельскохозяйственными организациями при переработке прочей продукции животноводства, и проданную организациям разных форм хозяйствования;
- стимулирование использования альтернативных источников энергии хозяйствами всех категорий;
- создание инфраструктуры для устойчивого функционирования и для обеспечения устойчивой взаимосвязи и взаимодействия всех элементов системы: инженерная система; аппаратная система; компьютерное программное обеспечение работы аналитических систем, их мобильные версии, интерфейс приложений; комплекс информационной безопасности и защиты информации; справочники и рекомендации по пользованию программами и базами данных; электронные дорожные карты грузоперевозок материальных ресурсов и др.;
- обеспечение равного доступа сельскохозяйственных производителей к ИТ-компонентам и расширение катализаторов электронной экономики.
  - ▶ Электронный агробизнес (в том числе электронизация агропромышленного комплекса и внедрение роботизированных систем) — это качественно новая модель ведения бизнеса (в том числе с использованием концепции ERP/II) через структурированное управление знаниями, которая предполагает функционирование электронных экономических систем, способных облегчить труд человека посред-

ством автоматизации многих функций управления материальными ресурсами (автокорректировка плана поставки ресурсов в соответствии с изменением погодных условий и объемов производства, оплата за доставку ресурсов, определение сроков осеменения животных и др.), обеспечить снижение трудоемкости работ по погрузке и выгрузке минеральных удобрений, семян, кормов; максимальную переработку отходов. Данный этап включает следующие подэтапы:

- внедрение информационных платформ с ограниченной возможностью (в зависимости от категории пользователей) доступа к данным, включающим массивы структурированных данных, базы данных по хранению, сортировке, предоставлению (в том числе в режиме реального времени) как самой информации, так и результатов ее обработки;
- создание аналитических систем с закрытыми алгоритмами формирования электронных систем, в том числе информационное обеспечение принятия решений на основе сквозного учета баз данных и с учетом интегрального индекса биологической продуктивности климата;
- разработка систем автоматизированного утверждения подвижных норм и нормативов использования материальных ресурсов для разных зон при возделывании сельскохозяйственных культур и выращивании животных;
- самоорганизованная система закупок материальных ресурсов, корректирующая время поставки агрохимических ресурсов для отрасли растениеводства с учетом изменения природно-климатических условий;
- создание платежных систем в части многоуровневых взаиморасчетов за поставку материальных ресурсов, переработку отходов, реализованную сельскохозяйственную продукцию и др.;
- изменение менталитета людей и воспитание социальной модели сельского предпринимателя на принципах e-модели ведения бизнеса и внедрение доверия к электронным экономическим системам; расширение портрета e-потребителя сельскохозяйственной продукции.
  - ▶ Диджитализация и интеллектуализация роботизированных систем в сельском хозяйстве — революционный тип экономического развития (то есть выходящий за пределы формальной организации) с элементами, при котором будут функционировать системы с имитированными человеческими способностями, позволяющие скорректировать производственные программы и объемы внесения

минеральных удобрений, средств защиты растений, семян (в том числе генно-модифицированных), топливно-энергетических ресурсов, а также количество использованных ресурсов из вторичного сырья через обработку данных и принятие решений на основании создаваемого виртуального спроса на сельскохозяйственную продукцию с заданным количеством потребления солнечной энергии, агрохимических средств, материальных ресурсов в пересчете в эквивалент энергии; через стимулирование приобретения сельскохозяйственной продукции, которая произведена на базе ресурсов тех поставщиков, которые выбраны по определенным критериям (например, размер оказанной спонсорской помощи, поддержка и реализация экологических программ, использование вторсырья и др.). Нами предложены следующие подэтапы:

- *функционирование виртуальных организаций нового типа, в том числе временных, в аграрной отрасли, которые созданы на принципах краткосрочной аренды (или использования) основных производственных фондов и земельных ресурсов с целью производства сельскохозяйственной продукции с определенным набором материальных ресурсов и предполагающих отдаленное управление процессами полного обеспечения материальными ресурсами, сбыта и утилизации отходов;*
- *формирование кастомизированных потребностей на сельскохозяйственную продукцию с заданным количеством материальных ресурсов с использованием интернет-технологий на основе легомоделирования, например, с количеством использованной солнечной энергии, агрохимических средств, материальных ресурсов в пересчете в эквивалент энергии. Внедрение систем онлайн трансляции за процессами физического использования материальных ресурсов, в частности, кормов, в определенном хозяйстве;*
- *приобретение сельскохозяйственной продукции, которая произведена с использованием ресурсов тех поставщиков, которые выбраны по определенным критериям (например, размер оказанной спонсорской помощи, поддержка и реализация экологических программ, использование вторичных ресурсов и др.).*

С учетом глобальности проекта на первоначальном этапе следует реализовать пилотные задания в нескольких регионах с целью выявления возможных точек роста, а на последующих этапах адаптировать проекты для национальной экономики. Следует отметить, что внедрение подэтапов (цифровизация аграрной экономики и национальной экономики,

электронизация АПК и внедрение роботизированных систем, их интеллектуализация) могут осуществляться синхронно, с разной скоростью внедрения и периодом полного завершения.

Выполнение проекта позволит минимизировать неравенство развития между отраслями национальной экономики, обусловленное автоматизацией, электронизацией и глобализацией ее отдельных сфер; реализовать стратегии перехода к использованию рациональных моделей потребления; обеспечить население информацией и сведениями о развитии сельских территорий; внедрить инструменты мониторинга влияния ресурсов на устойчивое развитие АПК. ■

■ **Summary.** The article presents the results of research on the development of theoretical and methodological foundations for the integrated formation of a digital model of agro-industrial complex management, focused on the conditions of the circular economy as a global strategic vector of the world economy, in terms of resource management (key attention is paid to material resources). As part of the expansion of the areas of implementation of IT technologies in the agro-industrial complex and the formation of a new structured management system through electronic economic systems, a layout of the roadmap for the development of the project “Smart-system of material resources management in agriculture” was developed, which is based on the classical stages of its implementation (preparatory, basic with obligatory scientific support of the project and final).

■ **Keywords:** Smart-system management, material resources, digital economy, agrarian economy, circular economy.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-8-54-57>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балакин А. П. Инструменты повышения экономической эффективности инноваций в электросетевом комплексе на основе применения активно-адаптивных элементов сетей: дис. ... канд. экономич. наук: 08.00.05 / Рос. науч.-техн. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. – Смоленск, 2015.
2. Беляцкая Т. Электронная экономика: генезис и развитие. – Saarbrücken, 2014.
3. Беляцкая Т. Н. Электронная экономика: теория, методология, системный анализ. – Минск, 2017.
4. Беляцкая Т. Н., Князьков В. С. Методика построения индекса интеллектуальной подсистемы электронной экономики // Новая экономика. 2018. №3. С. 191–199.
5. Гусаков В. Г. Вызовы «Индустрии 4.0» и «Общества 2.0», или Рассуждения по поводу новой цифровой реальности // Наука и инновации. 2019. №12. С. 4–9.
6. Гусаков В. Г. Приоритеты современного развития экономики // Наука и инновации. 2020. №6. С. 4–9.
7. Гулин В. Н. Информационный менеджмент. – Минск, 2009.
8. Грабауров В. А. [и др.]. Информационные технологии. – Минск, 2003.
9. Ковалев М. М., Головенчик Г. Г. Цифровая экономика – шанс для Беларуси. – Минск, 2018.

Полный список использованных источников

 [http://innosfera.by/2020/08/smart-system\\_management](http://innosfera.by/2020/08/smart-system_management)

Статья поступила в редакцию 21.01.2020 г.



# ПРИНУДИТЕЛЬНЫЕ ЛИЦЕНЗИИ И ДОСТУП К ЛЕКАРСТВЕННЫМ ПРЕПАРАТАМ



**Сергей Лосев,**  
ведущий научный сотрудник  
Национального центра  
законодательства и правовых  
исследований Республики  
Беларусь, кандидат  
юридических наук, доцент

**Аннотация.** Статья посвящена анализу правовых аспектов возможного применения лекарственных препаратов, защищенных патентами, в интересах охраны общественного здоровья. Анализируя возможности применения принудительных лицензий, автор приходит к выводу о необходимости совершенствования норм патентного законодательства Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** патентное законодательство, исключительное право, патентная монополия, принудительное лицензирование.

**П**андемия COVID-19 критически остро ставит вопрос не столько о необходимости создания вакцин и лекарств против этого инфекционного заболевания – они обязательно будут созданы – сколько о последствиях получения патентов компаниями-разработчиками и, в первую очередь, о возможности приобретения этих препаратов всеми нуждающимися. Причем ситуация с доступностью лекарств от COVID-19 не будет уникальна, поскольку аналогичные проблемы существуют в отношении средств, применяемых для лечения ВИЧ-инфекции, гепатита С, туберкулеза, онкологических и иных смертельно опасных болезней.

Патент на лекарственное средство, предоставляя его обладателю исключительное право, позволяет устанавливать на него монопольно высокую цену и тем самым ограничивать его доступность для малоимущих пациентов. Примеры злоупотребления

патентными правами на фармацевтическом рынке многочисленны. К примеру, американская компания *Turing Pharmaceuticals* в 2015 г. за 50 млн долл. приобрела патентные права на препарат дараприм (*Daraprim*), который применяется для лечения токсоплазмоза у пациентов со слабой иммунной системой (ВИЧ-инфицированные, онкобольные и др.), и вскоре после этого повысила цену на него с 13,5 до 750 долл. В связи с этим для большинства нуждающихся в лечении данное средство стало недоступно, а производство аналогов – невозможно в связи с действием патентов на него [1].

Возникает проблема, являющаяся, на наш взгляд, основной для современного права интеллектуальной собственности – конфликт интересов обладателя исключительного права, желающего извлечь из своего патента максимальную коммерческую выгоду, и общества, жизненно заинтересованного в получении как можно более свободного доступа к защищенному патентом изобретению в целях обе-



спечения определенного общественного интереса. При этом наиболее остро проблема стоит в сфере защиты общественного здоровья; можно сказать больше: в этом случае праву патентообладателя на получение прибыли противостоит право человека на жизнь и здоровье.

21 апреля 2020 г. ООН была принята Резолюция «Международное сотрудничество в целях обеспечения глобального доступа к лекарствам, вакцинам и медицинскому оборудованию для противодействия COVID-19», одобренная единогласно, в которой представители стран мира призвали обеспечить доступность для всех будущей вакцины против коронавируса [2]. Три десятка общественных организаций, работающих в сфере улучшения доступа к фармпрепаратам, подписали открытое обращение к правительствам стран Восточной Европы и Центральной Азии, в котором призвали провести оценку действующего законодательства и при необходимости в срочном порядке внести изменения, наделяющие правительство и/или уполномоченные им органы правом принимать решения об использовании изобретений в интересах общественного здоровья и национальной безопасности без согласия патентообладателя с выплатой соразмерного вознаграждения [3].

Для Беларуси вопрос доступа к лекарствам актуален, поскольку, несмотря на наличие национальной фармацевтической индустрии и разработку отечественных лекарственных препаратов, в утвержденных клинических протоколах лечения инфекционных и онкологических заболеваний используются препараты, патенты на которые принадлежат зарубежным компаниям, при этом цены на них не всегда позволяют обеспечить лечением всех нуждающихся.

С юридической точки зрения, вопрос обеспечения доступности лекарственных средств, защищенных патентами, – это, в первую очередь, вопрос о допустимых ограничениях исключительного права патентообладателя, поскольку наличие такого права позволяет последнему в полной мере контролировать национальный рынок: пресекать несанкционированное производство аналогичных лекарственных средств (генериков) на территории действия патента, их ввоз из третьих стран, где выпуск возможен в силу отсутствия патента либо особенностей национального законодательства, не предоставлять лицензий третьим лицам и тем самым поддерживать монополю на оригинальный препарат.

Следует сказать о том, что проблематика ограничения патентной монополии давно и активно обсуждается юридической наукой. Как отмечают

правоведы, «... история развития исключительного права представляет собой противостояние правообладателей и общества, где первые постепенно отвоёвывают себе все большую территорию. Это противостояние актуально и сейчас» [4]; при этом «...перекос баланса интересов в пользу правообладателя и в ущерб интересам пользователя способен привести к утрате соответствующим правом своей моральной обоснованности, что, в конечном итоге, будет и не в интересах самих правообладателей» [5].

Механизмы ограничения патентной монополии разработаны и применяются давно. В аналитическом обзоре, подготовленном к 13-й сессии Комитета ВОИС по патентному праву (SCP/13/3), отмечается, что законодательству стран мира известны следующие ограничения прав патентообладателей:

- *использование, осуществляемое частными лицами в некоммерческих целях; в образовательных, экспериментальных или целях научных исследований; для государственных нужд;*
- *необходимость получения разрешения уполномоченного органа на применение фармацевтических препаратов (так называемое «положение Болар»);*
- *приготовление лекарственных препаратов по индивидуальным рецептам;*
- *реализация права преждепользования;*
- *использование защищенных патентных решений на транспортных средствах, следующих транзитом;*
- *различные виды принудительных лицензий [6].*

Анализ норм Закона Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» [7] позволяет сделать вывод о том, что предусмотренные в нем ограничения исключительного права патентообладателя можно подразделить на следующие группы:

1) допускаемые случаи свободного и бесплатного использования запатентованных объектов (абз. 1–5, 7–9 ст. 10);

2) допускаемые случаи использования запатентованного объекта без согласия патентообладателя, но при условии последующей выплаты ему компенсации (абз. 6 ст. 10);

3) допускаемая возможность для лиц, создавших тождественные решения независимо от патентообладателя, сохранить возможность их последующего использования – право преждепользования (ст. 39);

4) возможность истребования у патентообладателя возмездной лицензии на право использования охраняемого объекта в принудительном порядке (ст. 38);

5) возможность для любого лица продолжить использование защищенного патентом объекта, если использование (приготовление к использованию) имело место в период, когда патент временно не действовал – право послепользования (ст. 35).

В ст. 10 упомянутого Закона в числе действий, не признаваемых нарушением исключительного права, названо использование изобретения при чрезвычайных обстоятельствах (стихийные бедствия, катастрофы, аварии, эпидемии, эпизоотии и т.п.) с уведомлением патентообладателя о таком использовании в кратчайший срок и выплатой ему соразмерной компенсации. В первом приближении данная норма может быть применена для решения проблемы обеспечения необходимыми лекарственными препаратами – предоставляемой возможностью вправе воспользоваться любое лицо без необходимости получения судебного решения или решения уполномоченного государственного органа, при условии, что имеют место чрезвычайные обстоятельства, в данном случае – эпидемия. При этом, исходя из смысла ст. 36 Закона, использование может подразумевать как производство, так и ввоз генериков, изготовленных в третьих странах.

Но, к сожалению, в отношении лица, которое будет осуществлять такие действия, отсутствуют всякие гарантии: патентообладатель в любой момент может оспорить саму правомерность такого использования, его объем и продолжительность, а также не согласиться с предложенной ему суммой компенсации; более того, решение, которое вынесет суд по иску патентообладателя, не очевидно.

С точки зрения гарантий более предпочтителен вариант выдачи принудительной лицензии, поскольку лицо, в чьих интересах она предоставляется, понимает, в течение какого срока, в каких объемах и на каких условиях возможно использование защищенного патентом объекта. Поэтому обеспечение доступа к запатентованным лекарственным препаратам на условиях, приемлемых для национальной системы здравоохранения, видится именно в применении механизма принудительного лицензирования.

Такая практика имеет длительную историю – уже к концу XIX в. в патентных законах ведущих европейских стран содержались нормы о принудительных лицензиях [8]. Их главное назначение, как отмечают правоведы, состоит в пресечении попыток правообладателя воспрепятствовать своим исключительным правом развитию соответствующих сфер науки, техники ... либо блокировать деятельность конкурентов в этих сферах [9].

Основой для формирования института принудительного лицензирования первоначально были нормы Парижской конвенции по охране промышленной собственности (1883 г.), ст. 5А(2) которой гласит, что «...страна Союза имеет право принять законодательные меры, предусматривающие выдачу принудительных лицензий, для предотвращения злоупотреблений, которые могут возникнуть в результате осуществления исключительного права, предоставляемого патентом, например, в случае неиспользования изобретения» [10]. Тем самым документ изначально не ограничивал участвующие в ней государства в целях, для которых может использоваться механизм принудительного лицензирования, называя неиспользование запатентованного объекта в качестве одного из возможных случаев злоупотребления со стороны патентообладателя. При этом ст. 5А(4) предусмотрено, что «... принудительная лицензия не может быть потребована по причине неиспользования или недостаточного использования до истечения срока в четыре года, считая с даты подачи заявки на патент, или трех лет с даты выдачи патента, причем должен применяться срок, который истекает позднее; в выдаче принудительной лицензии будет отказано, если патентообладатель докажет, что его бездействие было обусловлено уважительными причинами». Однако нужно обратить внимание на то, что неиспользование или недостаточное использование изобретения названы в Парижской конвенции в качестве одних из возможных злоупотреблений, являющихся основанием для принудительного лицензирования. Как отмечает Г. Боденхузен в доктринальном комментарии к тексту Парижской конвенции, «... к другим случаям таких злоупотреблений можно отнести случаи, когда обладатель патента, хотя и использует его в конкретной стране, отказывается предоставить лицензии на разумных условиях и тем самым тормозит развитие промышленности, или же устанавливает чрезмерно высокие цены на свою продукцию» [13].

Возможности принудительного лицензирования, заложенные в Парижской конвенции, активно использовались отдельными государствами. В качестве примера можно привести Канаду, в которой в период с 1969 по 1992 г. было выдано 613 принудительных лицензий на импорт и производство лекарственных препаратов, что позволило обеспечить наиболее низкий уровень розничных цен на лекарства среди всех индустриальных государств [11].

Мировая практика выработала три основных вида принудительных лицензий: в отношении неиспользуемого или недостаточно используемого патента,

зависимого патента, а также лицензия, выдаваемая в общественных интересах [12].

Отметим, что отечественному законодательству известны два из них; в Законе «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» содержатся нормы, посвященные выдаче принудительной лицензии в связи с неиспользованием или недостаточным использованием объекта (п. 1 ст. 38) и в связи с невозможностью использования зависимого изобретения без нарушения другого патента (п. 2 ст. 38).

Ситуация существенным образом изменилась в связи с созданием Всемирной торговой организации и принятием Соглашения по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (Соглашение ТРИПС) [14]. В ряде исследований высказывается мнение о том, что последнее было заключено исключительно в интересах стран с высоким уровнем доходов и с экономикой, ориентированной на знания, поскольку именно такие страны являются нетто-получателями дохода за счет внедрения прав интеллектуальной собственности и экспорта соответствующей продукции [15].

В то же время в основных принципах, закрепленных в ст. 8 Соглашения ТРИПС, говорится о том, что «... при разработке или изменении своих законов и правил члены могут принимать меры, необходимые для охраны здоровья населения и питания и для содействия общественным интересам в жизненно важных для их социально-экономического и технического развития секторах, при условии, что такие меры соответствуют положениям настоящего Соглашения». Данный принцип представляется исключительно важным, поскольку именно в его контексте следует рассматривать те возможности ограничения исключительного права патентообладателя, о которых пойдет речь.

В статье 31 Соглашения ТРИПС механизм допустимого принудительного лицензирования был регламентирован более детально по сравнению с Парижской конвенцией, при этом были ужесточены условия его применения. Из наиболее существенных необходимо отметить следующие:

- *разрешение на принудительное использование должно основываться на индивидуальных характеристиках предмета;*
- *такое использование может быть разрешено только в том случае, если до его начала предполагаемый пользователь делал попытки получения разрешения от правообладателя на разумных коммерческих условиях, и в течение разумного периода времени эти попытки не заверши-*

*лись успехом. При этом в Соглашении ТРИПС сделана оговорка о том, что такое требование может быть снято членом в случае чрезвычайной ситуации в стране, или других обстоятельств крайней необходимости, или в случае некоммерческого использования государством;*

- *объем и продолжительность такого использования ограничиваются целями, для которых оно было разрешено;*
- *такое использование не является исключительным;*
- *разрешается в первую очередь для обеспечения потребностей внутреннего рынка;*
- *подлежит отмене при прекращении обстоятельств, послуживших основанием для его выдачи;*
- *правообладателю выплачивается адекватное вознаграждение.*

Несмотря на детальную регламентацию условий, при соблюдении которых возможно предоставление принудительных лицензий, Соглашение ТРИПС не ограничило государства – члены ВТО в определении целей, для которых используется механизм принудительного лицензирования, в связи с чем приведенные выше условия можно рассматривать как универсальные, в равной степени применимые при выдаче принудительных лицензий в связи с неиспользованием запатентованного объекта, в отношении зависимых патентов, а также в общественных интересах.

Дальнейшее развитие нормы ВТО получили в принятой в 2001 г. на Министерской конференции в г. Доха Декларации по вопросам Соглашения ТРИПС и общественного здоровья (Дохийская декларация), согласно которой «...Соглашение ТРИПС не должно препятствовать государствам-членам в принятии мер по охране общественного здоровья». В связи с целью охраны общественного здоровья в параграфе 5 (b) Декларации оговаривается право каждого государства выдавать принудительные лицензии и определять основания для выдачи таких лицензий [16]. Как отмечается в ряде исследований, принципиально важным является то, что, в отличие от Соглашения ТРИПС, в тексте Дохийской декларации термин «принудительные лицензии» упоминается напрямую [17] и подтверждается, что Соглашение ТРИПС может и должно быть истолковано и реализовано с учетом потребностей здравоохранения и возможностей для расширения доступа населения к лекарственным средствам [15].

Дохийская декларация стала поводом для пересмотра норм Соглашения ТРИПС, посвященных



принудительному лицензированию. 23 января 2017 г. вступила в действие ст. 31bis, согласно которой государства – члены ВТО вправе выдавать принудительные лицензии в целях производства и последующего экспорта лекарственных средств в другие страны, относящиеся к категории наименее развитых и не имеющие своей фармацевтической промышленности. Беларусь не входит в число таких государств, однако, имея свою фарминдустрию, вполне может воспользоваться механизмом, закрепленным в упомянутой статье, для выдачи принудительных лицензий на производство генериков, предназначенных на экспорт в беднейшие страны мира. Однако такая возможность будет существовать лишь в том случае, если в национальном патентном законодательстве будет предусмотрено такое право.

Принятие Дохийской декларации активизировало принудительное лицензирование, связанное с лекарственными препаратами. За период с 2002 по 2019 г. 21 страна воспользовалась этим механизмом; при этом в Индонезии были выданы принудительные лицензии сразу в отношении 7 лекарств, в число которых вошли не только противовирусные для лечения ВИЧ и гепатита С, но и противораковые средства [17].

Пандемия COVID-19, как представляется, активизирует этот процесс. Так, 19 марта текущего года правительство Израиля приняло решение о предоставлении принудительной лицензии на ввоз в страну генерика противовирусного препарата калетра (*Kaletra*) в целях лечения больных с коронавирусом, несмотря на то, что производитель оригинального препарата – компания *Abb Vie Inc.* – имеет патент, срок действия которого заканчивается в 2024 г. Основанием для этого, как отметил в своем выступлении министр юстиции Израиля, является то, что патентообладатель и официальный импортер не могут обеспечить поставку необходимого количества этого лекарства в связи с возросшим спросом [18].

Следовательно, выдача принудительных лицензий на использование лекарственных препаратов, защищенных патентами и в связи с этим недоступных для определенных категорий пациентов, – это работающий механизм, допускаемый правилами ВТО. Но у его применения есть активные противники, как правило, представляющие интересы мировых фармацевтических компаний. Основные аргументы «против» состоят в том, что принудительное лицензирование, подобно революционной экспроприации, лишает их значительной части прибыли, которую они могли бы направить на новые иссле-

дования, что в результате негативно влияет на возможности разработки новых лекарств.

Однако этот аргумент следует оценивать критически. Согласно статистической информации, представленной Программой развития ООН, расходы фармацевтических компаний США на маркетинг своей продукции практически вдвое превышают расходы на НИОКР. К тому же, такие фирмы заинтересованы в производстве препаратов для платежеспособных рынков и концентрируют свое внимание на заболеваниях, распространенных в развитых странах [15].

Как отмечается в исследовании, опубликованном в американском академическом издании «Право и бионауки», из числа патентов, выданных в США на лекарственные средства за период с 2005 по 2015 г., 78% было получено на уже известные препараты, представленные в виде новых форм и композиций [19]. Можно сказать больше: количество патентов на по-настоящему новые лекарства невелико и постоянно уменьшается. Одновременно с этим общее число патентов на фармацевтическую продукцию исчисляется тысячами, хотя выдаются они зачастую на слегка видоизмененные варианты уже существующих препаратов [15].

Теперь обратимся к юридической стороне вопроса. Согласно норме п. 1 ст. 38 Закона Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы», при неиспользовании или недостаточном использовании патентообладателем изобретения, полезной модели, промышленного образца в течение трех лет с даты публикации сведений о патенте любое физическое или юридическое лицо, желающее и готовое ввести их в гражданский оборот, в случае отказа патентообладателя от заключения лицензионного договора на условиях, соответствующих установившейся практике, может обратиться в суд с заявлением о предоставлении ему принудительной простой (неисключительной) лицензии.

Как видно, отечественный законодатель допускает возможность принудительного лицензирования только по указанной причине. Очевидно, что эта норма не применима в ситуации, когда новые лекарственные средства либо номинально представленные на рынке недоступны большинству пациентов в силу высокой цены.

Более того, отечественная судебная практика рассмотрения дел, связанных с истребованием принудительной лицензии, свидетельствует о проблемах, которые могут возникнуть при доказывании заинтересованным лицом недостаточности использова-

ния. Толкуя это понятие, суд при вынесении решения в отношении спора, являющегося для нашей страны прецедентным, ограничился формальным доказательством фактов предложения к продаже и закупки для нужд стационарных лечебных учреждений лекарственного средства, изготовленного на основании патента, и не стал оценивать возможность его реального приобретения для населения через аптечную сеть, в том числе в связи с его высокой стоимостью [26].

Значимость принудительного лицензирования как инструмента получения правомерного доступа к новейшим научно-техническим достижениям в свое время нашла отражение в Стратегии Республики Беларусь в сфере интеллектуальной собственности на 2012–2020 гг. В ней отмечалось, что в области промышленной собственности требуют развития нормативное регулирование и практика использования механизмов принудительных лицензий в отношении технологий, имеющих приоритетное значение для развития здравоохранения, энергосбережения и других общественно значимых направлений деятельности, что предполагает как создание условий для более широкого применения существующего вида принудительных лицензий, так и возможное закрепление в законодательстве иных видов принудительных лицензий [20].

Однако практическая реализация этого программного положения представляется недостаточной. Очевидно, что в отечественном патентном праве не задействованы все имеющиеся возможности, которые допускаются международными стандартами и распространены в других странах. В первую очередь это относится к принудительным лицензиям, выдаваемым в общественных интересах.

Термин «общественный интерес» представляется достаточно условным, а его применение связано с желанием апеллировать к ст. 8 Соглашения ТРИПС. Достаточно распространенным в зарубежном законодательстве является термин «ограничение прав патентообладателей в интересах национальной безопасности».

Необходимость применения такого механизма в нашей стране неоднократно отмечалась в работах отечественных правоведов [21, 22]. Как представляется, необходимость включения норм, посвященных данному виду принудительных лицензий, в патентное законодательство Беларуси, а также ключевые аспекты их выдачи должны найти отражение в разрабатываемой в настоящее время под эгидой Госкомитета по науке и технологиям новой Стратегии Респу-

блики Беларусь в сфере интеллектуальной собственности на период до 2030 г.

Вопрос о том, какие случаи должны охватываться понятием «обеспечение национальной безопасности», подробно исследовался юридической наукой [23, с. 12–13]; в числе прочего это понятие охватывает вопросы охраны общественного здоровья. Тем не менее, правоприменительная практика свидетельствует о необходимости большей конкретизации этого термина. Показателен законодательный опыт Российской Федерации. Действующая норма ст. 1360 Гражданского кодекса РФ предусматривает возможность Правительства принять решение, разрешающее использование изобретения, полезной модели, промышленного образца в интересах национальной безопасности с выплатой патентообладателю соразмерной компенсации, что по своей природе является принудительной лицензией, предоставляемой в административном порядке. В настоящее время на рассмотрении Государственной Думы находится законопроект, предполагающий изложение этой статьи в новой редакции [24]. Суть предлагаемых изменений состоит в том, что, во-первых, охрана жизни и здоровья граждан прямо называется в числе причин предоставления принудительной лицензии, и, во-вторых, методика определения компенсации патентообладателю и порядок ее выплаты будут утверждаться Правительством Российской Федерации.

При выборе варианта принудительной лицензии в общественных интересах, по нашему мнению, предпочтение должно быть отдано именно административному порядку ее выдачи. Как отмечается в исследовании [17], большинство из выданных в мире принудительных лицензий в отношении препаратов для лечения ВИЧ-инфекции, гепатита С и онкологии были предоставлены именно правительством (или правительственными учреждениями); это связано с тем, что данная процедура значительно проще и быстрее, чем судебный процесс.

Мировая практика в этом отношении различна: решение принимается либо правительством, либо уполномоченным государственным органом, к числу которых может относиться и патентное ведомство. Моделируя нормы о принудительной лицензии, выдаваемой в интересах национальной безопасности, которые должны быть включены в Закон Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы», таким образом целесообразно определить Совет Министров, что позволит обеспечить координацию позиций заинтересованных ведомств.

Особого внимания заслуживает вопрос об определении размера вознаграждения, устанавливаемого в условиях принудительной лицензии. В исследовании Всемирной организации здравоохранения и Программы развития ООН, посвященном этой тематике, справедливо отмечается, что понятия «разумные коммерческие условия» и «адекватное вознаграждение» не определены в Соглашении ТРИПС, в связи с чем практика государств в этом вопросе существенно отличается [25]. Согласно рекомендациям, разработанным ВОЗ совместно с ПРООН, ставки роялти при принудительном лицензировании лекарственных препаратов должны определяться в пределах до 6% отпускной цены генерика [25]. В документе предложено несколько возможных методик расчета, включая специально разработанную «многоуровневую модель роялти», которая определяет его глобальную базу на основе цены продукта в наиболее богатых странах, а затем корректирует ее относительно способности конкретного государства платить за медикаменты, оцениваемой на основе таких показателей как ВВП и доход на душу населения [25].

При этом следует отметить, что термин «вознаграждение» более предпочтителен, чем «компенсация», поскольку не ассоциируется с нарушением исключительного права и не дает оснований привязывать его к потенциальным убыткам патентообладателя.

Как отмечается в специальных исследованиях, применение механизма принудительного лицензирования в отношении лекарственных препаратов позволяет создать условия для лечения опасных заболеваний путем предоставления оптимального стандарта терапии максимальному количеству пациентов, обеспечить экономию средств государственного бюджета, направляемых на закупку лекарств, а также стимулировать национальную фармацевтическую промышленность, которая получает не только государственные заказы на производство генериков, но также и легальную возможность осваивать выпуск современной фармпродукции [17].

Таким образом, принудительное лицензирование является легальным инструментом преодоления патентной монополии, позволяющим решать проблемы доступности лекарственных средств, защищенных патентами, обеспечивая пациентов их генерическими аналогами, произведенными или импортированными из третьих стран. Такой механизм допускается правилами ВТО. При этом ее члены имеют большую свободу в формулировке собственного законодательства в данной сфере при условии

соблюдения базовых положений Соглашения ТРИПС. В мире нарабатана значительная практика принудительного лицензирования в отношении лекарственных препаратов. Существуют примеры судебных и правительственных решений с обоснованием необходимости такого лицензирования, а также методики определения размера роялти, выплачиваемого патентообладателю при выдаче принудительной лицензии.

Однако в патентном законодательстве Республики Беларусь отсутствуют правовые нормы, позволяющие правительству выдавать принудительные лицензии в интересах национальной безопасности, и в частности, в целях защиты общественного здоровья, что может стать существенным препятствием в решении проблемы борьбы с эпидемиями и другими опасными болезнями. В связи с этим Закон Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» должен быть дополнен нормами, посвященными данному виду принудительных лицензий. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкрели Мартин / Википедия // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шкрели\\_Мартин](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шкрели_Мартин).
2. Новости ООН / Организация объединенных наций // <https://news.un.org/ru/story/2020/04/1376562>.
3. Открытое обращение общественных организаций, работающих в сфере улучшения доступа к лекарствам, к правительствам стран Восточной Европы и Центральной Азии / Международная коалиция по готовности к лечению. Восточная Европа и Центральная Азия // <https://itpcru.org/2020/04/14/otkrytoe-pismo-ispolzovanie-patentov-pravitelstvom-na-fone-epidemii-covid-19/>.
4. Назаров А.Г. Пределы осуществления исключительного права на результаты интеллектуальной деятельности. – М., 2016.
5. Калятин В.О. Законодательство об интеллектуальной собственности XXI века: тенденции развития // Право. Журнал Высшей школы экономики. 2011. №3. С. 55–65.
6. Exclusions from Patentable Subject Matter and Exceptions and Limitations the Rights/ SCP/13/3 / Всемирная организация интеллектуальной собственности // [http://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/en/scp\\_13/scp\\_13\\_3.pdf](http://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/en/scp_13/scp_13_3.pdf).
7. О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы / Закон Республики Беларусь от 16.12.2002 г. №160-3 // КонсультантПлюс. Беларусь. – Минск, 2020.
8. Пиленко А.А. Право изобретателя. – М., 2001.
9. Зенин И.А. Исключительное интеллектуальное право (право интеллектуальной собственности) как предмет гражданского оборота // Проблемы российского права интеллектуальной собственности. – М., 2015. С. 36–58.
10. Парижская конвенция по охране промышленной собственности // КонсультантПлюс. Беларусь. – Минск, 2020.
11. Jerome H. Reichman. Non-voluntary Licensing of Patented Inventions / International Centre for Trade and Sustainable Development // [https://www.ictsd.org/sites/default/files/downloads/2008/06/cs\\_reichman\\_hasenzahl.pdf](https://www.ictsd.org/sites/default/files/downloads/2008/06/cs_reichman_hasenzahl.pdf).

Полный список использованных источников

 [SEE http://innosfera.by/2020/08/cjmpulsory\\_licenses](http://innosfera.by/2020/08/cjmpulsory_licenses)



# Человеческий фактор инноватки



**Александр Brass,**

доцент кафедры государственного строительства и управления Академии управления при Президенте Республики Беларусь, кандидат экономических наук, доцент

**Аннотация.** *Исследуются механизмы мотивации инновационной деятельности, способные стимулировать персонал не только к работе в целом, но прежде всего к инициативности, желанию трудиться, совершенствованию профессионального уровня и повышению общей эффективности предприятия.*

**Ключевые слова:** *инновационный процесс, компетенции, воображение, управляемость.*

**В** Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития нашей страны, принятой в 2017 г., среди главных факторов достижения базовых целей общества и государства выделены человеческий и инновационный потенциалы [1]. Они немислимы друг без друга, поскольку, с одной стороны, невозможно проводить инновационные преобразования без опоры на человеческие знания, воображение и активные действия, с другой — развитие человеческого потенциала возможно только в условиях постоянного инновацион-

ного процесса. Но для участия в нем человек должен обладать следующими качествами:

- *необходимыми компетенциями;*
- *воображением, достаточным для того, чтобы представить себе возможность существования чего-то иного, отличного от привычного, и любознательностью. Это необходимо для поиска иных точек зрения на устройство окружающего мира, структуры и технологии производства, бизнеса, управления и социальных отношений;*
- *способностью иметь свою точку зрения и отстаивать ее до момента принятия решения. Но если оно принято, это означает окончание всех дискуссий, и человек, даже не соглашаясь с ним, не занимается саботажем и использует все свои компетенции и энергию для его реализации.*
- *заинтересованностью в участии в процессах инновационного развития и получении результатов (рис. 1).*

Разберем обозначенные позиции более подробно.

## КОМПЕТЕНЦИИ

Производственная (в самом широком понимании этого слова,

например, наука — это производство знаний) и непроизводственная (личная) жизнь человека, ее благополучие во многом определяется существующими у него компетенциями. Все их множество, в общем-то, достаточно условно, так как все они «умещаются» в одном человеке и переплетаются между собой, можно разделить на:

▶ профессиональные, позволяющие человеку выполнять свои должностные обязанности на требуемом уровне качества;

▶ цифровые (электронные), дающие возможность использовать в трудовой и личной жизни современные электронные гаджеты;

▶ «мягкие», способствующие эффективной коммуникации с другими людьми, достижению своих целей при сохранении позитивных отношений с ними, занятиям селф-маркетингом, повышению своей стоимости на рынке труда и т.д.;

▶ «зеленые» (экологические), гармонизирующие отношения людей с естественной средой обитания и обеспечивающие их стремление и умение отдавать природе столько же богатств (не путать с мусором), сколько они у нее взяли. Если человек занимается ловлей рыбы в реке, то он должен заботиться о ее сохране-

нии, например, запуская в нее мальков;

▶ инновационные, которые выражаются:

■ *в умении человека работать с информацией, то есть воспринимать сведения, противоречащие его мировоззрению, не отталкивая их и не утверждая: «Этого не может быть, потому что не бывает никогда»; изменять свое общечеловеческое и профессиональное мировоззрение в соответствии с новыми знаниями;*

■ *в способности к проактивной адаптации. Это выражается в умении не только адаптироваться к условиям окружающего мира, но и меняться раньше, чем внешняя среда. Как отметил один из героев фильма Джефа Мерфи, «удача сопутствует подготовленным».*

## ВООБРАЖЕНИЕ

Одно из золотых правил жизни Альберта Эйнштейна гласит, что воображение важнее знаний, так как знание — это всегда прошлое, а воображение обращено в будущее [2]. Именно оно обеспечивает прогресс человечества. К сожалению, наше образование всех уровней стремится



Рис. 1. Необходимые качества для участия в инновационной деятельности

дать человеку знания, но мало заботится о развитии его воображения и любознательности. Хотя, как отмечала профессор Гарвардской школы бизнеса Франческа Джино, «тяга к познанию, изучению возможностей и получению нового опыта заложена в каждом из нас» [3].

## УПРАВЛЯЕМОСТЬ

С одной стороны, легче всего управлять теми, кто не имеет собственных целей, не знает, чего в действительности хочет, не склонен анализировать информацию, особенно если она исходит от руководства или какой-либо солидной организации, например, банка [4]. Проблема в том, что такие люди не стремятся к собственному развитию. С другой стороны, активные и целеустремленные всегда полны идей и согласны участвовать в их реализации, не особо считаясь с затратами своих усилий и времени. Но вместе с тем они не отличаются послушанием. Все управленческие воздействия они пропускают через призму своих знаний, желаний и устремлений, и если происходит нестыковка, то распоряжения вышестоящего начальства активно или пассивно такими сотрудниками отторгаются. Поэтому у руководства всегда есть дилемма: брать на работу послушных, но мало к чему стремящихся, или людей с активной жизненной позицией, но управляемых путем обращения к их совести и профессионализму, а не с помощью прямых указаний.

## ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ

В модели «поле сил» Курта Левина [5] утверждается, что на любой социальный объект действуют два вида сил: препятствующие изменениям и побуж-

дающие к ним. Соответственно, можно утверждать, что на человека, участвующего в инновационной деятельности, также действуют силы как позитивные, подталкивающие его к участию в создании и внедрении инноваций, так и препятствующие этому – негативные силы. И те и другие могут находиться как внутри человека, так и вне его.

К внутренним позитивным силам можно причислить:

- любознательность и стремление человека познать, попробовать нечто новое в трудовой жизни;
- осознание того, что инновации могут принести определенные выгоды (повышение материального вознаграждения, карьерное продвижение, рост имиджа как специалиста и новатора).

К внутренним негативным силам относятся:

- общий консерватизм большинства людей, проявляющийся в стремлении создавать для себя зоны эмоционального комфорта, прежде всего там, где проводится максимальное количество времени — дома и на работе. Для этого прилагается много усилий, и поэтому естественно желание пребывать в них как можно дольше. Выход из зоны комфорта — путь в неизвестное, чего многие стараются избежать, апеллируя к необходимости сохранять стабильность и верность традициям. А инновационные преобразования — это практически всегда нарушение привычного уклада, связанное с приобретением новых компетенций, знакомством с новыми людьми, выстраиванием отношений с ними, социализацией в изменившемся коллективе;

- ориентация людей на ценности прошлого, в результате чего их поведением начинают управлять невозвратные издержки прошедших периодов [6]. Это проявляется в различных сферах нашей жизни:
- в личных отношениях, которых фактически уже нет, но не прекращаемых, поскольку им отдано много сил, времени и эмоций;
- в домашнем хозяйстве и личных финансах, когда, например, жалко выбросить старый пиджак, который вывозится на дачу, где таких собрано штук десять, причем некоторые – наследство любимого дедушки;
- в организационном управлении, когда основным аргументом при принятии решений о вложении средств в очевидно неэффективный проект является утверждение: «Мы что, напрасно столько сил и денег в это вложили?» – вместо признания, что он уже давно утратил свою актуальность (появились новые технологии, материалы, изменились предпочтения потребителей и т.д.), и чем раньше организация прекратит его финансирование и направит деньги на нечто другое, тем для нее будет лучше;
- в трудовых отношениях, когда мы понимаем, что что-то изменилось: работа не приносит былого удовлетворения, отношения с руководством и некоторыми коллегами начинают больше напрягать, чем доставлять позитивных эмоций. Но при этом не предпринимаем каких-либо действий для того, чтобы что-то изменить (уйти в другое подразделение или другую организацию), вспоминая, как раньше



здесь было хорошо, сколько сил потрачено на выстраивание отношений, на то, чтобы наработать необходимые компетенции и стать признанным профессионалом. Но чем раньше человек скажет: «Все, хватит. Пора уходить», — тем лучше будет для его здоровья и тем больше времени появится для того, чтобы опять стать специалистом, в профессионализме которого никто не сомневается;

- разное восприятие большинством людей благ, получаемых в настоящем и в будущем (десять рублей, заработанные сегодня, ценятся ими выше, чем возможность получить одиннадцать рублей завтра), то есть ценность (полезность) любого блага дисконтируется для человека во времени [7]. А участие в инновационной деятельности требует от него увеличивать свои сегодняшние издержки ради возможного, но не обязательного роста получаемых благ в будущем. Большинству людей это не интересно.

К числу внешних факторов, которые могут как подталкивать человека к участию в инновациях при их грамотном использовании, так и препятствовать этому в случае неграмотного применения, можно отнести:

**методы административного воздействия**, которые обязывают сотрудника участвовать в инновационных разработках в силу его должностных функций;

**блага** (это не обязательно деньги), получаемые работником в процессе создания, внедрения и коммерческого освоения новшеств, а также предоставляемые в будущем при условии получения организацией позитивного эффекта от инновационной деятельности;

**эмоциональное, обращенное к чувствам**, а не разуму информирование людей как о пользе инноваций для мира, государства, предприятия и конкретного человека, так и об отрицательном влиянии отсутствия инноваций на экономику страны, положение фирмы и заработную плату. Понимание важности этого демонстрирует компания Apple, где каждый новый сотрудник получает письмо следующего содержания: «У вас есть работа, и это работа всей вашей жизни. Ни одна деталь этой работы не должна ускользнуть от вашего внимания. В этой работе вы никогда не должны идти на компромисс. Ради этой работы вы должны быть готовы пожертвовать выходными. Такую работу вы будете выполнять в Apple. Люди приходят сюда не для того, чтобы оставаться в зоне комфорта. Они приходят, чтобы идти до конца. Они хотят, чтобы их работа что-то подарила миру. Что-то большое. Что-то невозможное в других компаниях. Добро пожаловать в Apple» [8].

Необходимо учитывать, что любой из этих факторов может проявляться как в позитивной, так и в негативной форме; а получив преломление через внутренний мир человека (его мозг, как утверждают нейроэкономисты), они превращаются во внутренние факторы инноватики.

Казалось бы, наиболее простой способ обеспечения участия человека в инновационной деятельности — это издание необходимых внутренних нормативных актов (приказов, распоряжений, обновление существующих положений и регламентов). Однако при их использовании необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- с помощью административных воздействий можно заставить

работника выполнять пронормированные действия, приводящие к хорошо измеримому в качественном и количественном аспектах результату, чего в принципе нет в инновационной деятельности;

- нормотворчество может либо очень четко регламентировать действия сотрудника, что вряд ли возможно в инноватике, либо лишь только ставить цели, оставляя ему большой простор при выборе средств и методов их достижения. Но если человек не видит смысла в инновационных изменениях, то и активно участвовать в них он не будет, находя для этого множество «отмазок». Самая простая из них: «Объясните, что конкретно и как нужно делать». Если на такое обращение не получен развернутый ответ, то дальше следует: «Приказы издавать может каждый, но хотелось бы, чтобы кто-то рассказал, как их исполнять». При этом, разумеется, работник на словах будет всячески поддерживать все инновационные начинания, исходящие от руководства. Таким образом было загублено достаточно много инновационных проектов;
- инновационная деятельность требует больших затрат — финансовых, материальных, временных, интеллектуальных и т.д. Если основным средством побуждения к участию в инновациях являются административные акты, то в них должны быть указаны ресурсы, которые планируется затратить на инновационную деятельность, и их должно хватить;
- использование методов административного воздействия предполагает создание действенной системы контроля,

*что всегда требует затрат, но редко приближает к достижению цели. Причем он может быть эффективным только в том случае, если ориентирован не столько на наказание, сколько на оказание людям помощи в решении существующих у них проблем. Например, если человек постоянно нарушает установленные сроки выполнения работ, то контроль должен выявить действительную причину этого: либо сотрудник перегружен работой, и тогда ему следует выделить дополнительные ресурсы, либо он не может организовать свой труд, и в этом случае нужно отправить его на тренинг по тайм-менеджменту. Но просто наказать — не значит решить проблему.*

Надежда на то, что подвигнуть людей на разработку, внедрение и коммерциализацию инноваций можно теми или иными дополнительными денежными выплатами, чаще всего надеждой и остается, так как:

✓ увеличение материальных вознаграждений при росте затрат времени и энергии в период инновационных преобразований воспринимается сотрудниками как нечто само собой разумеющееся, как компенсация, а не мотивация;

✓ для участия в инновационных процессах работник должен обладать соответствующими компетенциями, которые и так позволяют ему иметь хороший уровень благосостояния. А парадокс Истерлина [9] утверждает, что после достижения определенного качества жизни рост доходов не приводит к увеличению ощущения человеком своего благополучия, соответственно, у него пропадает желание «напрягаться», создавая и внедряя инно-

вации. Такой индивидуум начинает ценить себя, свое здоровье и время, отношения со своими близкими. Для него это становится важнее, чем дополнительный заработок, на получение которого необходимо затрачивать лишние время и усилия.

Такое положение дел может создать иллюзию того, что мотивацию инновационной деятельности имеет смысл строить на различных наказаниях (штрафах) за неучастие в ней. Но, во-первых, это надо уметь делать [10]; во-вторых, работник, понимающий свою ценность как профессионала, востребованного на рынке труда, получив наказание, скорее покинет организацию, чем приступит к активному участию в инновационном процессе; в-третьих, наказания подталкивают работника к выполнению строго регламентированных действий, побуждают его страховаться от возможных претензий с помощью каких-либо документов (регламентов, инструкций, положений и т.д.), оправдывающих его поведение, то есть о проявлении творчества и инициативы можно забыть. А без них инноватика невозможна.

Обобщая сказанное, можно отметить следующее:

✓ большинство людей, создавших себе своим трудом определенный уровень эмоционального комфорта и благополучия, не стремятся участвовать в инновационной деятельности с неопределенными последствиями;

✓ работников очень сложно побудить к участию в инновационном процессе с помощью только административных методов;

✓ рост финансовых вознаграждений при проведении инновационных преобразований (речь идет именно о них, а не о косме-

тических изменениях в организации, например, в ее структуре, которые никак не сказываются на ее жизнедеятельности) люди воспринимают как компенсатор их дополнительных усилий, но не как мотиватор. Либо размер таких доплат должен быть весьма ощутимым.

По этим причинам руководитель, заинтересованный в инновационном развитии компании, должен, во-первых, создать привлекательный образ ее будущего, чтобы дисконтированная ценность перспектив для работников превосходила негатив настоящего;

во-вторых, задействовать не только мотивы, базирующиеся на первичных потребностях (физиологии и безопасности) сотрудников, но и формирующиеся на основе высоких человеческих потребностей — мотивы причастности, признания и признания.

Первый выражается в стремлении человека работать в организационной культуре, ценности которой совпадают с его личными жизненными установками, и иметь позитивные взаимоотношения в первичном коллективе. Формирование благоприятной среды на предприятии — процесс трудоемкий и длительный. Она создается на основе:

- *уважительного отношения руководства ко всему персоналу, создания и поддержки атмосферы взаимного уважения, благодаря которой появляются позитивные отношения между работниками;*
- *подбора кадров не только на основе профессиональных компетенций, но и личных качеств людей. Ведь научить их можно почти чему угодно, а изменить жизненную позицию практически невозможно, тем более что сложно*

предсказать, какие требования к профессионализму будут предъявляться во время и после внедрения инноваций;

- вовлечения сотрудников в процесс инновационных преобразований, когда им предоставляется возможность не только быть исполнителями решений руководства, но и самим участвовать в их разработке и принятии. При этом очень важна обратная связь: работники должны получать информацию о том, какие из их идей нашли применение и какой эффект они принесли.

Мотивы призвания основаны на желании человека реализовать свои компетенции в трудовой деятельности. Их развитие приводит к формированию профессиональной гордости, не позволяющей выполнять свою работу с низким уровнем качества, сколько бы за это ни платили. Инновационные преобразования предоставляют неограниченное пространство для того, чтобы сделать труд человека интересным, включить в него элементы творчества. Это дает специалисту возможность профессионально расти. Основная задача руководства при этом заключается:

- в информировании сотрудников о появлении в организации новых постоянных или временных работ;
- в предоставлении людям возможности и времени для обучения;
- в создании простых и понятных механизмов внутреннего перемещения для тех, кто желает поменять место работы;
- в проведении политики развития собственных кадров, а не привлечения людей со стороны. Это вполне оправданно, поскольку новым, даже очень

хорошим специалистам придется адаптироваться к организационной культуре и новому коллективу, тратя на это время и энергию.

Вместе с тем люди, «не умеющие плохо работать», в явном или неявном виде предъявляют серьезные требования к менеджеру, его управленческим компетенциям. Мотивы признания отражаются в стремлении человека получать одобрение своего поведения и признание результатов труда со стороны коллектива, руководства, общества в целом. Перечень методов поддержания этих мотивов чрезвычайно велик. Остановимся лишь на некоторых из них, реализация которых не требует существенных затрат:

- идентификация руководителем своих подчиненных. Любому человеку хочется быть узнаваемым и известным — кто-то широкой публике, кто-то в узком кругу признанных специалистов. Но работник организации прежде всего хочет, чтобы его лицо ассоциировалось с его именем и некоторыми личностными характеристиками в глазах менеджеров различных уровней. Если сотрудник понимает, что для большого шефа он пустое место, то и энтузиазма при участии в инновационных преобразованиях у него не будет;
- простая похвала со стороны руководителя, высказанная один на один или прилюдно. Э. Берн называл это «маленькие поглаживания» [11];
- повышение организационного статуса работника. В период инновационных преобразований, когда происходят изменения структуры компании, причем, возможно, не один раз, появляются должности руководителей различных кратко-

срочных и долгосрочных проектов, и сделать это намного проще, нежели во времена стабильности.

Использование этих методов мотивации способно стимулировать персонал не только к работе в целом, но прежде всего к инициативности, желанию трудиться, совершенствованию профессионального уровня и повышению общей эффективности предприятия. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года // [www.srrb.niks.by/info/program.pdf](http://www.srrb.niks.by/info/program.pdf).
2. Золотые правила жизни Альберта Эйнштейна // <https://probiznesmen.ru/10-urokov-geniya-ili-zoloty-e-pravila-zhizni/>.
3. Джино Ф. Похвала любознательности // Harvard Business Review Россия. 2018. Октябрь. С. 34–43.
4. Талер Р. Nudge. Архитектура выбора. Как улучшить наши решения о здоровье, благосостоянии и счастье. — М., 2018.
5. Готсданкер А. Курт Левин. Анализ силового поля // <https://orgdev.ru/курт-левин-анализ-силового-поля-25a2feecbfd4>.
6. Талер Р. Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать. — М., 2018.
7. Ариели Д. Предсказуемая иррациональность. Скрытые силы, определяющие наши решения. — М., 2010.
8. Правила мотивации: 15 способов заставить персонал работать на полную // [www.gd.ru/articles/3340-pravila-motivatsii?utm\\_source=letternews&utm\\_medium=letter%2cletter&utm\\_campaign=letternews\\_2015.07.25\\_top\\_of\\_gd\\_readers\\_65000%2cletternews\\_2015.07.25\\_gendirtop\\_sa\\_25\\_07\\_15\\_material\\_readers\\_64997&IdSL=409099106&IdBatch=2729360](http://www.gd.ru/articles/3340-pravila-motivatsii?utm_source=letternews&utm_medium=letter%2cletter&utm_campaign=letternews_2015.07.25_top_of_gd_readers_65000%2cletternews_2015.07.25_gendirtop_sa_25_07_15_material_readers_64997&IdSL=409099106&IdBatch=2729360).
9. Парадокс Истерлина / Экономика в деталях // <https://popecon.ru/240-paradoks-isterlina.html>.
10. Фридман А. Как наказывать подчиненных. За что, для чего, каким образом. — М., 2017.
11. Берн Э. Введение в психиатрию и психоанализ для непосвященных. — СПб., 1992.



# РОЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ НАН БЕЛАРУСИ



**Евгений Шухно,**  
научный сотрудник  
Института социологии  
НАН Беларуси

Организационная культура является одной из наиболее актуальных тем в мировой управленческой теории и практике. Вместе с тем ее особенности в научных учреждениях мало изучены в социологическом дискурсе. Организационная культура в целом представляет собой ценностно-нормативную систему, которая существует (доминирует) в трудовых, в том числе и научных подразделениях и сказывается на поведении их членов, что, в свою очередь, выступает важнейшим фактором практической управленческой деятельности. Таким образом, организационная культура – это доступная наблюдению и фиксации социокультурная реальность, которая определенным образом влияет на работу персонала и, следовательно, структурного подразделения.

В научных учреждениях это понятие имеет несколько особенностей, обусловленных специфи-

**Аннотация:** На основании данных эмпирического социологического исследования рассматриваются особенности организационной культуры научных институций Национальной академии наук Беларуси. Репрезентированы ценностные ориентации молодых ученых в трудовой и научной сферах. Проанализирована их удовлетворенность различными аспектами трудовой деятельности, а также условиями труда. Представлены организационная и профессиональная идентичности молодых исследователей НАН Беларуси.

**Ключевые слова:** организационная культура, молодые ученые, академическая наука, условия труда, профессиональная и организационная идентичность.

кой науки как особой сферы деятельности человека, которые заключаются в следующем:

- *основная цель научного коллектива – производство новых достоверных знаний об окружающей действительности;*
- *ориентированность на единичность, уникальность, неповторимость результатов работы учреждения и его членов;*
- *направленность на творческую познавательную продуктивную деятельность;*
- *уважение исследовательского труда ученых (научных сотрудников) и их индивидуальных способностей [1].*

Таким образом, организационная культура может выступать в качестве ресурса управленческих функций руководства научных учреждений по привлечению и закреплению кадров, использоваться при планировании карьеры сотрудников. Она включает в себя адаптационную, интеграци-

онную, мотивационную, коммуникативную и ряд других функций.

Первичной из них является адаптационная, направленная на максимально быстрое вовлечение молодого специалиста в полноценную трудовую деятельность структурного подразделения научного института при минимальных издержках (материальных, эмоционально-психологических и др.). Успешность этого процесса во многом предопределяет дальнейшие карьерные ориентации молодого ученого, его желание продолжить работу в данной организации.

Интеграционная функция подразумевает включение молодого ученого в систему горизонтальной и вертикальной коммуникации подразделения, вхождение прежде всего в свой непосредственный трудовой коллектив, в процессы групповой динамики, подразумевающие осведомленность и участие в общественной жизни как на формальном, так и на неформальном уровнях. Таким образом, интеграционная функция тесно связана с адаптационной и является в определенной мере ее пролонгацией в постадаптационном периоде.

Мотивационная функция в большей степени, нежели адаптационная, влияет на намерения молодого ученого работать в той или иной научной структуре. Поэтому построение системы мотивации является одной из приоритетных задач руководства научно-исследовательских институтов, решение которой в государственных научных учреждениях, в значительной мере финансируемых из бюджета, имеет свои особенности, отсутствующие в случае выполнения такой организацией внебюджетных проектов. Следовательно, в условиях ограниченных ресурсов материального стимулирования труда, кроме необходимости максимально эффективного, целевого их использования, актуализируются способы нематериального мотивирования сотрудников.

С целью изучения специфики работы с кадрами в научных подразделениях Национальной академии наук Беларуси в декабре 2018 – марте 2019 гг. было проведено комплексное социологическое исследование по теме «Организационная культура научной организации как фактор повышения эффективности ее деятельности: социологический анализ». В нем использовались методы анкетного опроса и экспертного интервью. В ходе анкетирования было опрошено 670 респондентов, в том числе 236 молодых ученых. Ошибка выборки не превысила 3,6% при уровне значимости 0,05. В экспертном интервью приняли участие 37 руководителей научных учреждений, включая директоров, заместителей директоров и ученых

секретарей. Исследование проводилось как в столичных, так и в региональных научных организациях различных типов, входящих в состав НАН Беларуси.

Каждый сотрудник характеризуется теми или иными установками, приоритетами в трудовой сфере, знание которых позволяет максимизировать использование творческого научного потенциала молодых ученых.

Как показало исследование, ценностные ориентации молодых ученых академического сектора белорусской науки в трудовой сфере представлены следующим образом:

1. Интересная работа – 80,9%;
2. Хороший коллектив – 75,7%;
3. Возможность обучения, повышения квалификации – 63,0%;
4. Комфортные условия труда – 58,7%;
5. Высокая заработная плата – 57,0%;
6. Удобный режим работы – 38,7%;
7. Возможность получить повышение по службе (карьера) – 24,7%;
8. Польза работы для общества – 24,3%;
9. Возможность проявить инициативу – 23,4%;
10. Равное отношение руководства ко всем работникам – 20,4%;
11. Отсутствие жесткого контроля за работой – 18,3%;
12. Самостоятельность в работе – 18,3%;
13. Гарантия занятости – 13,2%;
14. Возможность не заниматься работой вне установленного рабочего времени – 12,8%;
15. Право голоса при принятии важных решений – 8,9%;
16. Престиж работы – 8,5%;
17. Продолжительный отпуск – 6,0%;
18. Высокая степень ответственности – 3,8%.

Таким образом, молодые ученые Академии наук ориентированы прежде всего на интересную работу, хороший коллектив, возможность обучения, повышения квалификации, комфортные условия труда и высокую заработную плату.

На *рис. 1* представлены приоритеты молодых исследователей непосредственно в научной деятельности.

На первом месте – творческая научная самореализация, ее отметили более половины молодых респондентов (56,7%), на втором – достойная заработная плата (52,4%), на третьем – личный вклад в развитие науки (46,4%). Меньше всего молодые ученые ориентированы на высокий индекс цитирования своих научных работ, высокий авторитет (признание коллег) в белорусском научном сообще-

стве, высокий авторитет в своем научном институте и на успешную должностную карьеру.

Имидж профессии ученого, ее престиж в обществе может играть значимую роль в рекрутации молодых научных сотрудников, выступать в качестве одного из мотивов выбора научной стези, а также решения о продолжении карьеры либо уходе из науки. Согласно результатам анкетного опроса, востребованностью себя как специалиста в обществе в той или иной мере удовлетворены 42,4% молодых ученых, в то же время сопоставимая доля респондентов (44,8%) данным аспектом не довольна. Затруднились ответить 12,9% участников исследования.

Своей работой в целом в той или иной степени удовлетворены более двух третей респондентов (71,6%), у каждого пятого молодого ученого (21,4%) противоположное мнение, затруднились ответить 6,9% опрошенных (рис. 2).

В рамках социологического исследования изучалась удовлетворенность ученых НАН Беларуси различными аспектами своей научной деятельности. Согласно результатам исследования, половина молодых ученых НАН Беларуси (50,8%) удовлетворена достижением профессиональных целей, однако 40,2% на данный вопрос ответили отрицательно, каждый десятый (9,0%) затруднился с ответом. В то же время две трети респондентов (66,9%) в той или иной мере удовлетворены своими научными исследованиями, у четверти опрошенных молодых ученых (24,0%) противоположная оценка успешности своей профессиональной деятельности, еще 9,0% не смогли ответить на поставленный вопрос.

В задачи социологического исследования входило изучение удовлетворенности ученых НАН Беларуси условиями труда в целом, а также отдельными условиями, составляющими социально-экономический, социально-психологический, технико-организационный и санитарно-гигиенический блоки условий труда.

Условия труда в целом устраивают две трети молодых ученых (68,1%), практически четверть (28,4%) ими не довольны, 3,4% респондентов затруднились ответить на данный вопрос.



Рис. 1. Приоритеты молодых исследователей в научной деятельности в %

Социально-экономические условия труда представлены прежде всего возможностями международного сотрудничества и научного обмена; вариантами повышения квалификации; занимаемой должностью; перспективами должностной и квалификационной карьеры; размером заработной платы; распределением премий, надбавок.

Возможностями международного сотрудничества и научного обмена в той или иной степени удовлетворена практически половина опрошенных (47,4%), но сопоставимая часть молодых ученых считает их недостаточными (42,3%), каждый десятый не смог ответить на этот вопрос (10,7%). Отметим, что согласно данным исследования «Карьера молодого ученого в академической науке как объект

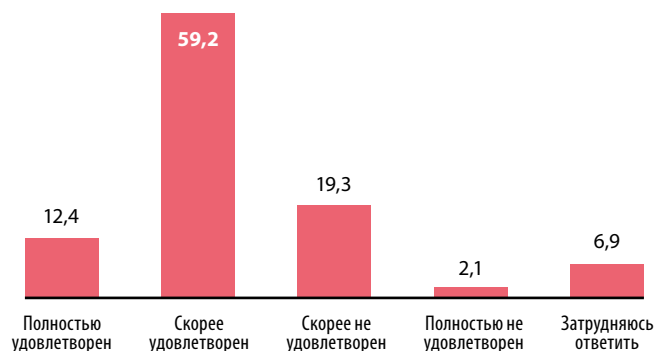


Рис. 2. Удовлетворенность молодых ученых своей работой в целом в %



	Полностью удовлетворен	Скорее удовлетворен	Скорее не удовлетворен	Полностью не удовлетворен	Затрудняюсь ответить
Микроклиматом	19,6	42,6	27,2	9,4	1,3
Санитарной уборкой помещения	31,4	44,9	15,3	6,4	2,1
Уровнем нервной нагрузки	18,2	49,2	19,1	6,4	7,2
Уровнем освещенности	41,1	47	7,2	3,4	1,3
Уровнем шума	32,8	49,4	13,2	3,8	0,9

Таблица 1. Удовлетворенность молодых ученых социально-гигиеническими условиями труда в %

социологического анализа и управления», проведенного в 2017 г. среди молодых ученых НАН Беларуси (N = 316, ошибка выборки не превышает 4,4%), положительную оценку этому аспекту дали лишь 25,9% против 55,9% недовольных респондентов, следовательно, их доля за три года возросла на 21,5%.

Вариантами повышения квалификации были довольны более половины респондентов (58,9%), треть считает их недостаточными (32,1%), затруднились ответить 9,0%. Перспективы квалификационной карьеры устраивают 70,5% молодых ученых академии (в 2017 г. таковых было 66,3%), недовольны этим условием труда 18,4%, затруднились ответить 11,1%. Перспективы должностной карьеры в той или иной мере оценивают положительно две трети опрошенных (66,3%), что на 20% больше, нежели три года назад (46,7%); притом, что данным аспектом недовольны 21,1% молодых ученых, каждый восьмой (12,5%) затруднился ответить. Занимаемой должностью удовлетворены более чем три четверти респондентов (77,8%), при этом 14,5% своим положением не удовлетворены, 7,7% не смогли ответить на данный вопрос.

Положительно оценивает размер заработной платы практически каждый третий (29,9%) тогда как более половины (61,5%) молодых ученых ею в той или иной мере недовольны, 8,5% молодых ученых затруднились с ответом.

Вместе с тем необходимо отметить положительную динамику рассматриваемого вопроса: в 2017 г. только 16,6% молодых ученых Академии наук были удовлетворены размером своей заработной платы, а 76,5% ответили на этот вопрос отрицательно. Соответственно, доля молодых исследователей, позитивно оценивших данный аспект, увеличилась практически в два раза.

Распределением премий и надбавок в той или иной степени удовлетворены около половины респондентов (46,6%), более трети опрошенных считают его необоснованным (39,1%), практически каждый шестой (17,1%) не смог ответить на этот вопрос.

Удовлетворенность респондентов социально-гигиеническими условиями своего труда представлена в *табл. 1*.

Большинство опрошенных в той или иной степени устраивают уровни освещенности и шума

	Полностью удовлетворен	Скорее удовлетворен	Скорее не удовлетворен	Полностью не удовлетворен	Затрудняюсь ответить
Доступность научной информации по теме вашего исследования	23,4	59,6	11,1	1,3	4,7
Материально-техническая база исследований	15,7	43,4	25,5	10,6	4,7
Научная коммуникация с другими учеными	17,9	51,5	19,1	4,3	7,2
Объективность оценки вашей научной работы непосредственным руководителем	34,5	45,1	9,4	1,7	9,4
Организация научного труда	18,8	47,9	20,9	5,6	6,8
Оснащенность рабочего места оргтехникой (компьютер, принтер и др.)	30,8	37,6	16,2	12,4	3,0
Режим (график) работы	36,6	46,4	11,1	2,6	3,4
Степень вашей самостоятельности в работе	34,6	56,0	5,6	1,3	2,6

Таблица 2. Удовлетворенность молодых ученых технико-организационными условиями труда в %

	Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить
К коллективу вашего первичного структурного подразделения	47,2	44,3	3,4	1,3	3,8
К коллективу вашего института	25,5	50,2	16,2	3,8	4,3
К коллективу Национальной академии наук Беларуси в целом	10,3	31,9	29,7	18,1	9,9
К белорусскому научному сообществу	9,9	34,3	25,8	17,2	12,9
К международному сообществу ученых по вашему научному направлению	7,3	26,2	30,9	20,6	15,0
К мировому научному сообществу в целом	6,4	20,6	29,6	25,3	18,0

Таблица 3. Характерно ли для вас ощущение собственной причастности? (в %)

(88,1% и 82,2% соответственно); санитарной уборкой помещений в той или иной мере удовлетворены три четверти участников опроса (76,3%), при этом каждый пятый (21,7%) этим аспектом недоволен, более половины удовлетворены микроклиматом (62,2%), отрицательно ответили на этот вопрос более трети (36,6%), уровень нервной нагрузки оценили положительно две трети респондентов (67,4%), каждый четвертый – отрицательно (25,5%).

В ходе исследования оценивалось мнение молодых ученых по технико-организационным условиям труда (табл. 2).

Как показало исследование, удовлетворенность молодых ученых технико-организационными условиями труда достаточно высока. Абсолютное большинство опрошенных в той или иной мере положительно оценили степень своей самостоятельности в работе (90,6%), доступность научной информации по теме исследования и режим работы (по 83%), объективность оценки своей научной работы непосредственным руководителем (79,6%). Порядка двух третей респондентов высоко оценили научную коммуникацию с другими учеными (69,4%), оснащенность рабочего места оргтехникой (68,4%); материально-техническая база исследований устроила более половины опрошенных (59,1%).

В большинстве своем молодые ученые Национальной академии наук положительно характеризуют социально-психологические условия труда, то есть отношения с коллегами в первичном структурном подразделении, в трудовом коллективе института; отношения с руководителем первичного структурного подразделения и с руководством института. Абсолютное большинство респондентов удовлетворено отношениями с коллегами в своем первичном структурном подразделении – 93,2% (отрицательно ответили 5,5%), отношениями с коллегами в трудовом коллективе института – 91,1% против 5,5% недовольных, отношениями с руководителем первичного структурного подразделения – 91,5% (напряженные

отношения у 6,4%) и отношениями с руководством института – 84,7% (у 4,2% они не совсем сложились).

В рамках исследования изучалась организационная и профессиональная идентичность молодых ученых Академии наук (табл. 3).

Таким образом, на основании анализа ряда показателей организационной культуры научных институций Национальной академии наук Беларуси можно сделать следующие выводы. В своей работе молодые ученые ориентированы прежде всего на интересную работу, хороший коллектив, возможность обучения, повышения квалификации, комфортные условия труда и высокую заработную плату. Топ приоритетов молодых ученых НАН Беларуси в научной деятельности включает творческую научную самореализацию, достойную заработную плату, личный вклад в развитие науки. Условия труда в целом устраивают две трети молодых ученых. Абсолютное их большинство в той или иной мере удовлетворено социально-психологическими условиями труда. Три четверти респондентов высоко оценивают технико-организационные и санитарно-гигиенические условия труда в академических научных организациях. Более половины молодых ученых довольны социально-экономическими условиями труда. Абсолютное их большинство ощущают собственную причастность к коллективу своего первичного структурного подразделения, три четверти – к работе своего института, менее половины – к деятельности Национальной академии наук Беларуси в целом. Около половины респондентов испытывают чувство собственной причастности к белорусской научной среде, каждый третий – к мировому научному сообществу ученых по своему научному направлению, лишь каждый четвертый – к мировому научному содружеству в целом. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабосов Е. М. Социология науки // Социология: энциклопедия / сост. А. А. Грицанов. – Минск, 2003. – С. 1045-1051.

# Студенческая молодежь Беларуси: социологическое измерение



**Алеся Соловей,**  
научный сотрудник Института  
социологии НАН Беларуси,  
магистр социологических наук

**Аннотация.** Приводятся данные об основных приоритетах студентов белорусских вузов, полученные в результате социологического опроса. Анализируются самоидентификация, социальная активность, бытовая устроенность, жизненные планы и другие аспекты жизни вузовской молодежи, в том числе в гендерном разрезе. Автор аргументирует важность исследования в условиях проводимой в нашей стране государственной политики, направленной на привлечение молодежи в науку и экономику для их обновления и модернизации.

**Ключевые слова:** студенты, социология, опрос, социальная роль, научная деятельность.

Одно из приоритетных направлений в развитии гуманитарных наук и, в частности, социологии – изучение на теоретическом и эмпирическом уровнях различных категорий молодого поколения. Студенческая молодежь – наиболее активная социально-демографическая группа с высоким уровнем мобильности, находящаяся в процессе освоения новых социальных ролей, интенсивной социализации, адаптации и самоидентификации, поиска своего собственного места в жизни.

Количество студентов в Республике Беларусь с каждым годом уменьшается. В 2012/2013 гг. в вузах нашей страны училось 428,4 тыс. молодых людей, а в 2019/2020 гг. – 260,9 тыс. В то же время на второй ступени вузовского образования численность обучающихся выросла, несколько снизившись лишь за последний год: в 2012/2013 гг. – 6,1 тыс., в 2018/2019 гг. – 14,7 тыс., но в 2019/2020 гг. – 11,9 тыс. магистрантов [1, 3].

В силу социально-психологических и биологических особенностей, специфических интересов и потребностей, обусловленных переживаемым возрастным периодом, молодежь обладает творческим и интеллектуальным потенциалом и представляет собой кадровый ресурс для развития общества. Именно в студенческие годы юноши и девушки могут сделать первые шаги в науку, заинтересоваться исследованиями, выполняя курсовые и дипломные проекты и участвуя в студенческих конференциях. Выявление, поддержка и развитие интеллектуальных возможностей талантливой университетской молодежи – лучший способ пополнения научных кадров страны новым поколением ученых.

Актуальность изучения социального самочувствия студенчества отражена в положениях национального законодательства. Так, согласно ст. 23 «Информационное и научное обеспечение государственной молодежной политики» Закона Республики Беларусь «Об основах государственной молодежной политики» от 7.12.2009 г. № 65-3, в республиканских программах в данной сфере должно предусматриваться проведение научных исследований по проблемам молодежи [2].

Молодыми учеными Центра мониторинга миграции научных и научно-педагогических кадров Института социологии при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) «Наука-М» в апреле 2019 г. было проведено социологическое исследование



на тему «Социальное самочувствие молодежи в системе показателей эффективности государственной молодежной политики Республики Беларусь» (на примере студенческой молодежи). Выборочную совокупность составили 992 респондента ( $\Delta = \pm 3,1\%$ , при  $\alpha = 0,05$ ), обучающихся в высших учебных заведениях западного, центрального и восточного регионов республики.

Социально-демографический портрет студента выглядит следующим образом.

Среди респондентов женщины составили 58,5%, мужчины – 41,5%. Средний возраст опрашиваемых – 19 лет. Замужем или женаты, то есть состоят в юридически оформленных отношениях, на момент опроса 1,2%; в фактическом браке (проживают вместе с партнером) – 5,0%; каждый третий находится в отношениях с партнером, не проживая вместе с ним, – 34,0%; более половины (59,8%) не состоят в отношениях.

Практически каждый третий респондент до поступления в высшее учебное заведение проживал в районном (35,2%) или областном (31,6%) центре, каждый восьмой – в Минске (16,1%), каждый десятый – в поселке городского типа или городе, не являющемся районным центром (10,0%). Приблизительно двадцатая часть респондентов родом из сельской местности (6,5%), еще 0,5% опрошенных до начала учебы в вузе проживали за рубежом.

С целью изучения эмоционального состояния студенческой молодежи как обобщающей характеристики переживаемых ею чувств респондентам был задан вопрос, в котором предлагалось выбрать одну из позиций: «Какие чувства в последнее время вы испытываете чаще всего?» (рисунок).

Из позитивных чувств у студенческой молодежи преобладают интерес к жизни, радость, оптимизм, готовность к переменам и уверенность в себе; среди негативных – неуверенность в завтрашнем дне и ощущение тревожности. При этом 72,4% студентов ощущают себя счастливыми, в то время как 18,7% не чувствуют себя таковыми, а еще 8,9% затруднились с однозначным ответом.

Проблемы, которые вызывают беспокойство у молодых людей, могут оказывать непосредственное влияние на общий уровень их социального самочувствия, а также на выбор ими поведенческих стратегий и социально-профессиональных практик.

Спокойствие	48,1	51,9	Тревожность
Интерес к жизни	83,0	17,0	Безразличие к жизни
Радость	72,1	27,9	Печаль
Оптимизм	72,0	28,0	Пессимизм
Уверенность в себе	62,5	37,5	Неуверенность в себе
Уверенность в завтрашнем дне	47,9	52,1	Неуверенность в завтрашнем дне
Готовность к переменам	76,4	23,6	Страх перемен

Рисунок. Чувства, испытываемые студентами чаще всего (в %, в целом по выборке)

Иерархия общественных проблем, волнующих девушек и юношей, представлена в табл. 1. Данные свидетельствуют о том, что проблема, наиболее беспокоящая и девушек, и юношей – рост цен на товары повседневного спроса. Второе место у представительниц прекрасного пола заняли качество и доступность медицинского обслуживания, а у парней – коррупция. Следующим на «тревожной» шкале отмечен рост в обществе пьянства и алкоголизма, причем это справедливо и для студентов, и для студенток. При этом девушек в два раза чаще волнует гендерное неравенство в обществе, распространение гендерных стереотипов и в три раза – рост случаев домашнего насилия. Меньше всего тревожат юношей и девушек такие общественные проблемы как распространение гендерных стереотипов в университетской среде, харассмент на работе и в вузе.

Ниже представлен рейтинг наиболее актуальных проблем личного характера белорусских студентов:

1. Будущее профессиональной карьеры – 68,1%;
2. Состояние здоровья родных и близких – 41,3%;
3. Отсутствие свободного времени – 39,4%;
4. Состояние личного здоровья – 36,9%;
5. Успеваемость в вузе – 31,0%;
6. Неустроенность личной жизни (отсутствие партнера) – 23,7%;
7. Жилищные проблемы – 17,9%;
8. Характер взаимоотношений с партнером – 11,2%;
9. Личная безопасность – 10,1%;
10. Взаимоотношения в семье с родителями – 9,9%.

Личные проблемы, которые волнуют студенческую молодежь, распределяются следующим образом. Будущее профессиональной карьеры вызывает беспокойство у большинства девушек (73,1%) и юношей (60,8%). Состояние личного здоровья, здоровья родных и близких и отсутствие свободного времени больше волнует девушек (43,2%, 46,1% и 43,7% соответственно), чем юношей (28,0%, 34,5% и 33,3%). Практически в одинаковой степени беспокоят об успеваемости в вузе, неустроенности

личной жизни и жилищных проблемах девушки и юноши: 31,4%, 22,8%, 17,3% и 30,0%, 25,1%, 18,9% соответственно. Меньше всего и те, и другие думают о взаимоотношениях с родителями, характере взаимоотношений с партнером и личной безопасности.

На открытый вопрос: «Что может быть причиной трудной жизненной ситуации лично для вас?» ответили 75,4% опрошенных. При этом 3,7% из них указали, что не могут назвать подобных причин, а 1,9% – что ничто не может стать для них причиной жизненных трудностей. Остальными в числе наиболее распространенных проблем были названы отсутствие денег; проблемы со здоровьем; здоровье родных; потеря (смерть) близкого человека; проблемы в семье; психоэмоциональные состояния (апатия, отсутствие цели в жизни); проблемы с учебой; нетрудоустроенность после окончания вуза; не полностью реализованные возможности; проблемы в личной жизни; отсутствие поддержки, опоры от близких людей; отсутствие друзей; неуверенность в себе; ухудшение экономической ситуации в стране.

В семерку базовых ценностей для девушек вошли здоровье (83,8%), любовь (81,2%), семья (73,9%), дружба (72,2%), интересная работа, профессия (69,6%), душевный покой, комфорт (63,7%), самореализация (63,6%). В лидирующих позициях для юношей были отмечены здоровье (70,7%), дружба (63,9%), интересная работа, профессия (63,2%), любовь (57,6%), семья (51,5%), самореализация

(50,2%), душевный покой, комфорт (48,3%). Отношение студенческой молодежи к профессиональным и семейным ценностям представлено в табл. 2.

Среди тех, для кого создание семьи и рождение детей – главное в жизни, больше студентов, чем студенток. Практически в одинаковой степени высока доля юношей и девушек, считающих главным для себя профессиональную самореализацию и карьеру. Исходя из гендерных различий в жизненных планах студенческой молодежи нашей страны представляется необходимым учитывать брачные и репродуктивные намерения молодых людей. Среди тех, кто планирует рождение ребенка в ближайшие пять лет, доля девушек в два раза выше, чем юношей: 19,4% и 9,8% соответственно. Выйти замуж в пятилетней временной перспективе планирует каждая третья студентка (33,4%), в то время как жениться – 17,6% студентов.

Планы на будущее отражают степень социальной зрелости личности и мотивируют на формирование краткосрочных и долгосрочных жизненных сценариев. В ближайшие пять лет большинство вузовской молодежи намерено получить высшее образование (77,9% девушек и 74,1% юношей) и добиться материального благополучия (68,9% и 70,7% соответственно). Однако доля тех, кто собирается побывать в других странах и найти работу по специальности, несколько выше среди девушек (77,7% и 50,0%), чем среди парней (60,7% и 38,5%). Встретить любимого человека хотели бы 39,1% девушек и 35,6% юношей, найти верных друзей – каждый пятый студент (20,9% и 21,5% соответственно).

Открыть свое дело намерены больше юноши (35,4%), нежели девушки (27,7%), улучшить жилищные условия – по 42,0% тех и других. Приобрести автомобиль они желают примерно в одинаковой степени: 38,8% и 34,8% соответственно. Менее всего студенческая молодежь в ближайшие пять лет ориентирована на поступление в магистратуру (12,3% девушек и 12,4% юношей) и аспирантуру (2,9% и 3,7%).

Девушки	Проблемы, вызывающие беспокойство	Юноши
61,9	рост цен на товары повседневного спроса	63,6
55,4	качество и доступность медицинского обслуживания	44,2
36,0	коррупция	51,8
49,0	рост пьянства и алкоголизма	49,6
47,7	качество высшего образования	36,4
36,9	распространение наркомании	33,7
36,3	духовно-нравственное воспитание современной молодежи	25,8
32,4	распространение домашнего насилия	11,8
30,4	экологические проблемы (охрана окружающей среды)	21,6
27,3	интернет-безопасность	24,8
23,4	распространение гендерных стереотипов в обществе	11,3
22,3	гендерное неравенство в обществе	8,4
19,2	терроризм и экстремизм	9,8
15,4	низкий уровень подготовки абитуриентов	14,5
6,9	распространение гендерных стереотипов в университетской среде	4,9
7,1	харассмент на работе	2,9
5,7	харассмент в университетской среде	4,2

Таблица 1. Иерархия проблем, вызывающих наибольшее беспокойство у юношей и девушек (в %)

Готовность студентов белорусских вузов принять участие в различных акциях и мероприятиях, которая характеризует их гражданскую и социальную активность, представлена в *табл. 3*.

Представленные данные свидетельствуют о том, что больше всего студентов выразило намерение стать участниками благотворительных акций – 54,2%. В тематических флеш-мобах может принять участие каждый четвертый респондент (24,8%), более половины (60,6%) не намерены в них участвовать. Меньше всего привлекают молодежь мероприятия в поддержку гендерного равенства – только 11,9% опрошенных. Доля социально активных людей, готовых в ближайший год быть задействованными в тематических флеш-мобах, благотворительных акциях и мероприятиях гендерной направленности, выше среди девушек (29,7%, 63,2%, 15,3%), чем юношей (18%, 41,8%, 7,1%).

Две трети опрошенных молодых людей (66,6%) состоят в молодежных общественных организациях, при этом большинство из них – в Белорусском республиканском союзе молодежи. Кроме того, были названы профсоюз, студсоюз, волонтерские организации, Клуб ЮНЕСКО, Красный Крест, Творческий союз БГУ, UNICEF, «Юный техник».

В процессе социализации молодых людей, их гражданском и патриотическом становлении значительную роль играет молодежная политика, подготовка и проведение которой в Республике Беларусь осуществляется целенаправленно и систематически на государственном уровне. Социологическое обеспечение ее реализации позволяет наиболее эффективно имплементировать ее мероприятия.

Большинство студентов, осведомленных о государственной молодежной политике, в той или иной степени удовлетворены поддержкой молодежи государством в получении образования – 70,5%, три четверти (73,1%) – талантливой и одаренной молодежи. Более того, две трети опрошенных считают, что государственная поддержка способствует вовлечению студентов в научную деятельность (70,1%) и реализации их творческого потенциала (69,9%).

Ценности для студенческой молодежи	Согласны		Не согласны		Затруднились ответить	
	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши
Для меня профессиональная самореализация и карьера – главное в жизни	51,9	54,6	40,8	39,7	7,3	5,6
Для меня создание семьи и рождение детей – главное в жизни	63,6	52,0	29,2	42,2	7,3	5,9

Таблица 2. Согласие студенческой молодежи с утверждениями относительно важности профессиональных и семейных ценностей в гендерном разрезе (в %)

Акции и мероприятия	Точно приму	Скорее приму	Скорее не приму	Точно не приму	Затрудняюсь ответить
Тематические флеш-мобы	5,1	19,7	31,0	29,6	14,7
Благотворительные акции	13,5	40,7	16,4	14,3	15,1
Мероприятия за гендерное равноправие	4,0	7,9	19,4	55,3	13,4

Таблица 3. Готовность студентов принять участие в акциях и мероприятиях (в % в целом по выборке)

Свыше половины респондентов отметили, что их устраивает учебная деятельность (63,1%), степень реализации способностей (58,2%), качество получаемого образования (56,1%), условия для самореализации (творческой, образовательной, личностной) – 51,6%, возможность реализовать свои жизненные цели (61,1%).

Важность изучения основных аспектов социального самочувствия вузовской молодежи обуславливается тем, что она представляет собой трудовой и интеллектуальный потенциал белорусского общества, часть которого можно включить в дальнейшее вузовское и послевузовское образование, а впоследствии – в профессиональную научную деятельность. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беларусь в цифрах: стат. справ. – Минск, 2020.
2. Об основах государственной молодежной политики. Закон Республики Беларусь от 07.12.2009 г. № 65-3 в ред. от 21.11.2016 г. № 434-3. // <https://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=H10900065>.
3. Образование в Республике Беларусь: стат. сб. – Минск, 2019.





# КАДРОВЫЙ СПАД

В технических  
и естественных науках  
и эмиграция  
российских  
исследователей



**Александр Аллахвердян,**  
руководитель Центра  
истории организации науки  
и науковедения Института  
истории естествознания и  
техники им. С.И. Вавилова РАН,  
кандидат психологических наук

**Аннотация.** Изучены процессы миграции российской научной диаспоры – ученых в области естественных и технических наук, показано, что при общности их менталитета они все же существенно различаются в характере предметной деятельности и социально-коммуникативном поведении.

**Ключевые слова:** ученые-естественники, ученые-технари, эмиграция, научная диаспора.



С начала перестроечных процессов в 1980-х гг. и либерализации эмиграционной политики интерес к феномену утечки умов сохраняется. Как показали науковедческие исследования, его масштабы исчисляются многими тысячами уехавших за рубеж высококвалифицированных специалистов, прежде всего в области естественных и технических наук. На первых порах всем российским ученым-эмигрантам пришлось очень нелегко, однако немалая часть из них адаптировалась в новой среде и сегодня уверенно стоит на ногах. Их профессиональная деятельность и творческие достижения стали предметом науковедческих исследований, где важно различать две категории «утекших умов»: ученые-естественники, работающие в зарубежных университетах и гослабораториях, и ученые-прикладники, занятые в инновационных и высокотехнологических компа-

ниях. Наша задача состоит в том, чтобы показать, что при всей общности менталитета «естественники» и «технари» существенно различаются в характере предметной деятельности и социально-коммуникативном поведении, оставаясь тем не менее двумя составляющими русскоязычной диаспоры.

Ученые-естественники, оказавшиеся за рубежом, в условиях жесткой профессиональной конкуренции нередко добиваются значительных результатов и признания коллег. Среди них – профессора университетов, руководители научных лабораторий, стипендиаты различных научных фондов, часть из которых стремится в той или иной форме сотрудничать с соотечественниками на родине. На некоторых из этих форм научного партнерства мы останавливались в работе [1], однако деятельность другой части диаспоры – ученых и инженеров в области технических дисциплин – изучалась в значительно меньшей степени.

Если обратиться к предшествующей, послевоенной советской истории развития технических наук, то следует отметить, что численность их кадрового состава на протяжении 1950–1980-х гг. была весьма динамичной и возросла за данный период, согласно статистическим данным, с 41,5 тыс. до 716,2 тыс., то есть увеличилась в 1,3 раза (для сравнения: в те же годы количество научных работников в области физико-математических наук стало больше в 14,9 раза – с 10,2 тыс. до 151,6 тыс. чел.).

С начала 1990-х гг. в исследованиях российской научной диаспоры акцент ставился преимущественно на научной активности представителей естественных наук (физики, биологии, химии и др.). Хотя за границу выезжали специалисты самых различных областей науки и техники, отмечал российский исследователь С. Егеров, однако основу диаспоры составляли исследователи-контрактники в области естественных наук. Кадры инженер-

Науки	Годы				Спад за 23 года
	1994	2000	2010	2017	
Технические	345,9	275,0	210,7	224,1	121,8 (39%)
Естественные	116,4	99,8	89,3	8,0	36,4 (31%)

Таблица 1. Спад числа исследователей в естественных и технических науках (1994–2017), тыс. чел.

ного профиля, занятые в промышленных организациях, как правило, быстро «растворяются» в новых коллективах и выпадают из круга общения диаспоры [2]. Тон в ней задают «фундаментальщики», которые формируют ее информационное поведение, устанавливают особые правила игры в обмене с «материнской» научно-технической сферой. По оценке С. Егерева, во второй половине 1990-х гг. фундаментальными исследованиями за рубежом было занято порядка 14–18 тыс. ученых из России [3].

Однако до сих пор никто не задавался вопросом: сколько высококвалифицированных специалистов из сектора советской промышлен-

ности и высоких технологий (космическая и атомная техника, авиастроение, электроника, информатика и др.) выехали за границу после распада СССР и развала советской ведомственно-отраслевой науки, где концентрация «технарей» была доминирующей? Именно НИИ и КБ технического профиля отраслевых министерств и военно-промышленного комплекса (ВПК) в наибольшей степени потеряли профессионалов, которые перешли на работу в другие сферы деятельности внутри страны или нашли работу в высокотехнологических организациях за рубежом. Сравнительные статистические данные спада численности

Эмигрировавшие специалисты	1989	1990	1991	1992	1993	За 5 лет
Всего	440	646	1561	826	1127	4600
Инженеры	351	479	1253	588	752	3423
Математики и программисты	23	96	102	83	113	417
Ученые в области естественных наук	40	40	118	104	211	513
Ученые в области общественных наук	26	31	88	51	51	247

Таблица 2. Численность инженеров и ученых, прибывших в США из бывшего СССР по постоянной визе (1989–1993)

Составлено по [6, 7]

исследователей в естественных и технических науках России представлены в табл. 1.

Согласно представленным в таблице данным, количество ученых в области технических наук за 23 года (1994–2017 гг.) было в 3,3 раза большим по сравнению с аналогичным показателем в естественных науках. Что касается собственно технических наук, то в динамике их кадровый состав сократился на 121,8 тыс. исследователей, то есть ученых и инженеров в совокупности. Однако радикальный по своим масштабам кадровый обвал в технических науках и высокотехнологических организациях произошел еще в предыдущие годы в связи с развалом отраслевых министерств, где концентрация специалистов технического профиля составляла около 85%. «Особенно остро распад СССР, – отмечает российский политик Б.Г. Салтыков, – сказался на ситуации в отраслевом секторе науки, потому что рухнули все советские министерства, исчезли как субъект и объект управления. И с ними исчезли все отраслевые Единые фонды развития науки и техники, через которые шло иногда до 70–80% затрат государственного бюджета на науку соответствующего министерства» [4]. В те же годы в стране формировались новые сектора рыночной экономики: банковский, финансовый, информационный, консалтинговый, и в связи с этим появилось много привлекательных рабочих мест для людей, которые были заняты в науке. Неизбежной стала так называемая внутренняя утечка умов, особенно ошутимая, поскольку она коснулась мно-



гих десятков тысяч работников. Этот процесс был абсолютно неизбежен, так как только из «копилки» науки и образования можно было взять готовых, мотивированных и образованных специалистов для формирования новых секторов науки, включая бизнес [4].

По нашим расчетам, опираясь на российские статистические источники [5], вследствие ликвидации гражданских отраслевых министерств и значительного оттока научно-технических кадров из военно-промышленного комплекса, располагавшего в советское время многочисленными НИИ, КБ и опытно-экспериментальной базой, технические науки и высокотехнологические отрасли за 5 лет (1989–1993) потеряли около 323 тыс. ученых и инженеров, что в 2,7 раза больше, чем за последующие 23 года (1994–2017) – 121,8 тыс. Таким образом, в общей сложности за период с 1989 по 2010 г. отток ученых и инженеров из области технических наук составил около 445 тыс. чел., подавляющая часть из которых ушла в новообразовавшиеся сферы российской экономики, прежде всего в бизнес. Сравнительно небольшая доля таких специалистов, около 5% от общего числа покинувших науку, то есть приблизительно 22 тыс. ученых и инженеров, мигрировали за рубеж, в том числе и в США. Рассмотрим, в частности, отток специалистов разного профиля, включая «технарей» из бывшего СССР, в Соединенные Штаты за 5 лет (1989–1993), согласно американским статистическим источникам (табл. 2).

Как показывают данные таблицы, при всей малочислен-

ности уехавших за рубеж инженеров, в сопоставлении с оставшимися в России, число эмигрировавших в США инженеров (3423 чел.) оказалось в 3 раза больше, чем всех уехавших специалистов в области точных, естественных и общественных наук, вместе взятых (1177 чел.).

Труд специалистов-технарей выражается, в частности, в совершенствовании технологических процессов, выпуске конкурентоспособной технопродукции, изобретательстве, в гораздо меньшей, по сравнению с учеными-естественниками, научно-публикационной активности. У них больше внутрикорпоративных обязательств перед менеджментом, они не сами выбирают тематику разработок, а им ставят технические задачи. В силу жесткой конкуренции на мировом рынке и важности сохранения внутрикорпоративных секретов они менее общительны с соотечественниками, работающими в других, конкурирующих компаниях, реже посещают научные конференции в сравнении с естественниками, которые социально и географически более мобильны, чаще на виду у прессы. Если для ученых и инженеров в области технических наук более характерна внутрикорпоративная замкнутость, то для ученых-естественников, наоборот, характерна внекорпоративная никем не контролируемая коммуникабельность. Если естественники в этом смысле – это ученые всего мирового сообщества, то технари прежде всего «принадлежат» частным корпорациям. Эти предметные особенности научной деятельности русскоязычных естественников и технарей накла-

дывают сильный отпечаток и на их поведенческую стратегию внутри русскоязычной диаспоры и за ее пределами.

Если сотрудничество российских ученых с эмигрантами-естественниками представляет большой интерес для развития фундаментальных наук и высшей школы в России, где уже имеется свой, советский опыт развития, то взаимодействие с учеными и инженерами в области технических наук может весьма продуктивно сказаться на активности высокотехнологического сектора российской экономики и его участии в международном рынке технопродукции, где отечественный опыт оказался недостаточно продуктивным. Здесь возможен взаимовыгодный интерес как для представителей высокотехнологичной русскоязычной диаспоры за рубежом, так и для инновационного сектора «материнской» науки. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агамова Н. С., Аллавердян А. Г. Динамика утечки умов и становления российской научной диаспоры // Наука. Инновации. Образование. М., 2006. С. 116–119.
2. Егеров С. Унесенные ветром? // Поиск. 1996. 10–16 февраля.
3. Мозги утекающие. Интервью с профессором С. Егеровым // Московские новости. 1998. 22–29 ноября.
4. Салтыков Б. Г. Уроки реформирования российской науки (последнее десятилетие XX – начало XXI вв.) // Наука. Инновации. Образование. 2006. № 7. С. 11.
5. Наука в Российской Федерации. Стат. сб. – М., 2005; Индикаторы науки: 2008. Стат. сб. – М., 2008.
6. Immigrant Scientists, Engineers, and Technicians / National Science Foundation (U.S.). – 1993.
7. Science and Engineering Indicators / National Science Board (U.S.) 1993.

*Nikolai Kazak, Vladimir Belyi, Svetlana Kurilkina*

**Optics of crystals** ..... 4

The article considers the history of crystal optics in Belarus. The research results of Belarusian scientists are noted which have earned the world recognition. New promising directions and possible applications of crystal optics are indicated.

*Sergey Gaponenko*

**Semiconductor nanocrystals** ..... 9

A brief overview on basic properties of semiconductor nanocrystals is presented in terms of quantum size effects and current and emerging applications in optoelectronic devices. Semiconductor nanocrystals form a basis for novel technology platform known as colloidal nanophotonics.

*Alexei Tolstik, Alena Melnikava, Volha Kabanava, Irina Rushnova, Alexander Muravsky, Anatoli Murauski, Alina Yakauleva*

**Liquid crystals as advanced photonics materials** ..... 14

Liquid crystals are considered as promising materials for modern photonics. It is shown that the synthesized photosensitive azo dyes make it possible to create a new generation of electrically switchable photonic liquid crystal devices.

*Andrei Soldatov, Dmitry Karpinsky*

**Colombian color of Belarusian emeralds** ..... 20

The authors described the main characteristics of natural and flux emeralds, and the technology of their cultivation.

*Igor Semchenko, Sergei Khakhomov, Andrey Samofalov, Aliaksei Balmakou*

**Metamaterials and metasurfaces** ..... 23

The authors consider and give examples of metamaterials and metasurfaces created on the basis of metal helices and omega elements of a classical or rectangular shape, discuss the analogy and differences between metamaterials and crystals. Unlike natural crystals, metamaterials can simultaneously have equally significant dielectric and magnetic properties.

*Aliaksandr Makarevich, Vasily Shepelevich, Stanislav Shandarov*

**Photorefractive crystals** ..... 28

The authors give a brief review of experimental and theoretical studies on the dependence of the hologram diffraction efficiency and the object light wave gain on the thickness of photorefractive sillenite crystals. The inverse piezoelectric effect and photoelasticity should be considered in theoretical analysis of the obtained experimental data.

*Alexander Shumilin*

**Innovative development of Belarus in dynamics** ..... 32

The State Program for Innovative Development and 27 scientific and technical programs results were summed up. The measures to increase the competitiveness of the national economy in the world market, a package of policy documents that will allow the Republic of Belarus to implement ambitious innovative projects by 2025 were proposed.

*Wang Yuan, Mikhail Kovalev*

**Features and main stages of China's digital economy formation** ..... 39

The article considers the features and basis of China's digital economy formation. It is underlined that China's digital economy is a driver for innovative economic growth and has an impact on global development.

*Tamara Chernysheva*

**Factory of digital novelties** ..... 44

The article considers the business model of the Alibaba Group, which effectively commercializes technological ideas and services and actively invests in new ventures.

*Elena Khodko, Andrey Khodko*

**Improving energy efficiency as a key factor in sustainable economic development** ..... 49

The article underlines the importance of energy efficiency in achieving the goals of sustainable economic development. It has been shown that the main lines of energy saving in the construction sector are reduction in the specific energy consumption of buildings and structures, higher efficiency of the energy resources in the housing stock.

*Svetlana Makrak*

**Smart-system management of material resources in conditions of circular agricultural economy development in the Republic of Belarus** ..... 54

The author proposes a conceptual model of a Smart-system for material resource management in the context of the circular economy development as a global strategic vector.

*Sergey Losev*

**Compulsory licenses and access to medicines** ..... 58

The author considers the problem of limiting the patent monopoly through compulsory licensing, which is especially important in connection with the global COVID-19 pandemic.

*Alexander Brass*

**The human factor of innovation** ..... 65

The author considers the innovative activity motivation mechanisms that can stimulate personnel to work, but first to show initiative, improve the skills and increase the overall efficiency of the enterprise.

*Evgeny Shukhno*

**The role of organizational culture in the professional activities of young scientists of the NAS of Belarus** ..... 71

Their satisfaction with various aspects of labor activity, as well as working conditions are analyzed.

*Alesya Solovey*

**Student youth of Belarus: sociological dimension** ..... 76

The article analyzes the priorities of Belarusian university students based on the data of sociological survey. The importance of the study is substantiated in the context of the state policy of attracting young people to science and national economy to achieve the renewal and modernization.

*Alexander Allakhverdyan*

**Staff decline in technical and natural sciences and emigration of Russian researchers** ..... 80

The processes of migration of Russian scientists in the field of natural and technical sciences have been studied, and significant differences in their objective activity and socio-communicative behavior have been shown.



**Драўлянае хрысціянскае храмабудаўніцтва Беларусі** / Т. В. Габрусь. — Мінск: Беларуская навука, 2020. — 318 с.: іл.  
ISBN 978-985-08-2616-9.

Выданне прысвечана ўнікальнаму культурнаму феномену — драўлянаму сакральнаму дойлідству Беларусі, складанасці яго гістарычнага лёсу і мастацкай адметнасці. Аўтар разглядае помнікі драўлянага храмабудаўніцтва розных хрысціянскіх канфесій як агульную культурную спадчыну беларускага народа, прапануецца новая мастацтвазнаўчая сістэматызацыя і класіфікацыя храмаў паводле іх архітэктонікі і канцэпцый формаўтварэння. Рукапіс дапоўнены бібліяграфіяй, спісам даследаваных драўляных храмаў, тлумачальным слоўнікам асноўных тэрмінаў і паняццяў драўлянага храмабудаўніцтва, утрымлівае вялікую колькасць сучасных і архіўных фотадымкаў, планаў і рэканструкцый збудаванняў.

*Прызначана для навукоўцаў у галіне мастацтвазнаўства, гісторыі архітэктурны і рэлігіі, а таксама для шырокага кола чытачоў.*



**Сацыяльна-эканамічнае развіццё Беларусі (канец XVIII — пачатак XX ст.)** / В. В. Яноўская [і інш.]; рэдкал.: В. В. Даніловіч (гал. рэд.) [і інш.]; Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т гісторыі. — Мінск: Беларуская навука, 2020. — 684 с.: іл.  
ISBN 978-985-08-2578-0.

У манаграфіі раскрываюцца асноўныя тэндэнцыі сацыяльна-эканамічнага развіцця Беларусі ў канцы XVIII — пачатку XX ст.: аграрная палітыка і эвалюцыйныя працэсы ў галіне сельскай гаспадаркі, развіццё прамысловасці і гарадоў, сацыяльная трансфармацыя беларускага грамадства, фарміраванне камунікацыйнай і інфармацыйнай прасторы, фарміраванне і развіццё фінансава-кредытнай сістэмы, гандаль, прадпрыемства і ўдзел замежных прадпрыемстваў і фінансістаў у развіцці прамысловасці і транспарту.

*Прызначаецца для ўсіх, хто цікавіцца гісторыяй Беларусі канца XVIII — пачатку XX ст.*



**Лавіся, рыбка, вялікая і малая** / А. М. Ненадавец, Я. А. Ненадавец. — Мінск: Беларуская навука, 2020. — 287 с.: іл. — (Традыцыйны лад жыцця).  
ISBN 9789850825964.

У кнізе распавядаецца пра рыбалоўства на тэрыторыі беларускіх земляў, пачынаючы ад сівых стагоддзяў і заканчваючы нашымі днямі. Аўтары аналізуюць шматлікія гістарычныя і архіўныя звесткі, у якіх згадалася, якую рыбу, колькі і дзе лавілі, якія вадаёмы асабліва славіліся багаццем рыбных запасаў. Акцэнтуюцца ўвага на тым, якіх абрадаў і прымаў трываліся рыбакі ў штодзённым жыцці ці пры выкананні сваіх непасрэдных службовых абавязкаў. Падкрэсліваецца, што ў класічнай беларускай літаратуры таксама даволі поўна адлюстраваны працэс рыбалоўства.

*Адрасуецца аматарам рыбалоўчай справы, прыхільнікам гісторыі народных промыслаў, даследчыкам, студэнтам і школьнікам, якія бачаць у мінулым найбагацейшую скарбонку духоўных і матэрыяльных каштоўнасцей нашага народа.*

## РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

*предлагает литературу*

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

*принимает заказы на печать*

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

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

*(+37517) 396-83-27,  
370-64-17, 267-03-74.*

*Адрес: ул. Ф. Скорины, 40,  
220141, г. Минск,  
Республика Беларусь  
belnauka@mail.ru  
www.belnauka.by*



# EXPO SMART industry

29-2020  
сентября октября

Минск, Беларусь

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ФОРУМ ПО СМАРТИФИКАЦИИ  
РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА  
ЭКОНОМИКИ

[www.smartexpo.pro](http://www.smartexpo.pro)

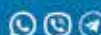
## Цифровые ТЕХНОЛОГИИ и решения для промышленности

BIG DATA  
IIOT  
DIGITAL TWIN  
AR&VR  
3D  
AL  
BLOCKCHAIN  
ROBOTICS  
SENSORS  
ADDITIVE TECHNOLOGIES  
CLOUD SOLUTIONS



ЭКСПОФОРУМ  
выставочное предприятие

+375 17 314 34 30



+375 29 603 24 87

@sb@expoforum.by