

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ  
СОСТАВЛЯЮЩАЯ  
ПРИБОРОВ

21

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ  
КООПЕРАТИВЫ  
В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

40

АНАЛИТИЧЕСКИЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ  
ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

45

КОНЦЕПЦИИ  
ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ  
В МАРКЕТИНГЕ

53

# Наука и инновации

№3 (229)

МАРТ 2022

научно-  
практический  
журнал



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ISSN 1616-9857



9 177181 819850011 03  
ISSN 2412-9372 (online)



# Многофункциональный трибометр + 3D визуализация



**УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ИЗУЧЕНИЯ ТРИБОЛОГИИ  
И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПЛЕНОК И МАТЕРИАЛОВ  
С ИНТЕГРИРОВАННЫМ 3D-ПРОФИЛОМЕТРОМ**

NORDWOC – весь спектр решений, технологий и оборудования  
для науки, исследований и испытаний. Поставки оборудования.  
Гарантийное и постгарантийное обслуживание. Валидация.

# Особенности трибометра MFT-5000

1

**ИСПЫТАНИЯ НА ОДНОЙ ПЛАТФОРМЕ ПО СТАНДАРТАМ:** ASTM, DIN, ISO.

2

**СМЕННЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ:**

вращение, возвратно-поступательное движение, блок на кольце, фреттинг, скретч тест, твердость и т. д.

3

**ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН СИЛЫ:**

нано, микро, макро (от мН до 12 000 Н).

4

**ВСТРОЕННЫЙ 3D-ПРОФИЛОМЕТР**

Измерение шероховатости поверхности, объема износа и изменение топографии во время проведения испытаний.

5

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЛИ ПРОСТЫЕ КОНФИГУРАЦИИ**

Прибор можно комплектовать как в виде простой системы, так и провести модернизацию до многофункционального исследовательского комплекса.



**NORDWOC**

+375 (29) 370-80-76  
marketing@nordwoc.lv  
www.nordwoc.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. Гусаков – <i>председатель совета</i>	Ж. В. Комарова С. А. Красный Н. П. Крутько
П. А. Витязь – <i>зам. председателя</i>	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. Тузииков
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 Татьяна Жданович  
Наталья Минакова Юлия Василюшина

**Дизайн и верстка:**  
Алексей Петров

**Маркетинг и реклама:**  
Елена Верниковская

**Адрес редакции:**  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.  
Тел.: (017) 351-14-46,  
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 561 экз. Цена договорная.  
Подписано в печать 15.03.2022.

**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 №38.

© «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

## Новости науки и техники ..... 4

тема номера: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

*Сергей Осипенко, Алексей Козлов, Сергей Соловьев*

## Цифровая трансформация промышленного сектора ..... 6

Рассмотрена проблематика выбора концептуальных подходов к цифровой трансформации промышленного сектора на базе технологий промышленного Интернета вещей.

*Анатолий Белоус*

## Микроэлектроника как технологический базис интеллектуального приборостроения ..... 15

Проанализированы составляющие развития белорусской микроэлектроники для разработки и освоения новых поколений изделий и материалов.

*Сергей Сандомирский*

## Интеллектуальная составляющая приборов для магнитного структурного анализа ..... 21

Показано, что в основе создания приборов для магнитного контроля структуры изделий из сталей и чугунов лежат исследования по выбору и оптимизации физического воздействия на объекты контроля, формированию информационных сигналов и их обработке для снижения влияния мешающих факторов.

*Вячеслав Длугонович, Анатолий Исавевич, Сергей Никоненко*

## Национальная система метрологического обеспечения в области лазерной техники и оптики ..... 29

Представлены результаты деятельности Института физики НАН Беларуси по созданию национальной системы метрологического обеспечения Республики Беларусь в области оптики и лазерной техники.

### ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

*Ирина Емельянович*

## Рейтинги электронных правительств ..... 35

Проанализированы основные тенденции в области формирования рейтингов электронных правительств на базе Исследования ООН.

*Евгений Якушкин*

## Потребительские кооперативы в условиях цифровой экономики ..... 40

Рассматриваются проблемы трансформации кооперативных организаций и эффективности бизнес-процессов в эпоху всеобщей диджитализации, предлагаются пути решения.

### ПАТЕНТНЫЙ КОМПАС

*Жанна Комарова*

## Аналитические возможности патентных исследований ..... 45

Рассматривается важность патентно-информационных ресурсов при формировании основных направлений государственной научно-технической политики, а также практика проведения патентных исследований.

## ИНСТРУМЕНТЫ БИЗНЕСА

*Виктория Дершень, Владимир Пархименко*

### **Концепции поведенческой экономики в маркетинге**.....53

Сформулированы возможные пути использования концепций поведенческой экономики в маркетинговой деятельности, разработана классификация наиболее важных из них.

## К СТОЛЕТИЮ БЕЛОРУССКОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ

*Александр Груша*

### **Институт белорусской культуры в 1925 – первой половине 1926 г.: открывающиеся перспективы**.....60

В статье рассматриваются ход и результаты реорганизации Института белорусской культуры в 1925 г.

## ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Владимир Падутов*

### **Метагеномный анализ грибных фитопатогенов посадочного материала берез**.....66

Приводятся данные исследования метагеномной технологии – комплексного и передового метода ранней диагностики для выявления возбудителей грибных заболеваний при фитопатологическом скрининге растений березы.

*Людмила Рубаник, Николай Полещук*

### **Новый патоген WADDLIA CHONDROPHILA: актуальность обнаружения и изучения**.....71

Подняты проблемы диагностики и значимости хламидияподобной бактерии *Waddlia chondrophila* в развитии репродуктивных нарушений у человека. Показана необходимость изучения этого микроорганизма, разработки и внедрения подходов к его индикации и идентификации.

*Кирилл Сенько, Александр Федулов*

### **Предикторы трехмесячного функционального исхода системной тромболитической терапии при инфаркте головного мозга**.....77

Представлены факторы, ассоциированные с неблагоприятным исходом системного тромболитизиса у пациентов с инфарктом головного мозга, что может способствовать более безопасному и эффективному применению данного метода терапии.

# ВПЕРЕД, В БУДУЩЕЕ!

## ВНИМАНИЮ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, СТУДЕНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И АСПИРАНТОВ!

Журнал «Наука и инновации» открывает рубрику научной фантастики и предлагает вам попробовать свои силы в этом увлекательном жанре, где фантазии переплетаются с научными фактами.

Вы можете попытаться проникнуть в будущее Земли, как это делали Артур Кларк или Станислав Лем, или, подобно авторам антиутопий и постапокалипсиса, предупредить человечество об опасностях бездумного использования достижений прогресса. А может вы поднимете философские проблемы путей развития человечества, последствий погружения в цифровой мир? Или углубитесь в темы космоса, инопланетян и роботов, поделитесь альтернативным видением исторических утопий?

Ждем ваши рассказы о науке, технике и технологиях будущего. Они будут напечатаны в журнале и, без сомнения, вызовут интерес читателей, заставив их задуматься о вариантах развития нашего мира и о возможностях науки.

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





## Высокая точность инноваций



Производство инновационных автоматических ленточных весовых дозаторов типа ДВЛ-А освоено ОПРУП «Феррит» НАН Беларуси. Они применяются в технологических линиях цементной, металлургической, горнодобывающей, химической, комбикормовой и других отраслях промышленности и предназначены для автоматического воспроизведения и точного поддержания заданных значений массы при подаче сыпучих материалов в единицу времени. Новая разработка отличается широкой гаммой производительности вплоть до 100 т в час с точностью не более 0,25% от заданных значений.

Инновационная продукция успешно прошла метрологическую экспертизу в Белорусском Государственном институте метрологии и получила государственный сертификат на средство измерения в Государственном Комитете по стандартизации Республики Беларусь. Первые поставки осуществлены на Гомельский химический завод.

Дозаторы ОПРУП «Феррит» спроектированы и изготавливаются на современной элементной и конструктивной базе, имеют полностью компьютеризированное управление на основе новейших программных разработок, обладают удобным интерфейсом управления на базе дисплеев с сенсорным вводом и могут быть интегрированы в АСУ предприятия. Одновременно разработана и изготовлена система поверки и контроля, позволяющая проводить аттестацию новинки в соответствии с требованиями государственных органов.

В настоящий момент специалисты предприятия работают над новым поколением дозаторов с повышенной точностью (до 0,1%) и производительностью. Оригинальная конструкция весового стола и заложенные принципы детектирования и обработки сигналов о мгновенном изменении веса продукта, а также применение собственного программного обеспечения позволяет расширить не только сферу применения данной линейки изделий, но и модифицировать их для расширения функционала. ■



## Новый урожай сортов овощей



Учеными Института овощеводства НАН Беларуси выведен раннеспелый гибрид томата Зубренок F1, который созревает на 3–5 дней раньше крупноплодных аналогов.

В отличие от сортов зарубежной селекции, он обладает относительной устойчивостью к таким заболеваниям, как кладоспориоз и фитофтороз. Детерминантное (низкорослое) растение с обычным листом и крупными плодами плоско-округлой формы массой 120–180 г (в технической спелости светло-зелеными, в биологической – красными) формируется в 3 стебля, отличается урожайностью 45,5 т/га (в пленочной теплице – 12 кг/м<sup>2</sup>) и выходом товарной продукции на уровне 90%.

Использование плодов универсально: от употребления в пищу в свежем виде до приготовления соков и кетчупов. В связи с этим небезынтересно услышать довод ученых о том, что данный вид помидоров выделяется высокими вкусовыми качествами: специалисты оценивают их в 4,5 балла из 5.

Прибавилось и новых гибридов капусты. Например, Варта F1 относится к среднеспелым: от массовых всходов до технологической зрелости проходит 135–145 дней. По словам директора Института овощеводства Андрея Чайковского, при выращивании такого овоща из кассетной рассады готовую продукцию можно убирать в конце августа – начале сентября, при этом урожайность составляет 120 т/га. Кочаны массой 4,2 кг, беловато-желтоватые на разрезе, не только пригодны для квашения, но могут храниться для потребления в свежем виде до января–февраля следующего года. По сравнению с другими сортами и гибридами данный более устойчив к такому заболеванию растений, как слизистый бактериоз.

На 2022 год в Государственный реестр сортов для промышленного выращивания внесено 4 новых гибрида овощных культур белорусской селекции. Об этом сообщил директор Института овощеводства НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук Андрей Чайковский.

Среди районированных сортов представлены, в частности, несколько новых гибридов огурцов с улучшенными характеристиками, позволяющими получать более ранние урожаи в климатических условиях Беларуси, а также плоды с более совершенными вкусовыми качествами. Кроме того, новые виды овощей меньше подвержены заболеваниям и лучше хранятся.

Например, Духмяны F1 – межлинейный партенокарпический гибрид огурца корнишонного типа. Урожайность плодов на стадии зеленца у него составляет 50–60 т/га, превышая стандарт F1 Колорит на 12–15%. Отличается скороспелостью: период от появления всходов до начала плодоношения – 40–45 дней. Зеленец черношипый, среднебугорчатый, темно-зеленой окраски, длиной 8–10 см, без горечи, универсального назначения, с содержанием 4–6% сухих веществ, 2–3% сахаров и 8–15 мг/100 г – витамина С. Гибрид устойчив к комплексу грибных болезней. Порадует любителей огородничества и тем, что предназначается для возделывания в открытом грунте. Рекомендуемая специалистами схема посева: 140 x 10–15 см.

А вот короткоплодные огурцы Пачастунак F1 относятся к гибридам защищенного грунта. Урожайность зеленца – 15 кг/м<sup>2</sup> (больше, чем у стандарта F1 Тонус, на 19%). Сроки спелости средние: от всходов до начала плодоношения – 48 дней. Зеленец темно-зелёной окраски, бугорчатый, белошипый, длиной 9–10 см и массой 80 г. Плоды без горечи, содержат 4–5% сухих веществ, сахаров – 3–4%, витамина С – 8–12 мг/100 г. Устойчив к мучнистой росе пероноспорозу. Ученые советуют высаживать рассаду в теплицах по следующей схеме: 140 x 50 см. ■



Духмяны



Пачастунак

## Искусственный импульсный нейрон



Существенным прорывом последних лет в науке стали оптоэлектронные устройства с динамическими свойствами, аналогичными реальным биологическим нейронам. Это связано с очень коротким временем отклика таких устройств по сравнению с натуральными нейронами, что позволяет создать быстродействующие искусственные нейронные сети. Учеными из Института физики им. Б.И. Степанова и Института физиологии

НАН Беларуси предложен и экспериментально реализован искусственный импульсный нейрон на основе оптоэлектронной пары «вертикально-излучающий лазер – однофотонный лавинный фотодиод».

Эта разработка демонстрирует основные динамические свойства биологических нейронов: пороговое возбуждение, независимость амплитуды потенциала действия от амплитуды стимула выше порога, наличие абсолютного рефрактерного периода, зависимость частоты возбуждения нейрона от силы стимула. Ключевым элементом искусственного нейрона является детектор одиночных фотонов, способный регистрировать их малые токи и осуществлять ступенчатую функцию активации. Наличие мертвого времени в таких детекторах соответствует наличию абсолютного рефрактерного периода в биологических нейронах.

Оптоэлектронные нейроны позволяют осуществлять различные кодирования и масштабирования, а объединенные вместе образуют физические импульсные нейронные сети. В этом контексте использование искусственного оптоэлектронного нейрона на основе вертикально-излучающих лазеров и однофотонных лавинных фотодиодов имеет ряд преимуществ: низкую рабочую мощность, микронные размеры, невысокую стоимость и вероятность создания крупномасштабных линейных и двумерных массивов искусственных нейронов. В частности, одна из возможных реализаций искусственной импульсной оптоэлектронной нейронной сети – многослойная структура, состоящая из слоев массивов лазеров и фотодиодов, разделенных слоев оптических аттенуаторов и соединенных в соответствии с разработанной архитектурой сети. Подобная сеть может применяться для распознавания образов, устранения шумов в изображениях, задачах классификации и т.д. практически в реальном масштабе времени благодаря распределенной и параллельной архитектуре обработки, чем отличается от программно-реализуемых искусственных нейронных сетей. ■

Подготовили

Татьяна ЖДАНОВИЧ,  
Юлия ВАСИЛИШИНА,  
Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ.

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА



**Сергей Осипенко,**  
замдиректора по  
техническому развитию  
унитарного предприятия  
«ЦНИИТУ-ИТ»



**Алексей Козлов,**  
начальник научно-  
технического управления  
Министерства  
промышленности  
Республики Беларусь



**Сергей Соловьев,**  
генеральный директор  
ОАО «ЦНИИТУ»

**К**онцепцию четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) впервые сформулировали в 2011 г. в Ганновере как внедрение в заводские процессы киберфизических систем. Предполагается, что они объединятся в одну сеть, будут связываться друг с другом в режиме реального времени, самонастраиваться и учиться новым моделям поведения. Такие сети смогут выстраивать производство с меньшим количеством ошибок, взаимодействовать с производимыми товарами и при необходимости адаптироваться под новые потребности потребителей [1].

Отличительными особенностями Индустрии 4.0 являются:

- **Цифровизация и вертикальная интеграция по цепочке создания стоимости.** Процессы при этом выстраиваются по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и сервис-



ным обслуживанием. Все данные об операционных процессах, их эффективности, управлении качеством и операционном планировании доступны в режиме реального времени в едином информационном пространстве, оптимизированы под различные платформы [2].

- **Цифровизация и горизонтальная интеграция нескольких цепочек создания стоимости.** Данная интеграция выходит за пределы деятельности одного предприятия и охватывает поставщиков, потребителей и всех ключевых партнеров по цепочке создания стоимости. Используются инструменты интегрированного планирования, учитывающие входящие параметры от партнеров (смещение сроков поставок, изменение объемов производства и др.), что позволяет оперативно корректировать планы [3].
- **Цифровизация продуктов и услуг,** предполагающая их дополнение интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совмести-

мыми с инструментами анализа данных. Благодаря внедрению новых методов аналитики у компаний появляется возможность получать сведения об использовании продуктов и дорабатывать их в соответствии с новыми требованиями конечных пользователей [2].

- **Цифровые бизнес-модели и доступ клиентов.** Ведущие отраслевые компании расширяют спектр предоставляемых ими услуг, предлагая революционные цифровые решения, например комплексное персонализированное обслуживание на основе данных и интегрированные платформы [3].
- **Новые цифровые бизнес-модели.** Они зачастую направлены на получение дополнительной выручки от цифровых решений, оптимизацию взаимодействия с клиентом и улучшение их доступа. Цифровые товары и услуги часто предназначены для обслуживания путем предоставления им комплексных решений в обособленной цифровой экосистеме [4].

- Развитая технологическая платформа.**  
 Предприятия используют высокотехнологичные машины и оборудование, информационно-коммуникационные решения и киберфизические системы, обеспечивающие цифровизацию и интеграцию. Без развитых технологий проблематично реализовать все предыдущие атрибуты с практической точки зрения [3].

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0

Согласно исследованию Национальной академии науки и техники Германии [4], на сегодняшний день компании все еще решают проблемы, связанные с созданием базовых условий для Индустрии 4.0. Соответственно, путь развития начинается с цифровизации. Хотя сама по себе она не является частью Индустрии 4.0, информатизация и связанность представляют собой базовые требования для ее реализации. За этими двумя первоначальными этапами следуют четыре других, в ходе которых развиваются характеристики, необходимые для Индустрии 4.0 (рис. 1).

## ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

Информатизация уже довольно распространена в большинстве компаний и главным обра-

зом используется для более эффективного выполнения повторяющихся задач. Она открывает важные преимущества, например помогает удешевить производство и одновременно привести его к более высоким стандартам и точности, без которой было бы невозможно изготавливать многие современные продукты. Тем не менее мы до сих пор видим множество оборудования без цифрового интерфейса. Это особенно актуально в отношении оборудования, имеющего длинные циклы или аппаратов, управляемых вручную. В таких случаях недостающим звеном в связи между бизнес-приложениями и оборудованием зачастую становятся терминалы.

Одним из примеров этапа информатизации является фрезерный станок с ЧПУ типа CNC. Хотя некоторые его узлы характеризуются высокой точностью за счет использования числового программного управления, данные САПР, в которых подробно указаны действия для выполнения, нередко приходится передавать на станок вручную. Другими словами, здесь не хватает связанности. Еще один пример – системы для коммерческого применения, не подключенные к ERP компании. В результате может возникнуть такая ситуация, когда, к примеру, полуавтоматический контроль качества будет выполняться на испытательной станции, но зафиксированные дан-

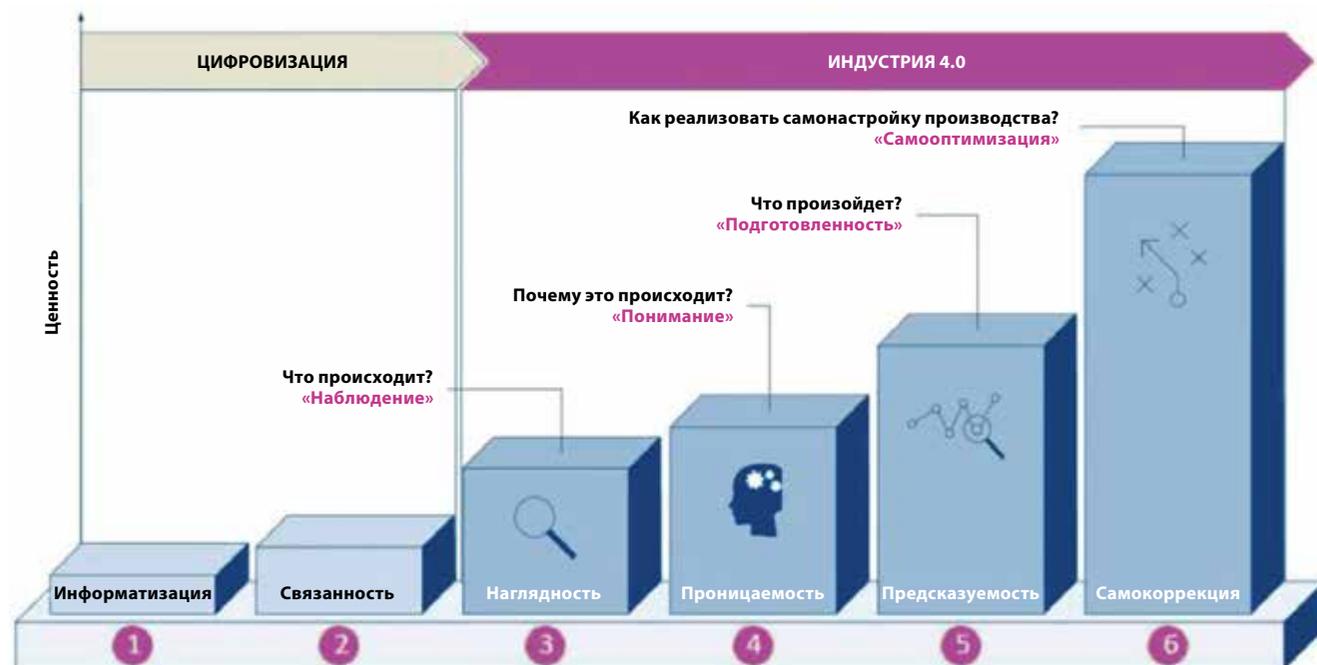


Рис. 1. Этапы развития Индустрии 4.0 (Институт управления промышленной деятельностью (FIR) при Рейнско-Вестфальском техническом университете Ахена)

ные не будут связаны с соответствующим рабочим заданием. Из-за этого впоследствии становится гораздо труднее определить, какие проблемы возникли на определенных этапах.

## СВЯЗАННОСТЬ

---

На данном этапе взаимосвязанные элементы приходят на смену разделному внедрению информационных и эксплуатационных технологий, однако полная интеграция их уровней еще не достигнута.

IP-протокол все чаще применяется на производстве. Поскольку текущая версия IPv6 дает возможность использовать гораздо более длинные адреса, чем ее предшественник IPv4, теперь все компоненты могут быть соединены друг с другом без необходимости преобразования сетевых адресов. Это ключевое требование для Интернета вещей. Связанность означает, к примеру, что после создания проекта его данные передаются на производство для выполнения работ по изготовлению (процессы CAD/CAM). После завершения цикла возможно автоматическое предоставление подтверждения в реальном времени посредством системы управления производством (MES).

На существующих предприятиях производственные активы находятся в использовании до тех пор, пока с их помощью можно изготавливать качественные продукты. Нередко встречается оборудование, которому более 50 лет. Поскольку IP-протокол обеспечивает возможность стандартизированной коммуникации на производственной площадке, применение новых сенсорных технологий означает, что эти активы, не утратившие своей продуктивности, могут быть с легкостью соединены с другими системами для предоставления данных.

## НАГЛЯДНОСТЬ

---

Датчики позволяют фиксировать выполнение процессов с начала и до конца с огромным количеством точек ввода данных. Благодаря снижению цен на датчики, микрочипы и сетевые технологии теперь можно записывать события и состояния в реальном времени во всей компании и за ее пределами, а не просто в отдельных областях, таких как производственные участки, как это было ранее. За счет этого стала доступна актуальная цифровая модель предприятия. Она может пока-

зать, что происходит в компании в определенный момент времени, чтобы управленческие решения были основаны на реальных данных, и, следовательно, представляет собой краеугольный камень для последующих этапов. Создание цифровой модели – серьезная проблема, состоящая в том, что обычно отсутствует единый источник достоверных данных, поскольку зачастую они хранятся в децентрализованных хранилищах. Кроме того, часто в таких сферах, как производство, логистика и обслуживание, по-прежнему собирается очень мало данных, даже в рамках централизованных процессов. Помимо этого, полученные сведения видит только ограниченное число людей, которое имеет к ним доступ и разбирается в соответствующих системах. Более широкое использование запрещено ввиду границ системы. Для создания постоянно развивающегося, гибкого предприятия обязательно условие общих прав на получение данных. Так важные сведения об операциях будут предоставляться всему учреждению.

Благодаря этому можно гораздо быстрее определить изменение даты поставки, вызванное какой-либо проблемой, посредством ключевых показателей эффективности в реальном времени и панелей управления. Таким образом, руководитель может скорректировать планирование производства, а клиенты и поставщики будут в курсе дел.

Это область, в которой компаниям необходимо изменить свой образ мышления. Вместо сбора данных для конкретного анализа или поддержки определенной операции следует иметь возможность в любой момент создать актуальную модель всей компании, не связанную с отдельными событиями анализа данных. Их сбор с помощью существующих и новых датчиков сулит значительные преимущества. Интеграция систем PLM, ERP и MES обеспечивает комплексную картину, которая позволяет увидеть текущее положение дел. Кроме того, модульные подходы и приложения могут помочь в создании единого источника достоверных данных.

## ПРОНИЦАЕМОСТЬ

---

Этот этап помогает компании понять, почему происходят определенные события, и использовать эту информацию, чтобы иметь необходимые знания путем анализа первопричин. Для определения и интерпретации взаимосвязей в цифровой модели сведения должны быть проанализированы

посредством применения инженерных знаний. Семантическая связь, агрегация данных для получения необходимой информации и соответствующая контекстуализация обеспечивают знание процессов, необходимое для поддержки сложного и быстрого принятия решений.

Новые технологии, поддерживающие анализ больших объемов данных, могут оказаться чрезвычайно полезными в этом отношении. Как правило, приложения для их обработки развертываются параллельно с корпоративными системами, такими как ERP или MES, и представляют собой общую платформу, которая может использоваться, к примеру, для выполнения анализа объемных случайных данных с целью выявления взаимосвязей в цифровой модели компании. Такая прозрачность в отношении важных взаимосвязей может применяться, например, для мониторинга состояния станков и оборудования. В записанных параметрах выполняется поиск общих событий и зависимостей, которые затем объединяются для формирования составных событий, отражающих состояние станка или оборудования. Следовательно, прозрачность, среди прочего – требование для профилактического технического обслуживания.

## ПРЕДСКАЗУЕМОСТЬ

При достижении этого этапа компания может моделировать различные будущие сценарии и определять наиболее вероятные из них. В результате можно предвидеть будущие события и, как следствие, своевременно принять решение и надлежащие меры. Хотя действия в рамках таких мер все еще нужно выполнять вручную, благодаря более длительному времени на подготовку сокращаются возможные негативные последствия. Уменьшение количества непредвиденных случаев, вызванных, к примеру, поломками или отклонением от плана, обеспечивает более стабильную работу предприятия. Оно может обратить внимание на периодические проблемы в сфере логистики, такие как сбои в работе перевозчика, даже до их возникновения и предотвратить их.

Предсказуемость в значительной мере зависит от проделанной работы. Должным образом сформированная цифровая модель и знание соответствующих взаимосвязей помогут делать прогнозы и давать рекомендации высокого качества.

## САМОКОРРЕКЦИЯ

Это фундаментальное требование для автоматизированных решений и автоматизированного процесса их принятия. Постоянная адаптация позволяет компании переложить обязанности по определенным решениям на ИТ-системы, чтобы иметь возможность максимально быстро адаптироваться к меняющейся бизнес-среде.

Степень предсказуемости зависит от сложности решений и соотношения затрат и выгод. Зачастую оптимальным вариантом является автоматизация отдельных процессов. Соответственно, необходимо изучить, насколько целесообразно выполнять повторяющиеся операции в автономном режиме. При этом важно внимательно оценить риски автоматизации утверждений и подтверждений для клиентов и поставщиков. В качестве примера можно привести изменение последовательности запланированных задач из-за ожидаемых сбоев оборудования или во избежание задержек поставки. Цель предсказуемости считается достигнутой, когда компания может использовать данные цифровой модели для принятия решений, которые принесут наилучшие результаты в максимально короткий срок, и автоматически, то есть без участия человека, реализовывать соответствующие меры.

## КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СТЕКА ИНДУСТРИИ 4.0

Американский институт стандартов и технологий (ANSI) дает, на наш взгляд, наиболее точное и полное определение киберфизических систем: «Киберфизическая, или умная, система (CPS, КФС) – это сеть взаимодействующих физических и вычислительных компонентов, проектируемая как единая система, организованная в рамках единой базовой киберфизической модели и адаптирующаяся к изменениям реального мира».

Принципиальная новизна подходов при проектировании КФС заключается в интеграции кибер- (вычисление, связь, управление) и физического мира, которая приводит к пересечению, конвергенции ИТ и ОТ (операционных технологий); со-дизайну аппаратных и программных компонентов; созданию цифровой копии физического мира.

Основными «вызовами» здесь являются повышенный уровень ответственности, критичность скорости принятия решений, необратимая динамика процессов, сложность моделирования физической реальности.

При разработке КФС стоит целый ряд задач:

- разработка алгоритмов принятия решений гарантированной производительности, надежности и безопасности;
- создание самообучаемых алгоритмов сенсорно-моторной координации;
- развитие естественных интерфейсов человеко-машинного взаимодействия;
- технологическое дополнение человека в физическом пространстве и социально ответственная робототехника;
- внедрение технологий EDGE/FOG вычислений в конвергенции с облачными вычислениями;
- реализация мероприятий в области информационной безопасности.

## ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

ПоТ – ключевая технология построения киберфизических систем, Интернет вещей для корпоративного/отраслевого применения, представляющая собой объединенные компьютерные сети с подключенными промышленными (производственными) объектами со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме без участия человека.

Принцип работы технологии заключается в следующем: первоначально устанавливаются датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и человеко-машинные интерфейсы на ключевые части оборудования, после чего осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет компании приобрести объективные и точные данные о состоянии предприятия. Они доставляются во все отделы компании, что помогает наладить взаимодействие между сотрудниками и принимать обоснованные решения. При этом можно быстро менять устаревающую бумажную документацию, а также аккумулировать экспертные знания специалистов.

Внедрение ПоТ дает возможность увеличить эффективность активов на 10–15% за счет сокращения количества незапланированных простоев; снизить затраты на техническое обслуживание на 5–10%, усовершенствовав процедуры прогнозирования и предот-

вращения катастрофических отказов оборудования и выявляя неэффективные операции; повысить производительность на 5–10%, увеличить уровень энергоэффективности и сократить эксплуатационные расходы до 20% за счет более рационального использования энергии.

В конечном итоге индустриальный Интернет вещей позволяет не только повысить качество технической поддержки оборудования за счет развитых средств телеметрии, но и обеспечить переход к новой бизнес-модели его эксплуатации, когда оборудование оплачивается заказчиком по факту использования его функций.

Внедрение сетевого взаимодействия между машинами, оборудованием, зданиями и информационными системами предоставляет возможность осуществлять мониторинг и анализ окружающей среды, процесса производства и собственного состояния в режиме реального времени, а передача функции управления и принятия решений интеллектуальным системам приводит к смене парадигмы технологического развития.

ПоТ может последовательно эволюционировать от подключения отдельных продуктов и объектов с целью их диагностики и контроля до объединения различных объектов управления в сети, а последние – в более сложные сетевые платформы и комплексные производственные решения [5].

По мнению J'son & Partners Consulting, за количественным ростом Интернета вещей и организационно-технологической трансформацией производства стоят важные качественные изменения в экономике:

- *данные, которые раньше были недоступны, с ростом проникновения встроенных устройств представляют собой ценную информацию о характере использования продукта и оборудования для всех участников производственного цикла, являются основой формирования новых бизнес-моделей и обеспечивают дополнительный доход от предложения новых услуг (контракт жизненного цикла на промышленное оборудование, контрактное производство как сервис, транспорт как сервис, безопасность как сервис и др.);*
- *виртуализация производственных функций сопровождается формированием экономики совместного использования, характеризующейся существенно более высокой эффективностью и производительностью за счет*

мобилизации имеющихся ресурсов, изменения функционала устройств без внесения изменений в физические объекты, путем совершенствования технологий управления ими;

- моделирование технологических процессов, сквозное проектирование и, как результат, оптимизация цепочки создания стоимости на всех этапах жизненного цикла продукта в режиме реального времени позволяют производить штучный или мелкосерийный продукт по минимальной цене для заказчика и с прибылью для производителя, что в традиционном производстве возможно только при массовом его характере;
- эталонная архитектура, стандартизированные сети и удобная модель аренды делают совместную производственную инфраструктуру доступной для среднего и малого бизнеса, что облегчает их усилия по управлению производством, позволяет ускорить реагирование на изменяющиеся требования рынка и сокращение жизненного цикла продукции и влечет за собой разработку и появление новых приложений и сервисов;
- анализ данных о пользователе, его производственных объектах (машинах, зданиях, оборудовании) и характере потребления открывает для поставщика услуги возможности по улучшению клиентского опыта, созданию большего удобства пользования, лучшего решения и сокращению затрат, что ведет к повышению удовлетворенности от работы с данным поставщиком;
- функционирование различных отраслей экономики будет непрерывно усложняться под воздействием развития технологий и осуществляться за счет автоматического принятия решений самими машинами на основе анализа большого объема данных с подключенных устройств, что приведет к постепенному снижению роли производственного персонала, в том числе квалифицированного. Потребуется качественное профессиональное образование, включая инженерное, специальные обучающие программы для работников и тренинги.

## УСЛОВИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ IIOT

Анализ лучших мировых практик внедрения IIoT в исследовании J'son & Partners Consulting [5] показывает, что основными сферами применения решений в сфере промышленного интернета явля-

ются производства, характеризующиеся наличием одного либо нескольких следующих важных условий: выпуск широкой номенклатуры продукции, использование большого перечня комплектующих; значительная энергоемкость производства; сложные производственные условия; необходимость системной интеграции широкого спектра, потребность в повышении качества выпускаемой продукции и снижении степени брака, в обеспечении эффективного сервисного обслуживания ранее поставленной продукции, в снижении эксплуатационных затрат, в оперативной диагностике неисправностей технологического оборудования для снижения незапланированных простоев производства; в обеспечении высокой производительности персонала и его безопасности.

## СЕТИ IIOT НА ОСНОВЕ ГРАНИЧНЫХ (EDGE), ТУМАННЫХ (FOG) И ОБЛАЧНЫХ (CLOUD) ВЫЧИСЛЕНИЙ

IIoT система в облачной среде позволяет повысить эффективность использования без увеличения инвестиций и снижения производительности. Тем не менее существуют проблемы, которые ограничивают развитие умного производства.

**Пропускная способность.** Данные, генерируемые различными производственными ресурсами, которые могут быть географически распределены, переживают взрывной рост. Они передаются по сети в облако, где выполняется их обработка. Растущий объем и скорость передачи требуют высокой пропускной способности, что очень дорого. При серьезных перегрузках сети возможны потери.

**Недоступность.** Несмотря на то что к данным, хранящимся в облаке, можно получить доступ из любого места в любое время, пользователь в значительной степени зависит от наличия подключения к Интернету. При недоступности сети ресурсы облака становятся непригодными для использования.

**Задержки.** Некоторые производственные процессы реального времени и параллельные сценарии требуют синхронизации, что выдвигает особые требования к задержкам.

**Достоверность данных.** Передача большого количества незначительных данных в облако приводит к излишнему задействованию вычислительных ресурсов. До сих пор необходимости фильтрации первых не уделялось должного внимания.

**Безопасность и конфиденциальность.** Постоянное развитие новых источников атак приводит к многочисленным проблемам безопасности. Кроме того, когда все данные передаются в облако, они также содержат конфиденциальные сведения, что увеличивает риски злонамеренного воздействия и раскрытия информации.

**Неэффективное взаимодействие.** Облачная связь между предприятиями, пользователями и машинами, которые могут находиться на одной площадке, ограничивает гибкость и эффективность подключения и интерактивного обмена сообщениями.

В результате, несмотря на широкое использование облачных вычислений в интеллектуальном производстве, некоторые приложения чувствительны к реальному масштабу времени, точной и безопасной реакции на события.

Современные тенденции и требования приложений Индустрии 4.0 диктуют необходимость пересмотра парадигмы исключительного использования, или облачных, или локальных решений. Наиболее перспективным видится переход к конвергентным ИТ сетям на основе граничных, туманных и облачных вычислений. Разберем каждый из них, а также модель конвергенции технологий.

**Облачные вычисления** – это парадигма, которая обеспечивает повсеместный, удобный сетевой доступ по запросу к общему пулу настраиваемых ресурсов. Благодаря технологии виртуализации облачные вычисления скрывают разнообразие базовых устройств и предоставляют пользователям различные услуги прозрачным образом, включая IaaS (инфраструктура как услуга), PaaS (платформа как услуга) и SaaS (программное обеспечение как услуга). Из-за увеличения количества устройств доступа здесь могут возникнуть проблемы, связанные с пропускной способностью, задержкой, недоступностью сети, безопасностью и конфиденциальностью и т.д.

**Туманные вычисления** рассматриваются как расширение облачных к пограничной сети, предоставляющее услуги доступа к устройствам, расположенным рядом с пользователем (например, сетевым маршрутизаторам, различным информационным системам и т.д.) вместо отправки данных в облако. В парадигме туманных вычислений хранение и обработка данных в основном зависят от локальных устройств, а не от облачного центра обработки данных. Это делает приложения более удобными, обеспечи-

вая максимально широкий диапазон доступа к узлам. Подобно туманным, граничные вычисления также позволяют выполнять операции на границе сети, но в непосредственной близости от источников данных. Разница между ними заключается в том, что туманные вычисления основаны на возможностях взаимосвязи между узлами, тогда как граничные осуществляются в изолированных граничных узлах.

**Граничные вычисления** предоставляют граничные услуги рядом с источником данных для удовлетворения критически важных требований в отношении гибкого подключения, оптимизации в реальном времени, интеллектуальных приложений, безопасности и конфиденциальности. В качестве дополнительных туманные и граничные вычисления, которые обеспечивают вычисления, хранение и сетевые услуги между конечными устройствами и традиционными облачными вычислениями, открывают перспективы для интеллектуальных производственных приложений.

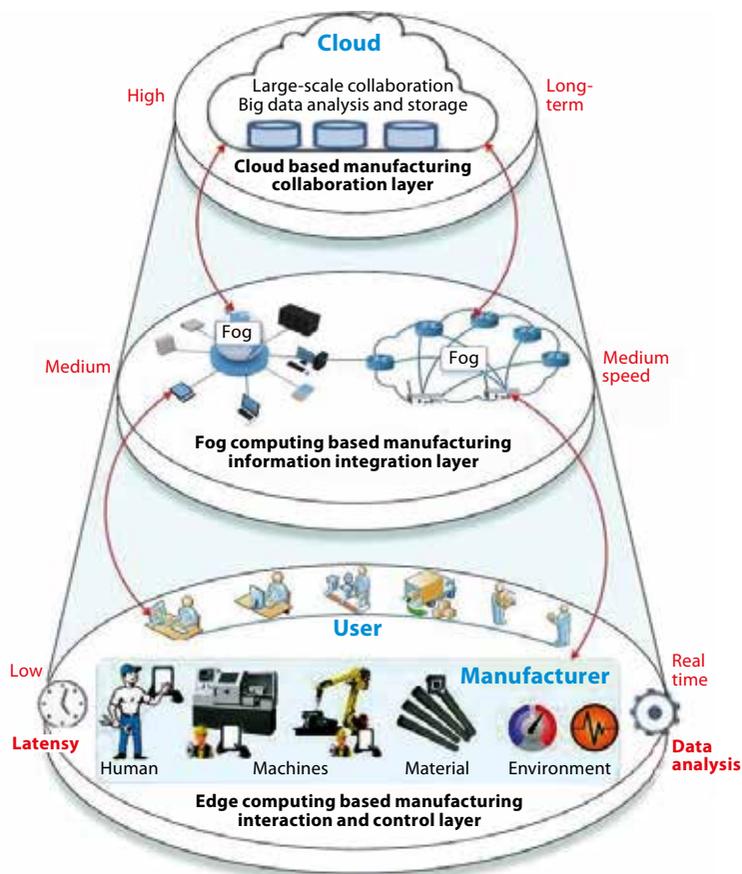


Рис. 2. Упрощенное видение архитектуры, основанной на граничных, туманных и облачных вычислениях

Для расширения возможностей интеллектуальных производственных приложений в облачной среде и обеспечения перспектив внедрения решений, требующих очень низкой и предсказуемой задержки, предлагается упрощенное видение архитектуры, основанной на граничных, туманных и облачных вычислениях для интеллектуального производства [7]. Как показано на рис. 2, эталонная архитектура включает в себя три уровня.

ПоТ состоит из граничных, туманных (FOG) и облачных архитектурных слоев, которые дополняют друг друга. Туманные вычисления используют централизованную систему, которая взаимодействует с промышленными шлюзами и встроенными компьютерными системами в локальной сети, тогда как граничные выполняют большую часть обработки на встроенных платформах, непосредственно взаимодействующих с датчиками и контроллерами.

Граничные вычисления предлагают множество преимуществ по сравнению с традиционными архитектурами, например оптимизацию использования ресурсов в системе облачных вычислений. Выполнение операций на границе сети снижает сетевой трафик, что минимизирует риск возникновения узких мест. Граничные вычисления также повышают безопасность, шифруя данные ближе к ядру сети и оптимизируя те, которые находятся дальше от него для повышения производительности. Контроль очень важен для периферийных вычислений в промышленных средах, поскольку для обработки информации требуется двунаправленный процесс. Встроенные системы могут собирать сведения на границе сети в режиме реального времени и обрабатывать их перед передачей в вычислительную среду более высокого уровня.

Предприятия нашей страны отстают от мировых лидеров в вопросе производительности труда. Применение технологий промышленного Интернета вещей может стать одним из факторов, способных это изменить. Внедрение ПоТ приведет к ускорению цифровизации экономики, усилению контроля и экономии в расходовании ресурсов, создаст более комфортные условия проживания в стране и благоприятный климат для внешних и внутренних инвесторов. Ключевым фактором, препятствующим развитию промышленного Интернета вещей в Беларуси, является отсутствие единых стандартов ПоТ. Задача научно-исследовательских предприятий сегодня – стандартизация подходов и формирование методологий внедрения технологий ПоТ. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А. В. Трачук, Н. В. Линдер. Инновации и производительность: эмпирическое исследование факторов, препятствующих росту методом продольного анализа // Управленческие науки. (2017) Т. 7, №3. С. 43–58.
2. Bauer H., Patel M., Veira J. The Internet of Things: sizing up the opportunity. New York (NY): McKinsey & Company // <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/ourinsights/the-internet-of-things-sizing-up-the-opportunity/>.
3. Geissbauer R., Schrauf S., Koch V. et al. (2014) Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet assessment / PricewaterhouseCoopers // [www.pwc.nl/en/assets/documents/pwcindustrie-4-0.pdf](http://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwcindustrie-4-0.pdf).
4. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия (2016) / PricewaterhouseCoopers // [www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf).
5. Российский рынок межмашинных коммуникаций и Интернета Вещей по итогам 2019 г., прогноз до 2025 г. // [json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/rossiyskiy-rynok-mejmachinnyh-kommunikatsiy-i-interneta-veschey-po-itogam-2019-goda-prognoz-do-2025-goda-20200717045903](https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rossiyskiy-rynok-mejmachinnyh-kommunikatsiy-i-interneta-veschey-po-itogam-2019-goda-prognoz-do-2025-goda-20200717045903).
6. Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies, (2020) Günther Schuh, Reiner Anderl, Roman Dumitrescu, Antonio Krüger, Michael ten Hompel, National Academy of Science and Engineering // <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity>.
7. A Smart Manufacturing Service System Based on Edge Computing, Fog Computing and Cloud Computing, (2019), Qinglin Qi, and Fei Tao, DOI/ACCESS.2019.2923610.
8. Industrial Cybersecurity, (2018), Frost & Sullivan, RESEARCH CODE: K617-01-00-00-00SKU: IA01628-GL-MR\_25883.
9. Gustavo Caiza, Morelva Saeteros, William Oñate, Marcelo V. Garcia (2020) Fog computing at industrial level, architecture, latency, energy, and security: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03706>.
10. Palattella M.R., Thubert P., Vilajosana X., Watteyne T., Wang Q. and Engel T., Internet of Things. IoT Infrastructures: Second International Summit, 2016.
11. Xu L.D., He W. and Li S., Internet of things in industries: A survey, IEEE Trans. Ind. Inform., vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, Nov. 2014.
12. Wollschlaeger M., Sauter T. and Jasperneite J., The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0, IEEE Ind. Electron. Mag., vol. 11, no. 1, pp. 17–27, Mar. 2017.
13. He W. and Xu L., A state-of-the-art survey of cloud manufacturing, Int. J. Comput. Integr. Manuf., vol. 28, no. 3, pp. 239–250, 2015.
14. O'Donovan P., Leahy K., Bruton K. and D. T. J. O'Sullivan, An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities, J. Big Data, vol. 2, no. 1, Nov. 2015.
15. Qu S.P. Lei Z.Z. Wang D.X. Nie X. Chen and G.Q. Huang, IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing, Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 84, no. 1, pp. 147–164, Apr. 2016.
16. Pease S.G. et al., An intelligent real-time cyber-physical toolset for energy and process prediction and optimisation in the future industrial internet of things, Future Gener. Comput. Syst., vol. 79, pp. 815–829.
17. Szymanski T.H., Supporting consumer services in a deterministic industrial internet core network, IEEE Commun. Mag., vol. 54, no. 6, pp. 110–117, Jun. 2016.
18. Weyrich M. and Ebert C., Reference architectures for the internet of things, IEEE Softw., vol. 33, no. 1, pp. 112–116, Jan./Feb. 2016.
19. X. Jia, Q. Feng, T. Fan and Q. Lei, Rfid technology and its applications in internet of things (IoT), Proc. 2nd Int. Conf. Consum. Electron. Commun. Netw., pp. 1282–1285, 2012.
20. Domingo M.C., An overview of the internet of things for people with disabilities, J. Netw. Comput. Appl., vol. 35, no. 2, pp. 584–596, 2012.
21. Atzori L., Iera A. and Morabito G., The internet of things: A survey, Comput. Netw., vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2022/03/digital\\_transformation](http://innosfera.by/2022/03/digital_transformation)

# Микроэлектроника как технологический базис интеллектуального приборостроения



**Анатолий Белоус,**  
заместитель  
генерального директора  
ОАО «ИНТЕГРАЛ» –  
управляющая компания  
холдинга «ИНТЕГРАЛ»  
по научно-техническим  
программам  
и научной работе,  
член-корреспондент

## Усиление лидирующей роли микроэлектроники

Благодаря развитию технологий человечество все время продвигается к новым высотам. В условиях четвертой промышленной революции акцент сместился на цифровую автоматизацию заводов с упором на массовое введение интеллектуальных автономных киберфизических систем, которые станут активно использовать огромные массивы данных (так называемые большие данные) и алгоритмы машинного обучения для повышения эффективности. Именно это и требуется для того, чтобы сделать производство более гибким, приспособленным к сегодняшним реалиям и конкурентоспособным в цифровом мире.

Все это стало возможным прежде всего за счет усиления в научно-технической сфере лидирую-

щих позиций микроэлектроники. Сегодня именно она является локомотивом развития различных отраслей, начиная от энергетики, машиностроения, химического и биотехнологического производства, транспортных, банковских систем, авиации и приборостроения, связи и управления, навигации, космических технологий и военной техники и заканчивая умным домом и электронным правительством. Более того, в последнее десятилетие микроэлектроника стала лидером в области конвергенции (взаимного проникновения) научно-технических направлений, являясь технологическим базисом для искусственного интеллекта, нейроморфных вычислений, нейронных сетей, кибероружия и кибербезопасности.

Созданная на основе микроэлектронных технологий функционально насыщенная элементно-компонентная база (ЭКБ) (микросхемы, полупроводниковые приборы, модули, системы на кристалле) является технологической основой всеобщей цифровизации. При этом под цифровой экономикой следует понимать не столько программный продукт, сколько аппаратно-программные комплексы (интеллектуальные приборы, оборудование, изделия, системы и т.д.), то есть законченные умные изделия, применяемые в различных критически важных отраслях и сферах. Именно они обеспечивают независимость в ходе санкционных войн. А самое главное – развитие собственного микроэлектронного производства и выпуска электронных

модулей и систем служит гарантией экономической безопасности и обороноспособности. Особую важность это приобретает в последнее время на фоне экспоненциального роста количества киберугроз. Принятые большинством развитых стран концепции национальной кибербезопасности базируются на использовании во всех критических инфраструктурах исключительно кибербезопасной (в отечественной терминологии – доверенной) ЭКБ [1–3].

Как в Беларуси, так и в России созданы и развиваются многочисленные научные школы и направления, нацеленные на развитие микроэлектронных технологий [4–7]. О значимости белорусской науки в области микроэлектроники и ее многочисленных применений говорит тот факт, что изданные в РФ энциклопедии, монографии, руководства по проектированию интеграловских ученых и инженеров переведены на английский, французский, испанский и другие языки и широко цитируются в работах зарубежных ученых [8–14].

## Инновационно-промышленный кластер и его назначение

Для координации усилий ученых белорусских вузов, академических институтов, дизайн-центров и предприятий в нашей стране по инициативе руководства Национальной академии наук в 2017 г. был создан и активно функционирует инновационный промышленный кластер «Микро-, опто-, СВЧ-электроника» (рис. 1).

В его состав вошли ОАО «ИНТЕГРАЛ» и ОАО «Минский НИИ РМ», нацеленные на создание

электронной компонентной базы, а также ОАО «Планар», работающее в области точного электронного машиностроения (технологическое, сборочное и контрольно-измерительное оборудование для производства ЭКБ). Кроме того, в республике имеются и другие государственные и частные организации, задействованные в данной сфере.

Определяющую роль в разработке и выпуске ЭКБ играет холдинг «ИНТЕГРАЛ» – уникальное предприятие микроэлектронной отрасли, реализующее весь комплекс работ, включающий НИОКР, проектирование, производство, маркетинг и сопровождение конечной продукции по широкой номенклатуре изделий и законченных товаров (медицинские приборы, электронные табло, блоки управления бытовой, промышленной, автомобильной и сельскохозяйственной техники и др.).

Сегодня перечень выпускаемой нами продукции насчитывает более 3,5 тыс. типов интегральных микросхем и полупроводниковых приборов, 200 видов жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) и модулей, 150 изделий электронной техники. Все они широко применяются практически во всех отраслях народного хозяйства: вычислительной и энергосберегающей технике, системах управления и информатики, авиационно-космической и атомной промышленности и др. Наши микросхемы и полупроводниковые приборы поставляются в 28 стран мира, однако крупнейшим потребителем выступает Российская Федерация. Примерно пятая часть от импортозамещающей ЭКБ, потребляемой в РФ, производит «ИНТЕГРАЛ».

Создание ЭКБ для систем вооружений, военной и ракетно-космической техники – традиционное

направление деятельности холдинга. За более чем 50 лет работы в данной сфере накоплен значительный опыт проектирования и организации производства высоконадежных интегральных микросхем и дискретных полупроводниковых приборов с повышенной устойчивостью к дестабилизирующим факторам, в том числе к электромагнитным и ионизирующим излучениям.

Стоит отметить, что изделия специального и двойного назначения для российского ОПК составляют значительную часть нашего портфеля продаж.



Рис. 1. Структура микроэлектронного кластера Республики Беларусь

Белорусские микроэлектронные изделия категории качества «ВП» и «ОСМ» прошли испытания на устойчивость к специальным воздействующим факторам в центрах, аттестованных Министерством обороны Российской Федерации, и включены в Перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники (Перечень ЭКБ 02). Высокий уровень качества ЭКБ подтвержден национальными и международными стандартами, в том числе и ИСО 9001, а также сертификатами Министерства обороны Российской Федерации.

Важное направление деятельности ОАО «ИНТЕГРАЛ» – разработка и производство силовой электроники, прежде всего для машиностроения. Планируется расширять это направление, ориентируясь прежде всего на рынки России, Беларуси, а также стран Юго-Восточной Азии.

Холдинг «Планар» – единственное в Республике Беларусь (а по многим направлениям – и на всем постсоветском пространстве) предприятие по выпуску различного специального технологического оборудования (оптико-механического, сборочного, контрольно-измерительного и др.) для оснащения микроэлектронных и радиоэлектронных производств. Его продукция поставляется в Россию (примерно 70% от производимого оборудования), а также в Германию, Китай, Италию, Республику Корея, Израиль, Тайвань, США.

ОАО «Планар» тесно взаимодействует с ОАО «ИНТЕГРАЛ» и ОАО «Минский НИИ радиоматериалов» по оснащению этих предприятий технологическим и контрольно-измерительным оборудованием при модернизации производственных линий и создании отраслевых лабораторий. Согласованы планы таких поставок на 2022–2025 гг.

Еще один активный участник кластера – ОАО «Минский НИИ радиоматериалов» (МНИИРМ) – задействован в исследованиях и разработке СВЧ-электронной компонентной базы в виде монолитных интегральных схем и оптоэлектронных компонентов на полупроводниках АЗВ5; микроэлектромеханических (МЭМС) датчиков физических и химических характеристик, начиная от чувствительных элементов и заканчивая электронными системами и модулями на их основе; медицинской аппаратуры, датчиков и комплектующих. Основные потребители данной продукции – белорусские и российские предприятия.

В области СВЧ-электроники МНИИРМ занял прочные позиции среди российских потребителей – АО «НПП «Исток» им. Шокина», АО «Светлана-Рост», АО «ОКБ-Планета», АО «НПФ «Микран», АО «НИИПП» и др. Это стало возможным благодаря наличию соответствующей технологической базы и многолетнего опыта разработки и изготовления СВЧ-монолитных интегральных схем, усилителей и других модулей сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн на основе полупроводников АЗВ5. Однако российские потребители размещают в МНИИРМ заказы только на те изделия, которые они не в состоянии изготовить сами или приобрести у своих производителей. На текущий момент МНИИРМ, к сожалению, не входит в перечень поставщиков ЭКБ для военно-промышленного комплекса России.

Второе направление (по МЭМС датчикам) не так развито, как СВЧ-электроника, однако предстоит интенсивная работа в данном направлении, так как соответствующая ниша пока занята и в Беларуси, и в России зарубежными производителями, и у МНИИРМ и «ИНТЕГРАЛ» здесь большие перспективы по импортозамещению.

## Концепция развития микроэлектроники

По инициативе НАН Беларуси в 2021 г. был разработан проект концепции развития исследований и разработок в области создания экспортно-ориентированной и импортозамещающей электронной компонентной базы, поддержанный в январе 2022 г. на заседании бюро Президиума. Над документом работала группа ученых под руководством академика Казака Н.С. при активном участии специалистов ОАО «ИНТЕГРАЛ», ОАО «Планар», ОАО «Минский НИИ радиоматериалов», БГУ, БГУИР и БНТУ. Как было отмечено, микроэлектроника – критически важное направление роста экономики нашей страны. Для устойчивого развития современных систем связи, искусственного интеллекта, космических технологий, авто- и тракторостроения, электротранспорта, беспилотных комплексов, сельхозмашиностроения, авиастроения, навигации, банковской системы, приборостроения, военной техники, систем управления необходима собственная совершенная микроэлектронная компонентная база. В проекте концепции представлен аналитический обзор основных мировых направлений микроэлектроники, дан сравнительный анализ национальных программ развития этой

отрасли в Беларуси, России, США, КНР, а также стратегий развития основных производственных предприятий нашей страны в данной области.

Определены основные направления исследований на 2022–2025 гг. в области микро-, опто-, СВЧ-электроники. Среди них – разработка датчиков и микросенсоров для роботизированных систем широкого профиля для применения, нового технологического, сборочного и контрольно-измерительного оборудования для микроэлектроники, новых материалов и технологий для защиты электронных компонентов, радиоэлектронного и информационного оборудования, биологических объектов от внешних энергетических воздействий. В планах – создание инновационных разработок для систем преобразования солнечного излучения в электрическую энергию для гражданского, космического и двойного применения.

В проекте концепции подчеркивается: обеспечить национальную безопасность и независимость Беларуси невозможно без создания и использования в критически важных отраслях доверенной (отечественной) электронной компонентной базы. Согласно документу, «в условиях новых политических реалий, ожесточенной борьбы за обладание рынками, принятия жестких решений в межгосударственных отношениях и установления нового международного порядка с применением санкционных технологий такая отрасль экономики, как микро-, опто- и СВЧ-электроника, должна быть отнесена к критически важному направлению развития экономики Беларуси».

## Приоритетные направления развития кластера

В разделах IV–VI Концепции (по каждому предприятию отдельно) определены задачи на 2021–2025 и последующие годы по прикладным исследованиям и созданию новой конкурентоспособной ЭКБ, оптимизации существующих и разработке новых технологий, модернизации и обновлению производственной и научно-экспериментальной базы, разработке нового технологического, сборочного и контрольно-измерительного оборудования для производства ЭКБ, МЭМС и интегрированных систем.

В качестве приоритетных направлений обозначено создание:

- *тепловизионной техники, полупроводниковых фотоприемников УФ-, видимого и ИК-диапазонов спектра, матричных фотоприемников;*

- *энергонезависимых элементов памяти на МОП структурах; интегральной радиофотоники и светоизлучающих систем на кремнии;*
- *новых конструкций, технологий и материалов (в том числе гетероструктуры) на основе GaN для силовой и СВЧ-электроники;*
- *материалов и технологий для защиты электронных компонентов, радиоэлектронного и информационного оборудования, биологических объектов от внешних энергетических воздействий;*
- *датчиков и микросенсоров для роботизированных систем широкого профиля применения;*
- *методов моделирования и расчета, конструкций и программно-аппаратных модулей специализированных систем и инструментов прецизионного технологического оборудования;*
- *нового поколения материалов, структур и электронных компонентов для систем преобразования солнечного излучения в электрическую энергию для гражданского, космического и двойного применения.*

## Отраслевая лаборатория холдинга «ИНТЕГРАЛ»

В рамках кластера был активизирован важный вид деятельности, направленный на создание отраслевых лабораторий (организованы и успешно развиваются 10). В ОАО «ИНТЕГРАЛ» в августе 2018 г. появилась отраслевая лаборатория новых технологий и материалов (ОЛНТМ).

Актуальность этого инновационного проекта обусловлена необходимостью создания современного высокотехнологичного производства, способного в сжатые сроки осваивать, опираясь на имеющиеся и перспективные разработки, выпуск конкурентоспособной компонентной базы и изделий электроники, укреплять позиции на имеющихся сегментах мирового рынка и рынка СНГ, а также завоевывать новые сектора этих рынков.

Наиболее перспективными направлениями развития являются:

- *охлаждаемые и неохлаждаемые фотоприемные устройства (тепловизоры, болометры) (рис. 2, 3);*
- *элементы технологии силовых приборов на широкозонных полупроводниках GaN;*
- *новые опциональные расширения уже действующих технологических процессов КМОП, БиКМОП на основе пленочных структур металлов, оксидов, нитридов и сложных керамик.*



Рис. 2. Пример применения фотоприемного устройства

Сегодня ОАО «ИНТЕГРАЛ» – одна из немногих компаний в мире и единственная на территории бывшего СССР, обладающая соответствующими компетенциями и собственными разработками целого семейства мультиплексоров для охлаждаемых и неохлаждаемых фотоприемных устройств. Особенность данного направления – тесная кооперация с изготовителем законченного изделия. Мультиплексор разрабатывается по техническим требованиям конкретного заказчика: под размеры пикселя, матрицы, динамический диапазон видеосигнала и т.д.

Функции ОЛНТМ – проведение научно-исследовательских, поисковых, опытно-конструкторских работ; организация изготовления опытных образцов с последующим расширением промышленной производственной базы при достижении коммерческого успеха. В соответствии с поставленными целями и задачами ОЛНТМ укомплектована современным оборудованием, позволяющим осуществлять исследования и эксперименты, выпускать малые промышленные серии, участвовать в научно-технических программах, программах научных исследований, в инновационных проектах.

Оборудование для лаборатории выбиралось в соответствии с наиболее современными физическими принципами выполнения технологических процессов и операций, с максимально широкими технологическими возможностями и приемлемой длительностью временных процедур по переходу с одного процесса на другой. Оно позволяет работать с кремниевыми пластинами диаметром от 100 до 200 мм

при минимальном времени, необходимом для перехода с одного типоразмера на другой, достигается минимизация затрат на материалы при их большом разнообразии.

Оборудование включает более 30 единиц для выполнения таких сложных технологических процессов, как нанесение пленок со специфическими свойствами, SOL-GEL композиций для фотоприемников, MEMS, памяти и удаление жертвенных слоев полиимида; быстрый термический отжиг до 1500 °С, карбонизация кремния, графитизация SiC, имидизация и сушка жидких композиций, формирование микрорисунка двумя способами (плазмохимическое (ICP-RIE) и жидкостное травление пленок, глубокое травление Si, травление широкозонных полупроводников; взрывная фотолитография (lift-off) для слоев благородных металлов, керамик и других материалов, не поддающихся селективному травлению – фотоприемники, MEMS, металлизация широкозонных полупроводников); высокотемпературную имплантацию и активацию примесей в широкозонных полупроводниках; химическую обработку в органических и неорганических растворах; сборку и герметизацию структур в условиях вакуума.

## Сотрудничество отраслевой лаборатории с вузами

Следует подчеркнуть, что создание ОЛНТМ расширяет возможности сотрудничества с высшими учебными заведениями в рамках научно-технической и образовательной деятельности

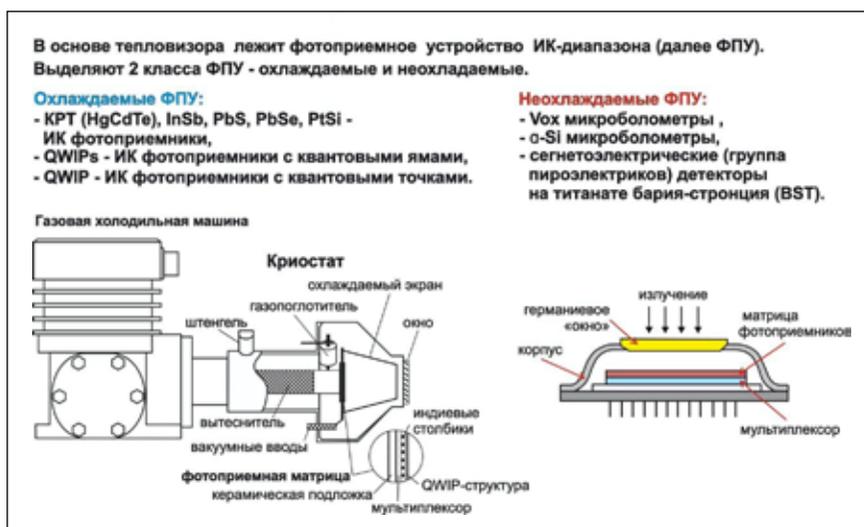


Рис. 3. Классы фотоприемных устройств

ОАО «ИНТЕГРАЛ» с целью подготовки высококвалифицированных кадров. Здесь уместно привести ряд показательных примеров в области фотоники. Как известно, основная цель перехода к фотонике (радиофотонике) – это увеличение полосы пропускания и быстродействия фотонных изделий по сравнению с электронными.

Согласно российской программе развития радиофотоники, планируется выпускать изделия с рабочей частотой 60 ГГц – в 2022 г., 80 ГГц – в 2024 г. и 100 ГГц – после 2025 г. Поэтому выбор материала, механизма излучения и конструкции компонентов радиофотонной схемы (светоизлучающего элемента), по мнению зарубежных экспертов, определяется прежде всего возможностью обеспечения указанных частотных характеристик. С этой точки зрения наиболее подходящим является лавинный механизм, так как временной отклик лавинного эффекта составляет менее 1 пс, что теоретически позволяет создавать светодиоды, работающие во всем гигагерцовом диапазоне частот вплоть до терагерц. Таким образом, отличительная особенность лавинных светодиодов – их высокое быстродействие. Исключительно важным является создание кремниевых лавинных диодов как элемента реально работающей кремниевой фотоники. Ключевые их параметры – эффективность, стабильность и быстродействие светоизлучения, а также минимальный размер светоизлучающего элемента. По этим характеристикам светодиоды, разработанные учеными БГУИР под научным руководством академика Лабунова В.А., соответствуют лучшим мировым аналогам (эффективность и быстродействие), а по отдельным параметрам (стабильность и минимальный размер светоизлучающего элемента) их превосходят.

На основе лавинных кремниевых светодиодов с внутренней модуляцией создана оптопара (выпущена ОАО «ИНТЕГРАЛ»), обеспечивающая как гальваническую развязку, так и быстродействующие оптические межсоединения внутри кремниевых чипов и между ними. Важно то, что технология изготовления кремниевых светодиодов полностью интегрирована с кремниевой технологией КМОП ИС.

Этот проект включен в российскую федеральную программу по радиофотонике, и по данному направлению ведется серьезная работа с Китаем.

Еще один пример эффективного взаимодействия ученых ОАО «ИНТЕГРАЛ» с вузами – совместная работа с отраслевой лабораторией эли-

оники – радиационнотстойкой и космической электроники Института прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ. Под руководством академика Ф.Ф. Комарова здесь созданы конструкции «излучатель – волновод – фотоприемник» на кремнии и по базовой кремниевой технологии, а на производственной линии ОАО «ИНТЕГРАЛ» изготовлена партия приборных светодиодных структур УФ и видимого диапазонов на основе многослойной композиции SiO<sub>2</sub>/SiN<sub>x</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si.

В этой же отраслевой лаборатории разработана и выпущена на ОАО «ИНТЕГРАЛ» и успешно прошла все испытания рабочая партия фотоприемников УФ-, видимого и ближнего ИК-диапазонов (до 3 мкм) на базе гипердопированных атомами теллура слоев кремния на кремнии р-типа. Созданы лабораторные образцы ячеек энергонезависимой, перепрограммируемой, оптически управляемой мемристорной памяти на основе структур SiO<sub>2</sub>/SiN<sub>x</sub>/Si, прошедшие успешные испытания в ГЦ «Белмикроанализ» ОАО «ИНТЕГРАЛ». Ультрабыстрый доступ к памяти здесь обеспечивается по оптическому каналу, что позволяет существенно повысить производительность вычислительных устройств.

Полученные по этим трем направлениям теоретические и экспериментальные результаты позволили приступить к следующему уровню создания новых классов микроэлектронных устройств. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белоус А.И., Солодуха В.А. Основы кибербезопасности. Стандарты, концепции, методы и средства обеспечения / А.И. Белоус, В.А. Солодуха. – М., 2021.
2. Белоус А.И., Солодуха В.А. Кибероружие и кибербезопасность. О сложных вещах простыми словами // Инфра-Инженерия. 2020.
3. Белоус А.И. Кибербезопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Концепции, методы и средства обеспечения // Инфра-Инженерия. 2020.
4. А.И. Белоус, В.А. Солодуха. Современная микроэлектроника: тенденции развития, проблемы и угрозы // Компоненты и технологии. 2018. №10. С. 42–47.
5. Белоус А.И., Солодуха В.А. Основные тенденции развития и проблемы современной микроэлектроники // Живая Электроника России. 2019.
6. А.И. Белоус, В.А. Пилипенко, А.С. Турцевич, С.В. Шведов. Мировые тенденции развития микроэлектроники и место Республики Беларусь в этом процессе // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2012. №4.
7. А.И. Белоус, В.А. Солодуха. Состояние и перспективы развития микроэлектроники в Республике Беларусь // НАНОИНДУСТРИЯ. 2020. Т. 13. №54 (99). С. 38–40.
8. Belous A., Saladukha V., Shvedau S. «Space Microelectronics Volume 1: Modern Spacecraft Classification, Failure, and Electrical Component Requirements», «Space Microelectronics Volume 2: Integrated Circuit Design for Space Applications», London, Artech House, 2017, P. 440, ISBN: 9781630812577, P. 720, ISBN: 9781630812591.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2022/03/microelectronica>

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ МАГНИТНОГО СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА



**Сергей Сандомирский,**  
завлабораторией металлургии  
в машиностроении Объединенного  
института машиностроения  
НАН Беларуси, доктор технических  
наук, доцент

Появление современных народно-хозяйственных объектов – атомных электростанций, промышленных производственных комплексов, крупных авиалайнеров и автомобилей, химических комбинатов, буровых установок – вместе с экономическими выгодами привело и к негативным последствиям в случае выхода их из строя. Развитые страны ежегодно теряют до 10% своего национального дохода из-за низкого качества выпускаемой продукции. Человечество не может отказаться от таких сооруже-

ний, но оно может предотвратить катастрофы или уменьшить их последствия путем эффективного использования методов и средств неразрушающего контроля (НК) [1]. Усложняющиеся задачи повышения качества промышленной продукции и надежности объектов требуют совершенствования методов и средств НК. Необходимы количественная обработка данных, оптимальные алгоритмы интегральной оценки изделий.

В основе решения задач НК лежит выбор физического явления, дающего наиболее объективную информацию о контролируемом параметре. Любой процесс НК состоит из воздействия на объект каким-либо физическим полем, получения, преобразования и обработки информации с принятием соответствующего решения. Физическое поле определяет вид НК, а использование в нем разных преобразований информации – соответствующий метод [2]. Важнейшей задачей становится не только фиксация дефекта как уже возникшего отклонения

от нормируемого параметра, но и регистрация физических эффектов, предшествующих переходу структуры материала изделия в проблемное состояние. Возможности ее успешного решения расширяются благодаря достижению нового уровня интеллектуальных средств. Расскажем о достигнутых результатах в одном из важных разделов НК – магнитном структурном анализе.

На металлургических и машиностроительных предприятиях выпускаются массовые партии изделий из сталей и чугунов заданной структуры. Нарушение режимов их охлаждения и термообработки, отклонения в химическом составе материалов от заданных параметров приводят к недопустимым изменениям свойств. Прямые методы их определения являются разрушающими и не могут быть использованы для контроля изделий, предназначенных для эксплуатации. Современное развитие науки позволяет прогнозировать возможность применения магнитного метода для неразрушающего

контроля режимов термообработки, химического, структурного и фазового состава изделий из ферромагнитных материалов, а современная приборная его реализация дает возможность делать это в автоматическом режиме в цехах и заводских лабораториях.

Самый распространенный конструкционный материал – железо и многие сплавы на его основе обладают ферромагнитными свойствами. Их намагниченность  $M$  в магнитном поле  $H$  изменяется не линейным и не однозначным образом (рис. 1), а магнитная проницаемость  $\mu$  может многократно превышать значение «1». Это стало одним из факторов, определивших технический прогресс. На использовании этого физического явления базируется наука электротехника и связанные с ней области промышленности.

Электротехнические исследования позволили установить основные магнитные параметры материалов, характеризующие их ферромагнитные свойства. Кроме  $\mu$  это коэрцитивная сила  $H_c$ , остаточная намагниченность  $M_r$  и намагниченность  $M_s$  технического насыщения (рис. 1).

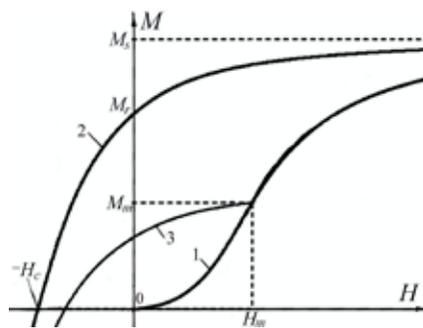


Рис. 1. Участок основной кривой намагничивания (1), нисходящей ветви предельной (2) и частной (3) петель гистерезиса ферромагнитного материала

Их определения приведены в [3], а методики измерения – в [4]. При соблюдении требований [4] относительная погрешность  $\delta$  измерения  $H_c$  ферромагнитных материалов не превышает  $\pm 2\%$ ,  $M_r$  и  $M_s$  –  $\pm 3\%$ , а  $\delta$  отношения  $K_H = M_r/M_s$  при определении  $M_r$  и  $M_s$  на одной и той же аппаратуре не превышает  $\pm 1\%$  [5].

Не существует точной аналитической формы записи функции  $M(H)$  с учетом процессов формирования, роста, переориентации элементарных объемов намагничивания – магнитных доменов. Наиболее точно намагничивание конструкционных ферромагнитных материалов по параметрам предельной петли гистерезиса описывают формулы, разработанные в [6, 7]. В соответствии с ними кривая намагничивания, предельная и частные петли гистерезиса (рис. 1) материалов могут быть рассчитаны с достаточной для практики точностью по  $H_c$ ,  $M_s$ ,  $M_r$  и  $H_m$ .

Использование ферромагнитных свойств материалов не ограничено электротехникой. Оказалось, что магнитные свойства ( $H_c$ ,  $M_r$ ) многих сталей связаны с их структурным состоянием и ( $M_s$ ) фазовым составом. Это явилось физической основой другой области науки – магнитного структурно-фазового анализа [8, 9]. Было установлено, что механические и магнитные свойства сталей и чугунов чувствительны к структурным превращениям, происходящим при термических обработках, и тесно корреляционно связаны [10]. Изменения структурного состояния этих материалов приводят к закономерному изменению их магнитных и механических свойств.

Измерения магнитных свойств конструкционных материалов проводят на кольцевых или прямолинейных образцах на аппаратуре, удовлетворяющей требованиям [4]. Современные компьютеризированные комплексы «REMAGRAPH C-500» и «REMAGRAPH C-300» [11] обеспечивают построение полного статического гистерезисного цикла материалов за 70 сек. Установлены зависимости магнитных и механических свойств от структурного состояния, температуры нагрева при закалке и отпуске для большинства сталей и чугунов. Но существующая аппаратура не применима в производстве из-за высокой стоимости, низкой производительности и разрушения изделий для изготовления образцов.

Параметром, наиболее чувствительным к изменениям структуры магнитных материалов, является  $H_c$ . Она определяется величиной сил, задерживающих необратимое смещение границ между доменами при перемагничивании. Факторами, способствующими этому, могут быть неферромагнитные включения разной формы и дисперсности, напряжения и их градиенты, обусловленные дислокациями и другими причинами, границы фаз, зерен, другие неоднородности и дефекты кристаллического строения [12]. Характерные зависимости изменения магнитных параметров углеродистых сталей от температуры отпуска приведены на рис. 2, а чугунов с разной структурой – в таблице.

Закономерный характер установленных зависимостей позволил [13, 14] обобщить их и получить аналитические связи  $H_c$  с температурой закалки и отпус-

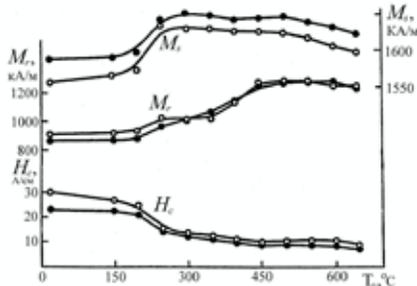


Рис. 2. Зависимости  $H_c$ ,  $M_s$  и  $M_r$  закаленных сталей 30 (●) и 45 (○) от температуры  $T_0$  отпуска

ска сталей с учетом содержания в них легирующих элементов. Это позволяет при известном химическом составе и температуре закалки рассчитать зависимости  $H_c$  разных марок сталей от температуры отпуска. Магнитный контроль качества термообработки и структуры стальных и чугуновых изделий во многих случаях может быть основан на различии их  $H_c$ .

### Коэрцитиметрические методы магнитного структурного анализа

Наибольшее распространение получили методы, основанные на косвенном определении  $H_c$  по току размагничивания приставных магнитных устройств [15]. Отметим создание портативных автономных коэрцитиметров [16], использование постоянных магнитов для измерения  $H_c$  изделий [17] и дополнительных магнитных параметров при «неэлектрическом» их намагничивании [18].

Методы контроля изделий по полю от остаточной намагниченности после их намагничивания по методу «точечного полюса» [19] и по остаточному магнитному потоку  $\Phi_d$  [20] используют особенности формирования остаточ-

ной намагниченности в разомкнутой магнитной цепи: малогабаритное изделие, намагниченное до насыщения, после снятия внешнего поля сохраняет остаточную намагниченность тела  $M_d$ , которая меньше остаточной намагниченности материала изделия  $M_r$  (рис. 3).

Во многих случаях можно считать  $M_d = H_c/N$ , где  $N$  – размагничивающий фактор тела. При постоянных размерах изделия ( $N = const$ )  $M_d$  определяется  $H_c$  и является структурно чувствительным параметром. На этом основан и метод «точечного полюса» [19], заключающийся в контакте одного из полюсов постоянного магнита (электромагнита, соленоида с током) с контролируемой поверхностью и последующем измерении составляющих поля остаточной намагниченности (или его градиентов) над намагниченным участком.

Коэрцитиметрический эффект метода обусловлен большим  $N$  намагниченного участка. Анализ [19] теоретических и экспериментальных исследований метода «точечного полюса» позволил разработать прибор «Магнитный сортировщик МС» разных модификаций (рис. 4) [21].

К достижениям метода отнесем контроль твердости чугуновых отливок [22], анализ влияния размеров датчиков на их чувствительность к  $H_c$  материала изделия и анализ изменения чувствительности метода при измерении разных параметров поля на расстоянии от поверхности [23]. Установлено, что вблизи намагниченной поверхности чувствительность градиента поля остаточной намагниченности к  $H_c$  материала изделий выше, чем чувствительность к  $H_c$  поля остаточной намагниченности. С увеличением расстояния до поверхности и размеров измерительных преобразователей чувствительности этих параметров к  $H_c$  материала изделий резко уменьшаются. За счет измерения второго параметра – поля от изделия и при намагничивании – разработан способ снижения (на порядок) влияния непостоянства зазора между датчиком и изделием на результаты контроля свойств изделия при одностороннем доступе к поверхности (рис. 5) [24].

Повышение локальности метода «точечного полюса» обеспечит применение изобретения [25], в котором постоянный магнит помещен в скрепленный

Тип чугуна	Металлическая основа	$H_c$ (А/см)	$M_r$ (А/см)	$M_d$ (кА/м)
Белый чугун		10,4–12,8	10 350	400–440
Серый чугун	Ферритная	2,0–4,0	14 330	240–440
	Перлитная	5,6–10,6	13 930	320–560
Высокопрочный чугун	Ферритная	1,2–2,0	15 130	240–480
	Перлитная	4,0–8,8	14 730	400–640
Ковкий чугун	Ферритная	1,2–2,0	14 330	440–560
	Перлитная	4,0–8,8	13 930	480–600

Таблица. Магнитные свойства чугунов с разной структурой

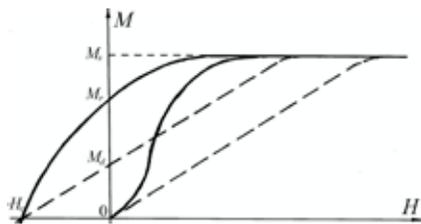


Рис. 3. Кривая намагничивания и часть нисходящей ветви предельной петли магнитного гистерезиса ферромагнитного материала и тела (пунктир)

с ним кожух рассчитанной толщины из магнитомягкого материала. Полученные результаты позволят совершенствовать прибор «Магнитный сортировщик МС» [21] для структурного анализа крупногабаритных отливок при наличии окалины на поверхности непосредственно в цехах промышленных предприятий.

## Формулы для расчета размагничивающего фактора изделий

Сплошной и полый цилиндр, пластина и стержень произвольного сечения служат физической моделью многих промышленных объектов. Параметром, определяющим процессы их намагничивания и функционирования, является центральный коэффициент  $N$  размагничивания. На основе проведенных исследований и анализа

к использованию в практических расчетах  $N$  разработаны и рекомендованы формулы [26].

## Расчет намагничивания ферромагнитного тела

Достижимые в средствах магнитного НК намагничивающие поля недостаточны для намагничивания изделий в разомкнутой магнитной цепи до насыщения [27]. На основании формул [6] для изменения намагниченности ферромагнитного материала в [28] разработана методика расчета  $M_d$  изделия в разомкнутой магнитной цепи по  $H_c$ ,  $M_s$  и  $M_r$  материала, размагничивающему фактору  $N$  изделия и напряженности  $H_e$  внешнего намагничивающего поля. Установлены физические ограничения магнитного НК, обусловленные недостаточным намагничиванием изделий [28, 29]. Установлено, что для изделий с большим  $N$  из материалов (таблица, рис. 2),  $H_c$  которых с изменением контролируемого параметра (например, температуры отпуска) уменьшается, а  $M_r$  – возрастает, при намагничивании в разомкнутой магнитной цепи до состояния, далекого от магнитного насыщения, наблюдается повышение чувствительности  $M_d$  к контролируемым свойствам по сравнению с намаг-

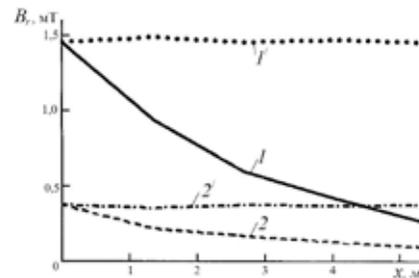


Рис. 5. Результаты применения способов [21] (1, 2) и [24] (1', 2') для контроля свойств листов из стали 65Г (1 и 1') и стали 3 (2 и 2') по остаточной индукции  $B_r$  при изменении зазора  $x$  между изделием и преобразователем

ничиванием до насыщения. Повышение чувствительности  $W$  параметра  $M_d$  после намагничивания отливок изделий «ниппель 1¼» (рис. 6А) в поле 46 кА/м к структуре отливок достигает 40% по сравнению с намагничиванием в замкнутой магнитной цепи (рис. 6Б) [30].

Эффективность такого режима намагничивания доказана [31, 32] при контроле структуры отливок изделий «ниппель 1¼».

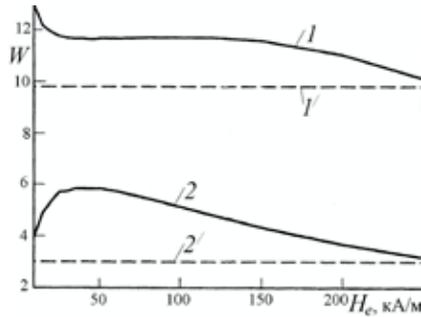
**Влияние предварительной намагниченности** изделий на их остаточную намагниченность после намагничивания в открытой магнитной цепи так же проанализировано [33] с использованием методики [28] расчета  $M_d$  изделия. Проведен анализ погрешности  $\delta$  измерения  $M_d$  изделия после намагничивания в открытой магнитной цепи в поле  $H_e$ . Установлены границы применения магнитного НК свойств изделий при обработке в открытой магнитной цепи без предварительного размагничивания. Показано, что контроль с  $\delta \approx 0$  при намагничивании изделий из материалов с  $H_c \leq 1$  кА/м в поле  $H_e = 40$  кА/м возможен при отношении длины к диаметру  $\lambda \geq 8$ , а при  $H_e = 60$  кА/м – при  $\lambda \geq 5$ . Погреш-



Рис. 4. Модификации прибора «Магнитный сортировщик МС»



Рис. 6. Внешний вид отливки и готового изделия «ниппель 1¼» и зависимости отношения  $W$  остаточной намагниченности  $M_d$  отливок «ниппель 1¼» из белого чугуна к  $M_d$  этих отливок из ферритных ковкого (1) и серого (2) чугунов (магнитные параметры – средние значения из таблицы 1) от напряженности  $H_e$  намагничивающего поля. Расчет по методике [28]. 1', 2' – F после намагничивания отливок в поле  $H_e = 1000$  кА/м



ность  $\delta \approx 5\%$  при контроле в этих полях достигается при  $\lambda \approx 6$  и 4. Для более коротких изделий применение магнитного метода рекомендовано для контроля не намагниченных (сразу после литья или термообработки) либо размагниченных изделий.

## Современные средства контроля

Принципы магнитного НК структуры и механических свойств изделий из конструкционных материалов заключаются [20, 34] в использовании свободного падения контролируемых объектов с заданной высоты сквозь область с намагничивающим полем заданной напряженности, формировании на пути его движения локальной области с размагничивающим полем заданной напряженности и областей, где действие намагничивающего и размагничивающего полей скомпенсировано, измерении магнитного состояния изделия при движении в этих областях и обработке данных по разработанным алгоритмам. Показано, что, несмотря на действие на объект при намагничивании тор-

мозящей силы, многократно превосходящей силу тяжести, может быть выбрана высота падения изделий, обеспечивающая их пролет сквозь намагничивающее поле без зависания.

Создание за областью с намагничивающим полем  $H_o$  на пути движения изделия протяженной области с однородным магнитным полем основано на использовании эффектов одинаковой скорости уменьшения магнитного поля на оси катушек, имеющих разные внутренний и внешний диаметры, на разных расстояниях от их торцов, создания однородных поля и градиента поля катушками Гельмгольца и резкого уменьшения поля за пределами «без моментных» намагничивающих катушек и катушки с током, помещенной в экран рассчитанной толщины из магнитомягкого материала. Реализованные в приборах способы и устройства защищены более чем 20 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

Данные принципы обеспечили намагничивание изделий полем  $H_e$  до 50 кА/м и создание заданных распределений

(рис. 7) поля вдоль оси  $x$  движения изделий. Они реализованы в комплексе приборов «Магнитные анализаторы качества стальных изделий МАКСИ», автоматически сортирующих изделия на годные и брак с производительностью до 2 ед. в сек.

В приборе «МАКСИ (АНБ-692)» [20] с использованием индукционных безмоментных измерительных преобразователей определяют в изделии максимальный магнитный поток  $\Phi_m$  при намагничивании и остаточный магнитный поток  $\Phi_d$  в области, где намагничивающее поле скомпенсировано (зависимость 1 на рис. 7). В приборе «МАКСИ-2» [20] изделия перед измерением  $\Phi_d$  частично размагничивают (зависимость 2 на рис. 7). Приборы [35] «МАКСИ-У (универсальный)» (рис. 8а, зависимость 3 на рис. 5) и «МАКСИ-Д (дизельный)» (зависимость 4 на рис. 7) обеспечивают создание заданных распределений магнитного поля на пути движения изделий и измерение их магнитных параметров. При этом снижено влияние изменений размеров изделий на результаты контроля.

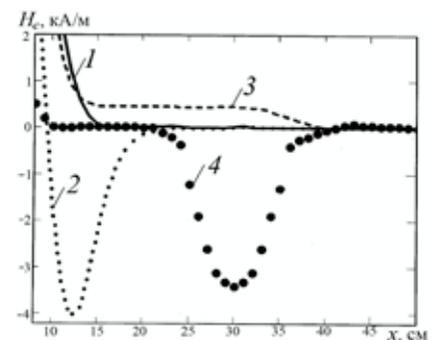


Рис. 7. Распределение  $H_e(x)$  магнитного поля вдоль оси  $x$  движения изделий в преобразователях приборов: 1 – «МАКСИ (АНБ-692)» и «МАКСИ-Р»; 2 – «МАКСИ-2»; 3 – «МАКСИ-У»; 4 – «МАКСИ-Д»

В приборе «МАКСИ-П (портативный)» (рис. 8б) [20, 30–32] намагничивание изделия осуществляют бесконтактно ортогонально направлению его движения в стационарном поле 46 кА/м двухполюсной магнитной системы. Прибор измеряет  $\Phi_d$  в изделии. «МАКСИ-Р» (рис. 8в) [50] также измеряет только  $\Phi_d$  и применяется для контроля поверхностной закалки протяженных изделий.

Технические характеристики приборов «МАКСИ», надежность контроля и сортировки, удобство включения в действующие циклы производства подтверждены результатами метрологической аттестации, внедрением на заводах Беларуси и России. Приборы «МАКСИ-У» и «МАКСИ-Д», предназначенные для коэрцитивметрического контроля физико-механических свойств и сортировки деталей машиностроения, при производительности контроля до 2 изделий в сек. для продольных размеров изделий от 10 до 160 мм, поперечных – от 3 до 40 мм, аттестованы Госстандартом Республики Беларусь в диапазоне измерения с основной приведенной погрешностью не более  $\pm 1,5\%$ , а их намагничивающий ток – с погрешностью  $\pm 0,5\%$ . Это удовлетворяет и требованиям [4] к измерительной аппаратуре. Прибор «МАКСИ-П» аттестован с относительной погрешностью не более  $\pm 5\%$  (реальная погрешность измерения не превышала  $\pm 1\%$ ).

## Особенности контроля качества изделий из легированных сталей

Коэрцитивная сила  $H_c$  оказалась не пригодна для контроля качества средне- и высокотемпе-



Рис. 8. Базовые модели приборов магнитного неразрушающего контроля структуры изделий массового производства: «МАКСИ-У» (А), «МАКСИ-П» (Б), «МАКСИ-Р» (В)

ратурного отпуска закаленных изделий из сталей с содержанием углерода более 0,3% из-за слабой или неоднозначной зависимости от температуры отпуска в области 400–600 °С (рис. 1). Между тем большинство изделий из конструкционных сталей подвергают отпуску в этом интервале температур. Разработка достоверного неразрушающего метода контроля качества термической обработки изделий из таких материалов стала одной из главных задач магнитного структурного анализа.

Частичное размагничивание изделий и последующее измерение  $\Phi_d$  в них позволяет устранить неоднозначность связи  $H_c$  с механическими свойствами и температурой отпуска. Но чувствительность остаточного магнитного потока к изменениям механических свойств не достаточна для достоверного контроля. Для НК термообработки изделий из легированных сталей предложено [34, 36]: намагничивать их в процессе движения, измерить  $\Phi_{d1}$  после выхода из области с намагничивающим полем, создать на пути движения локальную область с постоянным размагничивающим полем, измерить второе значение остаточного магнитного потока  $\Phi_{d2}$  после выхода изделия из области с размагничивающим полем и о свойствах изделия судить по отношению  $F$  результата этого измерения к разности результатов первого и второго измерений. Установлено, что наилучшую достоверность контроля обеспечивает размагничивающее поле 2 кА/м. Информационный параметр  $F$  демонстрирует (рис. 9) высокую чувствительность к механическим свойствам изделий из среднеуглеродистых легиро-

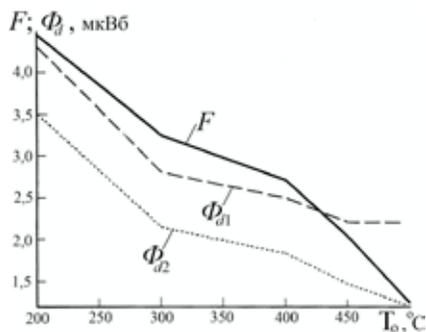


Рис. 9. Изменения информационных параметров приборов от температуры отпуска  $T_{от}$  болтов из стали 40ХН:  $\Phi_{d1}$  – «МАКСИ (АНБ-692)» и «МАКСИ-У»;  $\Phi_{d2}$  – «МАКСИ-2» и «МАКСИ-Д»;  $F$  – «МАКСИ-У» с преобразователем «МАКСИ-Д»

ванных сталей и независимость результатов контроля механических свойств изделий от изменений их размеров в пределах технологических допусков.

Методика реализована прибором «МАКСИ-У» с модернизированным преобразователем прибора «МАКСИ-Д» (рис. 10). Ее применение обеспечило высокий коэффициент корреляции  $R=0,85$  в линейном уравнении регрессии между пределом прочности болтов крепления противовеса из стали 40ХН и показаниями прибора, гарантировало заданные механические свойства болтов, позволило вернуть в производство тысячи дорогостоящих ответственных болтов дизельных двигателей (рис. 10) [34].

Контроль чугунных отливок массового производства по остаточному магнитному потоку  $\Phi_d$  в отливке после намагничивания в разомкнутой магнитной цепи был реализован на Минском заводе отопительного оборудования и ряде российских металлургических заводов на базе прибора «МАКСИ-П». Намагничивающее поле ортогонально направлению движе-

ния намагниченного изделия. При этом объект индуцирует в измерительном преобразователе специальной конструкции сигнал, вольт-секундная площадь полуволны которого измеряется и индицируется на двухразрядном цифровом табло прибора. Результат  $\Phi_d$  сравнивается с установленными пределами годности изделия по измеряемому параметру [37]. Фактический экономический эффект от эксплуатации автоматизированной линии контроля и разбраковки по обрабатываемости не обточенных отливок ниппелей из ковкого чугуна КЧ 30–6 на базе приборов «МАКСИ-П» на Минском заводе отопительного оборудования в 2007 г. превысил в эквиваленте 400 тыс. долл. [37].

Одной из важных технологических операций придания заданных свойств ответственным деталям двигателей является поверхностная закалка их локальных участков. Наиболее массовой деталью дизельных двигателей производства Минского моторного завода, подвергаемой данной закалке, является регулировочный винт из стали 45 (рис. 11А). Деталь используется во всех модификациях двигателей (8–12 шт. на один). Поверхностной ТВЧ-закалке подвергают сферическую

поверхность ее торца. Требуемый диапазон твердости – от 45 до 63 единиц HRC. Существовавший выборочный контроль твердости головки винта (3 детали из партии в 500 штук с разрушением контролируемых деталей) не гарантировал необходимых показателей всех выпускаемых изделий (до 80 тыс. шт. в месяц). Отклонение от требуемой нормы хотя бы одного регулировочного винта приводило к его расплющиванию при эксплуатации двигателя, разрушению клапана и выходу из строя всей поршневой группы с последующим дорогостоящим ремонтом.

Максимальная чувствительность к качеству поверхностной закалки головки винтов оказалась у третьей гармонической составляющей сигнала накладного преобразователя, состоящего из возбуждающей и измерительной обмоток. Последняя выполнена в виде двух одинаковых половин, расположенных соосно симметрично относительно обмотки возбуждения и включенных между собой встречно (рис. 11Б). Исползованная геометрия контроля (рис. 11Б) обеспечила локальное действие поля преобразователя лишь на головку регулировочного винта. Установлено, что сигнал от головки «сырого»



Рис. 10. Прибор «МАКСИ-У» с преобразователем прибора «МАКСИ-Д» в ЦЗЛ филиала ММЗ в г. Столбцы и ответственные болты, возвращенные в производство после неразрушающего контроля

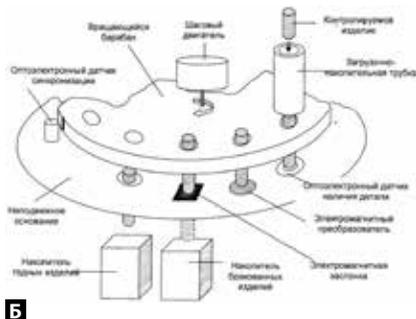


Рис. 11. Прибор «АС-1» в автоматном цехе филиала ММЗ в г. Столбцы (А) и кинематическая схема прибора (Б)

изделия в 4,5 раза превосходит сигнал от изделия, головка которого подвергнута поверхностной ТВЧ-закалке по технологическому режиму. Учитывая достигнутый уровень чувствительности, такой принцип электромагнитного воздействия на деталь и получения информации об ее свойствах использован в разработанном приборе «Автоматизированный сортировщик АС-1» (рис. 11) [38].

Необходимость совмещения принципа локального воздействия на закаленную головку детали с обеспечением высокой производительности контроля и автоматической сортировки по его результатам обусловила использование роторно-конвейерной кинематической схемы прибора (рис. 11б). При этом на таком конвейере одновременно выполняется измерение электромагнитного параметра детали, загрузка следующей в роторный транспортный механизм и сбрасывание предыдущих деталей в соответствующие накопители. Все измерительные и сортировочные процессы синхронизированы с шаговым вращением транспортного механизма. Такое построение прибора позволило измерить магнитный параметр изделия в статике (в моменты остановки шагового двигателя), обеспечи-

вая при этом высокую производительность контроля и автоматической сортировки изделий на годные и бракованные.

Эксплуатация прибора «АС-1» на филиале Минского моторного завода в г. Столбцы показала, что он обеспечивает 100%-ную гарантию допуска в эксплуатацию регулировочных винтов, соответствующих заданному диапазону твердости, а производительность прибора достаточна для автоматизированной сортировки всех выпускаемых заводом изделий.

Проведенный анализ современного состояния теорети-

ческих и экспериментальных исследований и приборной реализации магнитного контроля структуры изделий из ферромагнитных сталей и чугунов показал, что приборы созданы на основе обоснованного выбора метода контроля и измеряемого магнитного параметра, оптимизации магнитного воздействия на объект контроля, методов получения информации об измеряемом свойстве на фоне влияния мешающих факторов, с учетом особенностей намагничивания ферромагнитного материала и тела, необходимости автоматизации контроля, формирования и обоснования алгоритмов математической обработки сигналов с учетом корреляционного характера связей между измеряемыми магнитными параметрами и контролируемыми механическими свойствами изделий. Поэтому многие задачи контроля оказались возможным решить непосредственно в заводских цехах и лабораториях. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Клюев [и др.]; под ред. В.В. Клюева. – М., 1995.
2. Щербинин В.Е. Магнитный контроль качества металлов / В.Е. Щербинин, Э.С. Горкунов. – Екатеринбург, 1996.
3. ГОСТ 19693–74. Материалы магнитные. Термины и определения. – М., 1974.
4. ГОСТ 8.377–80. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. – М., 1986.
5. Магнитные измерения / Е.Т. Чернышев [и др.]. – М., 1969.
6. С.Г. Сандомирский. Расчет изменения намагниченности на частных петлях гистерезиса сталей по основным магнитным параметрам предельной петли гистерезиса / С.Г. Сандомирский // Электричество. 2016. №12. С. 39–43.
7. Клюев В.В. Анализ и синтез структурочувствительных магнитных параметров сталей / В.В. Клюев, С.Г. Сандомирский. – М., 2017.
8. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М.Н. Михеев, Э.С. Горкунов. – М., 1993.
9. Неразрушающий контроль. Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 6: В 3 кн. Кн.1. Магнитные методы контроля / В.В. Клюев [и др.]. – М., 2006.
10. Сандомирский С.Г. Статистический анализ и использование взаимосвязей между физико-механическими свойствами сталей и чугунов. – Минск, 2021.
11. Steingroever E. Magnetic Measuring Techniques. Booklet / E. Steingroever, G. Ross // www.magnet-physik.de.

Полный список использованных источников размещен

SEE [http://innosfera.by/2022/03/automatic\\_devices](http://innosfera.by/2022/03/automatic_devices)

# НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ОПТИКИ



**Вячеслав Длугунович,**  
заведующий Центром  
испытаний лазерной  
техники Института физики  
НАН Беларуси, доктор  
физико-математических  
наук



**Анатолий Исаевич,**  
заместитель заведующего  
Центром испытаний  
лазерной техники Института  
физики НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических наук



**Сергей Никоненко,**  
старший научный сотрудник  
Центра испытаний лазерной  
техники Института физики  
НАН Беларуси

Лазерно-оптические технологии играют все возрастающую роль в производственных процессах, науке, здравоохранении, экологии, обороне, а также при передаче и обработке информации, в том числе измерительной. Именно с ними западные эксперты связывают сегодня возможность решения многих стоящих перед человечеством проблем в области безопасности, энергетики, здравоохранения, охраны окружающей среды, информационного обеспечения, промышленного производства.

Республика Беларусь – одна из немногих стран с развитой оптико-механической промышленностью, основу которой составляют свыше 20 предприятий с уровнем экспорта более 80%. Развитие данного сектора экономики невозможно без современного метрологического обеспечения. Поэтому в результате совместной деятельности Института физики НАН Беларуси и Республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт метрологии» – БелГИМ создана и развивается национальная система метрологического обеспечения республики в области оптики и лазерной техники, включающая:

- *национальные эталоны единиц физических величин, используемых в оптике, лазерной и оптоэлектронной технике;*
- *установки высокой точности для измерения характеристик оптического (в том числе лазерного) излучения и калибровки средств измерений этих характеристик;*

- государственные стандарты Республики Беларусь в области оптики и лазерной техники;
- программы и методики метрологической аттестации (экспертизы) эталонов, измерительных и калибровочных установок, методики измерений и калибровки средств измерений.

Национальные эталоны единиц величин являются национальным достоянием, неотъемлемым атрибутом государственности, и их состояние определяет научный, технический и культурный уровень страны. Наличие национальной эталонной базы – законодательно закрепленный элемент государственной структуры большинства промышленно развитых стран, а в некоторых из них, как, например, в России, объект конституционного права. Соответствующая база Республики Беларусь в области фотоники включает 10 национальных эталонов, 4 из которых разработаны, созданы и эксплуатируются в Институте физики НАН Беларуси: Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения (ЛИ) НЭ РБ 56–19, Национальный эталон единиц средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (ВОСП) НЭ РБ 25–15, Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне НЭ РБ 54–19 и Национальный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм НЭ РБ 51–19.

Измерения энергетических характеристик излучения (мощности непрерывного и энергии импульсного ЛИ), а также производных



Рис. 1. Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения НЭ РБ 56–19

от них величин являются самыми распространенными. Поэтому для организации метрологического контроля в области лазерной техники был создан Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения НЭ РБ 56–19 (рис. 1) [1]. Он обеспечивает воспроизведение и хранение в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм единицы средней мощности ЛИ в динамическом диапазоне от  $10^{-9}$  до 2 Вт и единицы энергии ЛИ в спектральном диапазоне от 0,3 до 1,1 мкм в диапазоне от  $10^{-7}$  до 1 Дж, а также передачу единицы средней мощности ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 и 10,6 мкм и единицы энергии ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808 и 1,064 мкм эталонам низшего звена, калибровочным (поверочным) установкам и рабочим СИ энергетических характеристик ЛИ. Расширенная неопределенность воспроизведения единицы средней мощности ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ) в диапазоне от  $5 \cdot 10^{-3}$  до 2 Вт составляет не более 0,04%, в диапазоне от  $10^{-9}$  до  $5 \cdot 10^{-3}$  Вт – не более 0,15%.

Основой эталона является эталонный измерительный преобразователь, специальная конструкция приемного элемента которого позволила минимизировать неконтролируемые тепловые потери с его поверхности в окружающую среду, обусловленные теплопроводностью, конвекцией и излучением, и достичь высокой эквивалентности мощности поглощенного оптического излучения и мощности постоянного электрического тока замещения. Необходимая точность измерений мощности оптического излучения достигается путем замещения последней мощностью электрического тока, которая при калибровке эталонного измерительного преобразователя измеряется с высокой точностью.

Эталон позволяет обеспечить единство измерений средней мощности и энергии ЛИ в здравоохранении, промышленности, охране труда, способствует повышению качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, в том числе специального и двойного назначения. С помощью эталона осуществляется калибровка и поверка эталонов низшего звена и других рабочих средств измерений энергетических характеристик ЛИ для организаций и учреждений Минздрава, Госстандарта, Госкомвоентпрома, Минобразования, Минпрома и др.

В настоящее время волоконно-оптические системы связи и передачи информации – основное направление развития телекоммуникационных систем. Они обладают рядом существенных

преимуществ перед аналогичными видами. Совершенствование телекоммуникационной системы Республики Беларусь, которая относится к стратегической национальной инфраструктуре, невозможно без метрологического обеспечения ВОСП как необходимого элемента развития нашего государства как IT-страны и способствует достижению информационной безопасности. С учетом важности этой отрасли было разработано и создано 2 национальных эталона Республики Беларусь: Национальный эталон единиц средней мощности, ослабления и длины волн оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (ВОСП) НЭ РБ 25–15 [2] и Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне НЭ РБ 54–19 [3].

Первый (рис. 2) предназначен для хранения, воспроизведения и передачи размера единиц средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения эталонам более низкого ранга и высокоточным средствам измерений, применяемым в ВОСП, путем их поверки и калибровки. Эталон воспроизводит значения средней мощности оптического излучения на фиксированных длинах волн спектральной области от 650 до 1700 нм с расширенной неопределенностью ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ) не более 0,13% в диапазоне от  $1 \times 10^{-4}$  до  $5 \times 10^{-3}$  Вт и не более 2,7% в диапазоне от  $1 \times 10^{-11}$  до  $1 \times 10^{-4}$  Вт.

Расширенная неопределенность размера единицы ослабления оптического излучения в ВОСП, воспроизводимой эталоном ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ) на фиксированных длинах волн спектральной области от 650 до 1700 нм в диапазоне от 0,05 до 60,00 дБ, не более 0,09 дБ.

Эталон воспроизводит значения длины волны оптического излучения в спектральном диапазоне от 650 до 1700 нм на фиксированных длинах волн 655, 852, 1309, 1489, 1548, 1627 нм с расширенной неопределенностью ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ) не более  $1,2 \cdot 10^{-5}\%$ .

Функционально эталон для ВОСП состоит из:

- комплекса средств измерений, предназначенного для хранения, воспроизведения и передачи единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП и включающего эталонные калориметрическую систему и шаровой ваттметр и оптоэлектронные преобразователи ОЭП-2 с системой регистрации;
- комплекса средств измерений для хранения, воспроизведения и передачи размера



Рис. 2. Национальный эталон единиц средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (ВОСП) НЭ РБ 25–15

*единицы ослабления в процессе его работы в составе эталона для ВОСП при калибровке и поверке рабочих эталонов и средств измерений, а также для автономной работы при измерении ослабления, и включающего пере-страиваемые одномодовые и многомодовые аттенюаторы и установку для измерения нелинейности градуировочной характеристики приемников оптического излучения;*

- комплекса средств измерений, предназначенного для хранения, воспроизведения и передачи размера единицы длины волны лазерного излучения в процессе его работы в составе эталона для ВОСП при калибровке и поверке рабочих эталонов и средств измерений, а также для автономной работы при измерении спектральных характеристик источников оптического излучения и включающего измеритель длины волны оптического излучения и спектроанализатор;
- средств коммутации и транспортировки оптического излучения, визуализации и контроля поверхностей оптических коннекторов;
- прибора контроля параметров окружающей среды;
- блоков стабилизированных источников лазерного излучения с длинами волн 655, 852, 1309, 1489, 1548, 1627 нм;
- системы управления, регистрации и обработки результатов измерений на основе персонального компьютера со специальным программным обеспечением.

Создание эталона для ВОСП позволяет осуществлять поверку (калибровку) рабочих эталонов, ваттметров средней мощности, рефлектометров, источников оптического излучения, оптических аттенюаторов для ВОСП, а также

измерения характеристик (мощность, затухание и длину волны) различных волоконно-оптических устройств в соответствии с отечественными стандартами, гармонизованными с международными нормами. Это повышает качество выпускаемой и используемой в Республике Беларусь оптоэлектронной продукции для ВОСП, поднимает ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках, существенно уменьшает затраты за счет сокращения расходов на проведение измерений за пределами страны.

Национальный эталон единицы поляризации модовой дисперсии (ПМД) в оптическом волокне НЭ РБ 54–19 (рис. 3) обеспечивает хранение, воспроизведение и передачу единицы ПМД поляриметрическим методом на длине волны 1550 нм в диапазоне от 0,05 до 0,5 пс с расширенной неопределенностью ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ), не превышающей 0,008 пс, и интерферометрическим методом на фиксированных длинах волн 1310 и 1550 нм в диапазоне от 0,5 до 120,0 пс с расширенной неопределенностью 0,006–0,8 пс соответственно.

Принцип действия эталона единицы ПМД в оптическом волокне на основе поляриметрического метода базируется на определении матрицы Джонса, связывающей параметры состояния поляризации излучения на входе и выходе исследуемого объекта (компаратора-имитатора). Состояние поляризации излучения описывают с помощью параметров вектора Стокса. Для входного излучения данные параметры являются фиксированными и описывают три линейно поляризованных волны с углом наклона плоскости поляризации  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $90^\circ$ . При изменении длины волны излучения фазовые соотношения ортогонально поляризованных составляющих световой волны в исследуемом объекте изменяются, и, как следствие, трансформируется матрица Джонса. Это связано с дифференциальной груп-



Рис. 3. Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне НЭ РБ 54–19

повой задержкой (ДГЗ). Результат измерений ДГЗ определяется алгоритмом нахождения собственных значений матрицы Джонса исследуемого объекта, построенного с помощью аппарата линейной матричной алгебры. В зависимости от типа связи мод ПМД вычисляется как среднее или среднеквадратичное результата измерений ДГЗ.

Принцип действия эталона единицы ПМД в оптическом волокне на основе интерферометрического метода основан на измерении временной задержки между ортогонально поляризованными модами излучения, вносимой двулучепреломляющей средой. Данный метод основан на анализе с помощью интерферометра излучения широкополосного источника, прошедшего указанную среду. Интерферограмма такого излучения содержит боковые автокорреляционные пики, симметрично расположенные вокруг центрального пика. Воспроизведение и передачу размера единицы ПМД в оптическом волокне осуществляют следующим образом. Производится измерение расстояния между боковым и центральным пиками интерференционных полос, что, при соответствующем пересчете, является искомой усредненной временной задержкой, то есть ПМД в оптическом волокне.

Работа оптоэлектронной техники, применяемой в оптических методах неразрушающего контроля и диагностики в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и санитарии, охране окружающей среды, контроле безопасных условий труда и др., основана на измерении радиометрических и спектрометрических характеристик твердых, жидких и газообразных сред и испускаемого ими оптического излучения. Создание и развитие метрологического обеспечения этой техники, прогнозирование ее ресурса, увеличение уровня точности и достоверности измерений параметров и характеристик оптического излучения способствует удовлетворению потребностей субъектов различных форм собственности в метрологическом контроле, улучшению качества выпускаемой и используемой отечественной продукции, повышению ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Национальный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм НЭ РБ 51–19 (рис. 4) [4] предназначен для хранения, воспроизведения и передачи основных характеристик оптического излучения. Функционально он состоит из трех

основных систем: комплекса средств измерений для воспроизведения единиц СПЭЯ излучения и создаваемой СПЭО, основой которого является модель высокотемпературного черного тела (МВЧТ) ВВ3500М производства ВНИИОФИ (Россия); системы для измерений СПЭО и СПЭЯ в ультрафиолетовой области спектра, системы для калибровки широкоапертурных средств измерений. Принцип действия эталона основан на расчете по формуле Планка значений СПЭЯ излучения МВЧТ, температура излучающей полости которого измеряется прецизионным пирометром.

Основные метрологические характеристики эталона в спектральном диапазоне от 0,2 до 3,0 мкм следующие:

- диапазон воспроизведения единицы СПЭЯ от  $1 \times 10^{-1}$  до  $1 \times 10^{12}$  Вт·м<sup>-3</sup>·ср<sup>-1</sup> с расширенной неопределенностью ( $k=2$ ,  $P=95\%$ ) от 2,03% до 0,69% в зависимости от длины волны излучения;
- диапазон воспроизведения единицы СПЭО от  $4,5 \times 10^{-3}$  до  $2,8 \times 10^{10}$  Вт·м<sup>-3</sup>·с расширенной неопределенностью от 2,03% до 0,70% в зависимости от длины волны излучения;
- диапазон воспроизведения силы излучения от  $2 \times 10^{-1}$  до  $1 \times 10^2$  Вт·ср<sup>-1</sup> с расширенной неопределенностью не более 0,3%.

Международные сличения эталонов позволяют лабораториям из разных стран мира обеспечивать сопоставимость результатов измерений и нивелировать возможные несоответствия данных, полученных в процессе исследования состава или свойств одних и тех же объектов. Проведенные международные сличения созданных эталонов Республики Беларусь в области лазерной техники и оптики подтвердили соответствие мировому уровню их основных метрологических характеристик. Это позволило разместить БелГИМ 11 строк (из 296 строк по всей национальной эталонной базе страны) в базе данных о калибровочных и измерительных возможностях на сайте Международного бюро мер и весов.

В соответствии с принятой в нашей стране поверочной схемой калибровку (поверку) рабочих средств измерений проводят, применяя эталоны более низкого ранга, чем национальные с обязательной прослеживаемостью до последних. Эталонами более низкого ранга могут выступать установки высокой точности. По сравнению с национальными эталонами они обладают более широкими диапазонами значений измеряемых величин, но худшими точностными

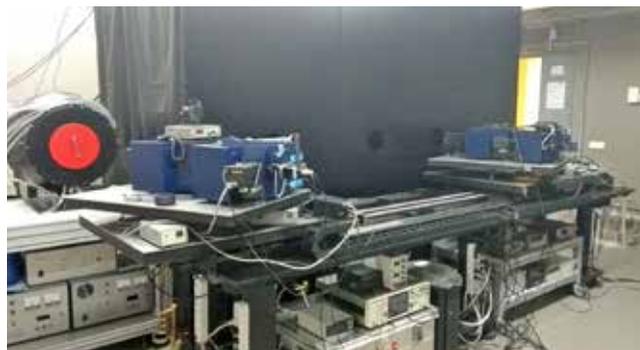


Рис. 4. Внешний вид эталона единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности энергетической освещенности и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм НЭ РБ 51–19

характеристиками и используются для испытаний лазеров и оптоэлектронной техники.

В Институте физики НАН Беларуси создано 17 установок и комплексов высокой точности для осуществления метрологического контроля энергетических, временных, пространственных, спектральных и поляризационных характеристик ЛИ, а также фотометрических, спектрорадиометрических и пространственных характеристик излучения светодиодов и других источников оптического излучения. Данное оборудование используется для метрологического контроля средств измерений и испытаний лазерной и оптоэлектронной техники, выпускаемой и эксплуатируемой предприятиями и организациями как Республики Беларусь, так и в странах СНГ и дальнего зарубежья.

Одновременно с созданием, совершенствованием, хранением и применением эталонно-измерительного комплекса метрологического контроля лазерно-оптической отрасли страны Институт физики НАН Беларуси и БелГИМ разрабатывают единые метрологические требования к средствам измерений, методикам и результатам измерений, методикам калибровки средств измерений и порядку проведения работ по метрологическому контролю в области лазерной техники и оптики.

Одним из важнейших направлений в данной деятельности является разработка национальных стандартов, нормирующих технические требования к методам и условиям выполнения измерений и осуществления калибровки средств измерений.

Закон Республики Беларусь от 24.10.2016 г. №436-З «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» одной из целей

ставит приоритетное использование международных стандартов. Они играют важную роль в мировой экономике, так как способствуют устранению технических барьеров в международной торговле и повышают эффективность функционирования конкретных отраслей экономики благодаря установлению норм для взаимного соответствия технических характеристик различных товаров и услуг. Во всех передовых в техническом отношении странах вопросы стандартизации имеют высокий приоритет как средства ускорения технического прогресса и улучшения качества продукции. Разработкой международных стандартов занимаются технические комитеты в рамках Международной организации по стандартизации (ISO), Международной электротехнической комиссии (IEC), Международного союза электросвязи (ITU), Международной комиссии по освещению (CIE) и др. Международные стандарты обобщают лучший мировой опыт, на их основе государства принимают свои национальные стандарты.

Поэтому важнейшее направление деятельности нашего института в области метрологии, технического нормирования, стандартизации и подтверждения соответствия в области оптики, лазерной и оптоэлектронной техники – разработка государственных стандартов Республики Беларусь, гармонизованных с международными нормами. Подготовлено и постановлениями Госстандарта утверждено и введено в действие более 50 государственных стандартов Республики Беларусь, относящихся к лазерной технике, оптоэлектронике, оптике, волоконно-оптическим системам связи и передаче информации, лазерной безопасности.

Наряду с государственными стандартами необходимы такие нормативные документы, как методики выполнения измерений, калибровки и поверки средств измерений, программы и методики метрологической аттестации эталонов единиц величин и измерительных установок высокой точности для измерений параметров лазерной и оптоэлектронной техники и калибровки средств измерений характеристик оптического излучения, методология оценки стабильности и надежности функционирования Системы обеспечения единства измерений республики.

Разработано около 80 программ и методик метрологической аттестации, методик выполнения измерений, калибровки и поверки средств измерений. Созданная документация служит нормативно-методической

основой функционирования национальной системы метрологического обеспечения страны в области лазерной техники и оптики.

Эталоны и установки высокой точности для измерений характеристик оптического излучения, а также нормативная и методическая документация, включенная в Систему обеспечения единства измерений Республики Беларусь, позволили провести аккредитацию лабораторий Института физики НАН Беларуси на соответствие требованиям стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025 в Системе аккредитации Республики Беларусь как испытательной лаборатории на проведение измерений характеристик ЛИ (аттестат аккредитации ВУ/112 02.1.0.0421 от 02.02.2004 г. и аттестат аккредитации ВУ/112 1.1790 от 01.08.2016 г.) и как калибровочной лаборатории на проведение калибровки средств измерений мощности и энергии ЛИ, а также ослабителей ЛИ (аттестат аккредитации ВУ/112 02.5.0.0013 от 11.07.2005 г.). Аккредитация испытательных и калибровочных лабораторий Института физики НАН Беларуси на соответствие требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025 позволила осуществлять в нашей стране метрологическое обеспечение и контроль лазерной и оптоэлектронной техники.

Национальная система метрологического обеспечения в области лазерной техники и оптики была создана на основе выполненных научных исследований и опытно-конструкторских разработок с учетом передовых мировых достижений, соответствует мировому уровню и является элементом суверенитета Республики Беларусь. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.А. Длугунович, А.В. Исаевич, Д.О. Дунец, Е.А. Круплевич, Л.Н. Насенник. Создание Национального эталона единиц средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения Республики Беларусь // Украинский метрологический журнал. – 2018. №4. С. 25–34.
2. В.А. Длугунович, А.И. Глазов, А.В. Зотов, А.В. Исаевич, М.Л. Козаченко, С.В. Никоненко, А.Б. Светличный, С.В. Тихомиров. Эталон единиц средней мощности и ослабления оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации // Измерительная техника. 2014. №11. С. 15–17.
3. Длугунович В.А., Жумарь А.Ю., Механиков А.В. Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне // Метрология-2019: Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–28 марта 2019 г. / Под общ. ред. канд. техн. наук Гуревича В.Л. – Мн., 2019. С. 191–195.
4. Dlugunovich V.A., Kreidzich A.V., Nikanenko S.V., Rzhetski M.V., Scums D.V., Lutsenko E.V. National standard of Belarus of the units of radiant intensity, spectral radiance and irradiance in the spectral range from 0.2  $\mu\text{m}$  to 3.0  $\mu\text{m}$  // NEWRAD 2021: Proceedings of 14th International Conference on New Developments and Applications in Optical Radiometry (NEWRAD 2021), Boulder, USA, June 21–24, 2021. – Boulder: NIST, 2021. P. 136–137.



# РЕЙТИНГИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРАВИТЕЛЬСТВ

В Исследовании ООН «Электронное правительство 2020», охватившем 193 государства – члена Организации Объединенных Наций, проанализированы ключевые тенденции в данной области. За основу взят унифицированный сводный Индекс развития открытого правительства EGDI, учитывающий уровни трех компонентов: онлайн-услуг (OSI), телекоммуникационной инфраструктуры (ТИИ) и человеческого потенциала (НСИ). Составное значение индикатора исчисляется как среднее арифметическое указанных показателей и колеблется в пределах от 0 до 1. При величине от 0,75 до 1,00 EGDI считается очень высоким, от 0,50 до 0,75 – высоким, от 0,25 до 0,50 – средним и от 0 до 0,25 – низким.

## Динамика развития EGDI

Согласно данным обзора, в странах, входящих в ООН, отмечены положительные тренды цифровой трансформации системы государственного управления и переход многих из них от более низкого к более высокому EGDI. Его среднемировой показатель продолжает повышаться, достигнув 0,60 в 2020 г. по сравнению с 0,55 в 2018-м.

К числу наиболее важных и позитивных изменений относится то, что в 42 государствах (или 22%) зафиксирована положительная динамика по сравнению с 2018 г., в частности 18 перешли из группы высокого уровня в группу очень высокого, 16 сменили средний на высокий, а 8 из низкого попали в средний. Высокие показатели EGDI имеет 36% государств, средние – 31%, а очень высокие – 29%, в то время как доля стран с низкими значениями индекса сократилась с 8 до 4% (рис. 1).

Группы с высоким и очень высоким EGDI пополнили 34 новых участника, и их количество составило 126, или 65% от общего числа субъектов, принявших участие в исследовании. В основном это связано с ростом подкомпонента ТИИ, что объясняется увеличением инвестиций в телекоммуникационную инфраструктуру во всем мире.

13 стран с очень высокими уровнями развития человеческого капитала и хорошо развитой инфраструктурой (Барбадос, Беларусь, Бельгия, Бруней Даруссалам, Чешская Республика, Германия, Греция, Израиль, Латвия, Лихтенштейн, Румыния, Саудовская Аравия и Словакия) имеют относительно низкие уровни OSI. У этих государств также очень высокие показатели EGDI, и если они сконцентрируют усилия на улучшении онлайн-услуг, то смогут добиться значительного прогресса в развитии электронного правительства в целом.

Для более детального анализа каждая из подгрупп стран с определенным уровнем эффективности EGDI разделена на четыре класса оценки – от минимального до максимального. К примеру, очень высокий уровень индекса имеет следующие квартили: V1, V2, V3 и VH. Согласно проанализированным в исследовании данным, все «новички», которые его достигли, получили два самых низких класса – V1 или V2. 14 стран, относящихся к высшему (VH) квартилю, являются ведущими и имеют показатели от 0,8989 до 0,9758. Это Дания, Республика Корея, Эстония, Финляндия, Австралия, Швеция, Соединенное Королевство Великобритании, Новая Зеландия, Соединенные Штаты Америки, Нидерланды, Сингапур, Исландия, Норвегия и Япония. У Беларуси с очень высоким EGDI (больше 0,75) класс оценки V2.

Число членов Организации Объединенных Наций, входящих в группу стран с максимальным индикатором, увеличилось с 40 до 57. Среди них 14 относятся к классу VH, 15 – к V3, а остальные 28 стран равномерно распределены между V2 и V1. Из 18 государств, впервые попавших в очень высокую группу индикатора, 4 находятся в Северной и Южной Америке (Аргентина, Чили, Бразилия и Коста-Рика), 7 – в Азии (Саудовская Аравия, Китай, Кувейт, Малайзия, Оман, Турция и Таиланд), 7 – в Европе (Чехия, Болгария, Словакия, Латвия, Хорватия). В то время как 14 из этих стран перешли в класс оценки V1, Аргентина, Чили, Чехия и Саудовская Аравия совершили скачок, переместившись сразу в рейтинг V2.

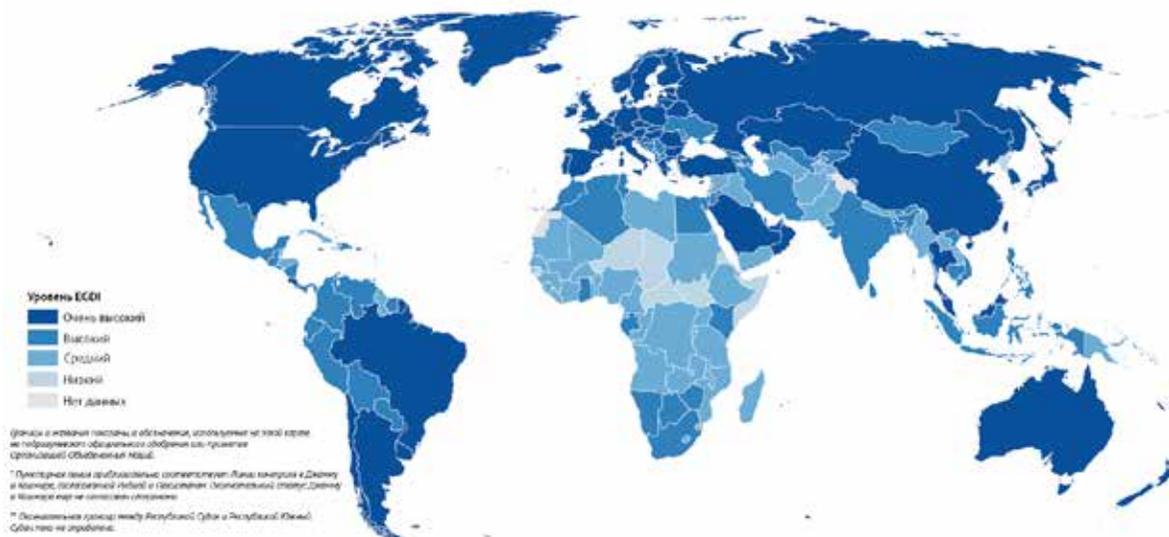
На сегодняшний день насчитывается 69 государств с высокими показателями EGDI. 8 стран из присоединившихся к этой группе находятся в Африке (Намибия, Кабо-Верде, Египет, Габон, Ботсвана, Кения, Алжир и Зимбабве), 5 – в Северной и Южной Америке (Сент-Люсия, Ямайка, Гватемала, Суринам и Никарагуа) и 3 – в Азии (Бутан, Бангладеш и Камбоджа).

Если рассматривать уровни EGDI в региональном разрезе, то высокие или очень высокие его значения присвоены всем 43 европейским странам, и у 8 из них класс оценки VH. К примеру, у Дании максимальные показатели индекса и класса оценки. Эстония зарегистрировала самый значительный рост EGDI, Финляндия, Исландия и Норвегия улучшили все три его субиндекса, а Швеция и Соединенное Королевство достигли хорошего его значения посредством эффективного развития технической инфраструктуры. За Европой сле-

дует Северная и Южная Америка, где передовые позиции занимает 85% стран, среди которых Соединенные Штаты играют ведущую роль в развитии электронного правительства на обоих континентах и во всем мире. Республика Корея является мировым лидером в предоставлении онлайн-услуг (OSI) и занимает лидирующее положение в этом рейтинге в Азии, за ней следуют Сингапур и Япония. Австралия и Новая Зеландия, лидеры в Океании, остаются в группе очень высокого EGDI и имеют соответствующую оценку. Что касается африканского континента, то ни одной из стран не удалось достичь класса VH.

Все государства-лидеры продемонстрировали устойчивое развитие цифровых стратегий и государственных услуг, грамотное управление данными, сконцентрированными на национальных порталах электронного правительства. Акцент сделан на широком участии граждан в межведомственных и межюрисдикционных взаимодействиях. Налицо тенденция обслуживания населения посредством специализированных, ориентированных на электорат веб-сайтов открытого правительства как надежного контактного звена. На них физические и юридические лица могут получить доступ к информации, собрать данные, запросить документы, принять участие в осуществлении транзакционных услуг и в более репрезентативном управлении через Интернет и цифровые технологии. Кроме того, у каждого пользователя есть возможность индивидуализировать свой интегрированный электронный портфель услуг на основании собственных предпочтений.

Рис. 1. Географическое распределение четырех групп EGDI, 2020 г.  
Источник: Исследование ООН: Электронное правительство 2020



Авторами исследования была поставлена задача установить факторы, способствующие попаданию стран в высший класс оценки. Отмечено, что решающее значение для этого имеют последовательный курс на цифровизацию, разработка стратегических документов, включающих цели устойчивого развития, наличие в госаппарате специализированных департаментов или министерств, отвечающих за реализацию цифровой повестки дня, а также исчерпывающей законодательной базы для электронного правительства, которая устанавливает нормы, правила, стандарты и руководства, касающиеся цифровой идентификации личности, доступа, безопасности и защиты онлайн- и персональной информации, открытых государственных данных (ОГД).

Это позволяет властным структурам широко взаимодействовать с электоратом и привлекать его к активному участию в политической, экономической и социальной жизни в соответствии с принципами прозрачности, подотчетности и общественного доверия. В 8 странах внедрены правила и процедуры по цифровой публикации государственных расходов и расширено применение открытых источников и стандартов при оказании госуслуг, в 11 принята специальная стратегия по использованию новых технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и блокчейн, для выработки политик и проектирования услуг. Правительства этих государств начали переосмысливать и реорганизовывать внутренние процессы и упрощать административные процедуры, чтобы более эффективно контактировать с гражданами. Они демонстрируют желание определять потребности пользователей в предоставлении услуг еще до того, как эти запросы сформируются. Для этого активно налаживается обратная связь с населением в отношении качества услуг, собирается статистика их использования с публикацией результатов в Интернете, граждане и заинтересованные субъекты хозяйствования получают возможность доступа к открытым государственным данным в реальном времени.

## Прогресс в развитии онлайн-услуг

Компонент OSI EGDI – это составной инструмент, оценивающий уровень применения информационно-коммуникационных технологий для оказания государственных услуг на национальном уровне. Показатели данного подин-

декса основаны на исчерпывающем анализе, проведенном экспертами исследования и охватившем множество аспектов присутствия в сети Интернет всех 193 государств-членов. Ключевые среди них – технические характеристики национальных веб-сайтов, а также политика государства в отношении электронного правительства.

Согласно данным обзора, страны с очень высокими уровнями доходов имеют соответствующие OSI, в основном его среднее значение выше 0,81 при общемировом показателе 0,5620. Страны с высоким доходом, а также 16 из 58 государств в группе дохода выше среднего уровня (Албания, Аргентина, Бразилия, Болгария, Китай, Колумбия, Доминиканская Республика, Эквадор, Казахстан, Малайзия, Мексика, Перу, Российская Федерация, Сербия, Таиланд и Турция) имеют максимальные показатели OSI и в предоставлении онлайн-услуг ближе к странам с высоким доходом.

Данные за 2020 г. указывают на то, что все страны, кроме одной (Южный Судан), разработали национальные порталы электронного правительства, повышающие доступность государственных услуг и способствующие их прозрачности и подотчетности. Число стран, предлагающих как минимум одну онлайн-транзакцию, выросло со 140 в 2018-м до 162 в 2020 г., или на 16% (таблица). Более того, количество некоторых опций, к примеру подача заявлений на разрешение на строительство, получение водительских удостоверений и удостоверений личности, увеличилось на 100–150%. В 2020 г. государства – члены ООН предоставляли в среднем 14 из 20 возможных онлайн-услуг, что на 40% больше периода двухлетней давности. В мировом масштабе преобладает регистрация новой компании, ее предлагали 162 из 193 исследованных стран; далее следуют подача заявлений на вакансии в правительстве, лицензии на ведение коммерческой деятельности, запрос свидетельств о рождении, смерти и браке и оплата коммунальных услуг. Самая редкая транзакция – подача онлайн-заявления о смене адреса: она доступна всего в 66 странах. Максимальную распространенность полного спектра 20 услуг, оцененных в исследовании, продемонстрировали страны с очень высоким и высоким OSI (93 и 81% соответственно), со средним и низким показателем – 53 и 13%. Важно отметить, что прогресс в оказании онлайн-услуг наблюдается даже в государствах с минимальными уровнями OSI, где их число выросло с 1 в 2018 г. до примерно 3 в 2020-м.

Транзакционные услуги, доступные онлайн	2018	2020	Процентное изменение
Заявление на свидетельство о рождении	83	149	80
Заявление на разрешение на строительство	55	136	147
Заявление на лицензию на ведение коммерческой деятельности	103	151	47
Заявление на свидетельство о смерти	74	147	99
Заявление на водительское удостоверение	59	144	144
Заявление на природоохранные разрешения	74	131	77
Заявление на вакансии в правительстве онлайн	132	156	18
Заявление на оформление земельных отношений	67	132	97
Заявление на свидетельство о браке	78	146	87
Заявление на удостоверение личности	59	135	129
Заявление на программы социальной защиты	85	112	32
Заявление на получение визы	99	95	-4
Заявление в полицию	84	90	7
Оплата штрафов	111	115	4
Плата за коммунальные услуги (вода, газ, электричество)	140	145	4
Регистрация коммерческой деятельности	125	162	30
Регистрация автотранспорта	76	82	8
Заявление о смене адреса	58	66	14
Подача налога на прибыль	139	143	3
Подача налога на добавленную стоимость	116	130	12

Таблица. Тенденции развития транзакционных онлайн-услуг, 2018–2020 гг. Источник: Исследование ООН: Электронное правительство 2020

Почти все исследованные страны имеют базовые порталы электронного правительства с набором основных функций, таких как карта сайта, система поиска, часто задаваемые вопросы и обратная связь. Около 90% государств разработали продвинутые веб-ресурсы, содержащие опцию одного окна, возможности взаимодействия через социальные сети и интерактивную обратную связь. Как и ожидалось, такие порталы наиболее распространены в странах с высоким доходом (97%), а вот минимальное их количество – среди государств с доходом ниже среднего уровня (80%), а не в странах с низким (84%). Меньше всего на таких ресурсах представлены расширенные параметры поиска, учебные материалы, чаты о коррупции. Чаще они встречаются на порталах стран с высоким (76%) и средним (65%) доходом. Большинство государств – членов ООН предоставляют информацию о результатах госзакупок и онлайн-торгов (138 стран) и имеют функциональные платформы для этих операций (125) и примерно треть (67) могут выставлять цифровые инвойсы. Эти услуги доступны в 81% стран с очень высокими показателями OSI, всего в 34% стран с высокими значениями подиндекса и в

5% – со средними. Число государств, публикующих вакансии в правительстве онлайн, выросло со 127 стран в 2018 г. до 156 в 2020 г. На региональном уровне лидирует Европа: 40 из 43 стран нанимают сотрудников на государственные должности онлайн, тогда как в Африке такая процедура доступна только в 34 из 54 стран.

## Цифровая трансформация в конкретных секторах экономики

Поскольку активный обмен информацией и государственными данными с населением способствует построению инклюзивного общества, аналитики исследования оценили уровень предоставления правительствами онлайн-сведений по конкретным областям экономики в машиночитаемом формате. Как оказалось, число стран, которые делятся публичной информацией и предоставляют услуги посредством электронной почты, обновлений СМС/RSS-каналов и мобильных приложений, увеличилось во всех отраслях.

На положительную тенденцию указывает тот факт, что все чаще можно найти специфический для определенных экономических секто-

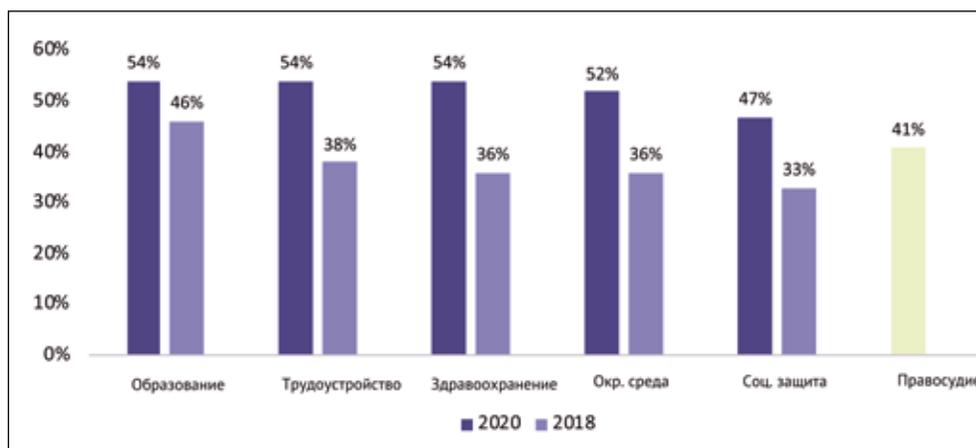


Рис. 2. Доля 193 государств-членов Организации Объединенных Наций, предлагающих мобильные приложения или СМС для обновления общественной информации, в разбивке по секторам, 2018 и 2020 гг. Источник: Исследование ООН: Электронное правительство 2020

ров контент на специальных веб-сайтах правительств. В 2020 г. примерно 80–90% государств – членов ООН размещали открытую информацию в отношении определенных стратегий и программ, государственных расходов и бюджетов. Причем наблюдался переход правительственных порталов с нечитаемых форматов (таких как PDF) на редактируемые. Их по сравнению с 2018 г. стало вдвое больше. Максимум продемонстрировал сектор охраны окружающей среды, где число стран с сайтами ОГД, предлагающими машиночитаемое содержание, выросло с 58 до 101 и составило 74%.

Положительная динамика наблюдалась также и в предоставлении обновлений через мобильные приложения или СМС – рост в среднем на 38% с 2018 г., что в два раза больше, чем обновлений через подписки (19%). Увеличились и подписки на мобильные обновления, их предлагают 127 стран в секторе образования, 116 – в области охраны окружающей среды, по 115 в отрасли здравоохранения и трудоустройства, в то время как приложения или СМС чаще используются в образовании (107 стран), трудоустройстве и здравоохранении (по 106), (рис. 2).

Расширение спектра мобильных услуг связано с улучшенным доступом к фиксированному (проводному) широкополосному соединению и активным мобильным подпискам, а также ростом численности лиц, подключенных к Интернету. Единственный регион, где доступ к стационарной широкополосной связи снизился, – это Африка: здесь интенсивность использования упала с 2,2 до 1,8 на 100 человек между 2018 и 2020 гг. В течение того же периода этот показатель увеличился с 7,1 до 7,2 в Океании, с 9,5 до 10,9 в Азии и с 12,3 до 14,2 в Север-

ной и Южной Америке. Европа занимает самую высокую позицию по применению фиксированного широкополосного Интернета – 32,2 человека.

Повсеместно выросло и мобильное широкоформатное соединение: в Африке с 29 в (2018-м) до 37 (в 2020 г.) на 100 человек, в Океании – с 32 до 40, в Северной и Южной Америке – с 68 до 73, в Азии – с 49 до 62, в Европе – с 80 до 91. В то же время, согласно данным Международного союза электросвязи, за последние два года немного уменьшилось количество подписок на мобильном телефоне, что скорее всего указывает на достижение большинством стран точки насыщения, особенно в Северной и Южной Америке, Азии и Европе, где в последние несколько лет их было свыше 100 на 100 жителей.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют глобальное повышение уровня развития электронного правительства, эффективности и действенности предоставления государственных услуг. Этот процесс оказывает значительное влияние на создание результативных, подотчетных и инклюзивных институтов на всех уровнях государственного управления и ставит на повестку дня ускорение цифровой трансформации всей общественно-политической системы. ■

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ  
по материалам исследования ООН  
«Электронное правительство 2020»  
<https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2020-Survey/2020%20UN%20E-Government%20Survey%20-%20Russian.pdf>



**Евгений Якушкин,**  
начальник управления  
электронных ресурсов  
Центра систем  
идентификации  
НАН Беларуси

# ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ КООПЕРАТИВЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Рост удельного веса взаимоотношений, связанных с обменом товарами и услугами посредством цифровых устройств, привел к возникновению термина «цифровая экономика». Поскольку потребительские кооперативы функционируют именно в сфере такого обмена, их развитие не может идти в отрыве или, по меньшей мере, без учета тенденций цифровизации бизнес-процессов – отличительной особенности современного технологического уклада.

Цифровая экономика диктует специфические требования к «чистоте» данных, от которой зависит однозначность идентификации – как самих процессов, так и порождаемых ими состояний, влекущих наступление в том числе правовых последствий для участников торгово-технологических

операций. Можно предположить, что унификация знаний о кооперативном движении, его ценностях и принципах с помощью инструментов семантической «паутины» будет способствовать распространению идей кооперации в мире, предотвращая либо сводя к минимуму манипуляции кооперативной терминологией.

Статья 116 Гражданского кодекса Республики Беларусь [1] определяет потребительский кооператив как «добровольное объединение граждан либо граждан и юридических лиц на основе членства с целью удовлетворения материальных (имущественных) и иных потребностей участников, осуществляемое путем объединения его членами имущественных паевых взносов». Эта характеристика схожа с другой, данной в Декларации о кооперативной идентичности, принятой Международным кооперативным альянсом в 1995 г.: «Кооператив – автономная ассоциация людей, объединенных добровольно для удовлетворения их общих экономических, социальных и культурных потребностей и запросов посредством находящегося в общей собственности и демократически управляемого предприятия» [2].

Применение этого определения на практике, как было установлено различными исследованиями, в частности [3, 4], сопровождается большим количеством противоречий, обусловленных семантической размытостью многих экономических категорий потребительских кооперативов, образовавшейся в силу заимствований из антагонистичных им форм хозяйствования на протяжении двух последних столетий.

Между тем потребительские кооперативы являются составной частью экономики, выполняющей уникальную роль в обменных процессах. Развиваясь без учета тенденций цифровизации бизнес-процессов, они не смогут эффективно достигать своих уставных целей.

Особенность этого вида кооперативов – то, что они выступают посредническо-распределительным механизмом, принадлежащим пайщикам, объединяя в себе, таким образом, два важных субъекта рынка – посредника и покупателя (потребителя). Этот факт, наряду с механизмом финансирования путем членских (вступительных, паевых, дополнительных и т.п.) взносов, определяет особое место данной категории предприятий в сравнении с иными формами юридических лиц.

В условиях увеличивающегося проникновения цифровых технологий во все сферы жизни в отношении между людьми все более включаются цифровые устройства, облегчающие принятие решений на основе предустановленных и постоянно совершенствующихся алгоритмов. Рост удельного веса обменных операций товарами и услугами, опосредуемых цифровыми устройствами и запрограммированными алгоритмами принятия решений, привел к появлению термина «цифровая экономика».

Цифровая экономика представляет собой совокупность основанных на обмене материальными и нематериальными благами отношений между людьми, обеспечивающих их жизнедеятельность, в рамках относительно устойчивых групп

с преобладающим использованием цифровых технологий.

Одной из базовых категорий экономики является рынок. В наиболее простом значении он представляет собой механизм обмена ресурсами между его участниками. В более широком смысле рынок – не что иное, как форма экономических отношений, опосредствующих в целях удовлетворения потребностей общественный обмен веществ, когда внешним средством, тождественным названному обмену, становятся деньги [5].

В цифровой экономике механизм обмена (цифровой рынок) следует рассматривать как совокупность стремящихся к уровню искусственного интеллекта машинных технологий получения и обработки информации, включающих широкий спектр оптимизационных алгоритмов, основанных на международных стандартах идентификации субъектов и объектов торговых процессов, связей между ними и выполняемых торгово-технологических операций. Иными словами, в сфере охвата процессами цифровизации попадают основные участники рынка, такие как продавцы, покупатели и посредники, а также категории торговых процессов: товар, продавец, цена, покупатель, посредник, сделка, условия сделки, место, средства документирования, средства расчетов, эквиваленты обмена (традиционные деньги в наличной и безналичной форме, результаты вычислений (криптовалюты), частные денежные единицы и др.).

В условиях цифровизации складывается и новое качество обратной связи с контролируемыми объектами в товарных потоках, недоступное ранее

в силу недостатков, присущих «бумажным» или смешанным, «бумажно-компьютерным» технологиям информационного сопровождения бизнес-процессов: идентифицированные объекты «сообщают информацию о себе» участникам цепи поставок в рамках имеющихся у них полномочий при минимальном участии человека. Остается свести (синтезировать) эти данные в целостную картину, ответив на вопросы «Кто?», «Что?», «Где?», «Когда?» и «Почему?» сделал (делает, делает). Например: «Кто заказчик, отправитель, получатель, перевозчик, плательщик?»; «Что заказано, отправлено, получено, перевезено, оплачено?»; «Где погружено, разгружено, перевезено?»; «Когда заказано, отправлено, получено, оплачено?»; «Почему (на каком основании) заказано, отправлено, перевезено, получено, оплачено?».

Синтез разобщенных данных, характеризующих бизнес-процессы, выраженных как в стоимостных, так и в натуральных показателях, во все времена являлся одной из важнейших экономических задач, решение которой позволяло установить закономерности тех или иных процессов функционирования рынка и предпринять корректирующие либо упреждающие действия, направленные на повышение конкурентоспособности его участников. Эта задача важна для всех уровней участников рынка: она решается как отдельными индивидуумами и домохозяйствами, так и предприятиями, государствами и их объединениями.

Основная сложность при этом состоит в получении «чистых» первичных данных,

поскольку информация, доступная из традиционной бумажной отчетности, зачастую искажается в силу эффекта ручного ввода и других человеческих факторов. Нестандартизированные сигналы с устройств автоматического считывания или ручного ввода данных для целей последующей обработки в информационных системах можно образно сравнить с потоком слов на разных языках. Такие сигналы невозможно использовать без дополнительной обработки, а само обобщение сведений может быть существенно затруднено. Требуется «очистка» данных, придание им делового смысла, семантики, формирующих однозначно понимаемые цифровые образы участников торговых сделок, товаров, логистических единиц и других категорий и превращающих их в информацию, пригодную для цифровых процессов. Это достигается на основе унификации и стандартизации данных, «снижаемых» машинными методами с объектов, перемещаемых в цепи поставок по заказу участников рынка, в том числе потребительских кооперативов и их пайщиков за счет использования машиночитаемых идентификаторов товаров и сопоставляемых с ними стандартизованных событий.

Можно предположить, что постепенное делегирование рутинных операций, связанных с заказом, доставкой и оплатой товаров, с уровня «человек – человек» на уровень «компьютер – компьютер» или даже «программный код – программный код» может стать катализатором возникновения нового качества потребительских кооперативов –

цифровых, а также цифровых кооперативных платформ.

Можем ли мы сформулировать определение (пока абстрактное) того, что такое цифровой потребительский кооператив? Его отличие от привычной, традиционной формы состоит в выполнении функций программным обеспечением. Если опираться на наше знание кооперативных принципов, первым известным редакциям которых уже более 170 лет, и де-факто неотделимость автоматизации бизнес-процессов от интернет-технологий, можно конкретизировать данную дефиницию: цифровой потребительский кооператив – это принадлежащая кооперативу и базирующаяся на кооперативной семантике интернет-платформа, позволяющая реализовать функции кооперативной модели удовлетворения материальных потребностей пайщиков.

Цифровая кооперативная платформа может объединить в себе комплекс взаимосвязанных данных (идентификационных признаков кооперативов, пайщиков, процессов, событий, товаров, баз данных, нормативно-справочной информации), исполняемых алгоритмов (от простых, требующих контроля со стороны человека, до относительно автономных, например так называемых умных контрактов) и соответствующих технических средств, обеспечивающих взаимодействие с этими данными (оборудование маркировки, фиксации событий, серверные узлы, телекоммуникационное оборудование, локальные компьютеры и мобильные устройства).

Однако на пути к созданию цифровых кооперативных платформ предстоит решить комплекс сложных задач. Одна из основных – разработка общих словарей ключевых терминов и общей модели данных. Это требуется для того, чтобы «научить» программное обеспечение отделять элементы данных, относящиеся к кооперативам, от тех, которые к ним не относятся.

Программное обеспечение в Интернете – это интеллектуальный механизм, который способен заменить рутинные операции, выполняемые людьми. Чтобы такой механизм работал, необходима семантическая основа, дающая однозначное понимание значений терминов, которыми оперируют компьютерные программы и их разработчики, позволяющая отделять операции кооперативов от операций иных участников рынка. Следовательно, применительно к кооперативам эти программы должны базироваться на кооперативной семантике, в настоящее время пока еще отсутствующей.

Различия в семантике становятся одним из естественных барьеров на пути обменных операций, затрудняют обмен знаниями о кооперативных принципах, особенностях и преимуществах кооперативного экономического механизма, препятствуют накоплению этих знаний, их повторному использованию и совершенствованию. Существование семантических несовпадений объясняется многими обстоятельствами. Например, наличием на планете более 2500 языков.

Кроме языковых особенностей многие проблемы в обмене и создании баз знаний о коопе-

ративах связаны с неоднозначным восприятием смысла одних и тех же понятий, предметов, событий или процессов, использованием различной терминологии по причине различий в образовании, культуре, опыте и т.д. Попытки создать англоязычный кооперативный глоссарий имеют место, как например [6], но его применимость пока весьма спорна. Русскоязычный аналог подобного глоссария пока и вовсе отсутствует.

Вместе с тем устранение этих различий теоретически может открыть перспективы развития кооперативов в семантической «паутине» – новой генерации сети Интернет. Для этого весьма желательно, чтобы информация и знания о кооперативах были структурированы и описаны таким образом, чтобы люди, говорящие на разных языках, имеющие разный уровень образования, живущие в разной культурной среде, были способны однозначно понимать термины и смысл информационных сообщений, касающихся кооперативной проблематики, причинно-следственных связей тех или иных явлений и процессов, происходящих внутри кооператива и в процессе его взаимодействия с внешним миром. В идеале сообщения должны структурироваться таким образом, чтобы не только образованный человек, но и компьютер был способен их «понять». Для последнего это означает «обработать» информацию из сообщения с помощью машинного языка посредством использования определенных правил, логики.

В свете развития семантической «паутины» в мире стремительно идет процесс унификации терминологии. Она устра-

няет противоречия в содержании, стоящем за теми или иными терминами. На ее основе формируются онтологии систем, составляющих основу, костяк экономики предприятий, корпораций, стран и их объединений.

Во многих сферах сегодня разрабатываются стандартные онтологии, которые определяют общие непротиворечивые словари для совместного использования. Они включают машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области и отношения между ними. Наряду с узкоспециализированными появляются и обширные общецелевые онтологии (например, UNSPSC, которая предоставляет терминологию товаров и услуг (<http://www.unspsc.org/>)).

Чтобы обеспечить однозначность в содержании терминов, требуется разработка общей онтологии кооперативного движения. В контексте цифровой экономики это цифровая модель взаимосвязей между пайщиками, пайщиками и кооперативом, кооперативом и субъектами внешнего мира, основанная на кооперативных принципах и описывающая основные качества и параметры (правила) функционирования кооператива посредством собственного категорийного аппарата. Можно сказать иначе: онтология потребительского кооператива – совокупность описаний терминов (категорий) потребительских кооперативов и отношений между ними, используемая для формирования унифицированной семантической сети и базы знаний, пригодной для взаимодействия с системами искусственного интеллекта, работающими в Интернете.

Трансформация понятийного аппарата потребительской кооперации, производного от 7 кооперативных принципов [7], в онтологию теоретически поможет свести к минимуму вольные интерпретации терминов, имеющие место в законодательстве разных стран, зачастую нивелирующие экономическую самобытность такого явления, как кооперация, и обесценивающие ее значение для развития экономики и общества.

В свое время автор настоящей статьи провел исследование, выявившее искажение содержания некоторых кооперативных принципов на технической стадии – при переводе с английского на русский язык [8–10].

Неточность даже на таком высоком уровне, не говоря уже о терминах более низкого порядка, задает неверный вектор развития кооперативных сообществ в разных странах, ведет к неверному толкованию экономических категорий потребительских кооперативов, некритичному заимствованию содержания из категориального аппарата антиподов – коммерческих торговых организаций. Например, налоговое законодательство многих стран часто путает потребительские кооперативы с коммерческими торговыми организациями, вынуждая их платить лишние налоги. Но самое важное даже не в этом. Главное негативное последствие заключается в том, что люди перестают понимать, чем отличается кооператив от коммерческого, капиталистического предприятия.

Исходя из этого становится понятно, зачем кооперативному движению нужна онтология с машинно-интерпретируемыми

формулировками основных понятий. Вот некоторые причины:

- *однозначное понимание терминов и формирование структурированной информации;*
- *разделение фундаментальных (постоянных) и текущих (переменных) процессов;*
- *создание машинно-интерпретируемой, развиваемой мировым кооперативным сообществом базы знаний о кооперативах, пригодной для работы в системах семантической «паутины».*

Чтобы обеспечить однозначность в содержании терминов, требуется разработка общей онтологии кооперативного движения, то есть цифровая модель взаимосвязей между его участниками и другими субъектами, основанная на общих принципах и описывающая основные качества и параметры (правила) функционирования кооператива с использо-

ванием собственного категориального аппарата. Трансформация последнего в онтологию поможет свести к минимуму вольные интерпретации терминов, имеющие место в законодательстве разных стран.

Учитывая изложенное, можно предположить, что унификация знаний о кооперативном движении, его ценностях и принципах посредством инструментов семантической «паутины» будет способствовать распространению идей кооперации в мире, уточняя ее отличия от капиталистических цифровых платформ и предотвращая (либо сводя к минимуму) манипуляции кооперативной терминологией. В свою очередь, это даст толчок к стандартизации и на уровне международных институтов, таких, например, как Центр ООН по упрощению процедур торговли и электронному бизнесу (UN/CEFACT) и других. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гражданский кодекс Республики Беларусь. – Минск, 1999.
2. Cooperative identity, values and principles // <https://www.ica.coop/en/cooperatives/cooperative-identity>.
3. Якушкин Е.А. К вопросу об уточнении различий между потребительскими кооперативами и коммерческими предприятиями. – М., 2008.
4. Исследовать пути оптимизации организационно-экономического и правового механизма потребительских кооперативов в Республике Беларусь, шифр 03016, № госрегистрации 20032516, от 19.08.2003, (Отчет о НИР). – Минск, 2005.
5. Потребительская кооперация и сельский рынок / А.И. Савинский, Н.С. Шелер, С.Е. Пушкина и др. – Минск, 1993.
6. Munkner Hans-H., Vernaz Catherine. Annotated Co-operative Glossary. – Marburg, 2005.
7. Guidance Notes to the Co-operative Principles // [https://www.aciamerica.coop/IMG/pdf/guidance\\_notes\\_en.pdf](https://www.aciamerica.coop/IMG/pdf/guidance_notes_en.pdf).
8. Якушкин Е.А. К вопросу об уточнении различий между потребительскими кооперативами и коммерческими предприятиями. Сборник докладов конференции НИИ Белкоопсоюза. 30 ноября 2007 г., г. Минск – Минск, 2008.
9. Yakushkin E. The co-operative identity: identification criteria of consumer's co-ops. – Рибейран-Прету, Бразилия, региональная конференция МКА, 2008.
10. Yakushkin E. Co-operative identity: identification criteria of consumer's co-ops. – Кельн, 2008.
11. Yakushkin E. Consumer cooperatives in the era of digitalization, The International Co-operative Alliance Global Research Conference, Sterling University, 20–23 июня 2017.

Формирование основных направлений государственной научно-технической политики, выбор приоритетов развития отраслей и предприятий напрямую зависят от научно обоснованного планирования исследовательских и проектно-конструкторских работ, эффективной патентно-лицензионной деятельности. Отправной точкой при этом является определение технического уровня разработок и их перспектив, того, как налажено промышленное освоение новаций. Его результативность во многом зависит от соответствующего информационного обеспечения и умения извлекать знания из одного из важнейших ресурсов современности – патентов. Учитывая их объемы, а это более чем 130 млн документов, можно смело утверждать, что сегодня невозможно создать новое техническое решение без выявления и изучения опыта предшественников. С ролью патентно-информационных ресурсов, а также практикой проведения патентных исследований разбирались участники круглого стола редакции журнала «Наука и инновации».



**Наталья Сафронова,**  
заведующая отделом патентных документов Республиканской научно-технической библиотеки:

– В современных рыночных условиях переоценить важность патентной документации сложно: используя ее, можно определить наи-

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

более перспективные направления научно-технических разработок, своевременно выявить, не будут ли созданные решения нарушать чьи-то права в случае их вывода на отечественный и зарубежный рынки. К тому же изучение информации – первый шаг для оценки целесообразности патентования. Все это говорит о пользе патентно-информационных исследований, которые проводятся на основе данных патентного поиска и последующего анализа документов, о необходимости выполнять их на постоянной и комплексной основе.



**Елена Усачева,**  
начальник управления экспертизы промышленной собственности Национального центра интеллектуальной собственности:

– Причин для того, чтобы систематически обращаться к патентным базам данных (БД) в качестве источника технической информации, много. Одна из них заключается в том, что патентная документация содержит оформленные в соответствии с определенными требованиями описания изобретений, которые позволяют специалистам в той или иной области техники воспроизвести их. Такие требования предъявляют все

патентные ведомства мира. Кроме того, описания единообразно структурированы, соответствуют разработанным международным стандартам для публикаций, содержат оговоренную информацию, которая составляет основу глобальных, хорошо структурированных баз данных. Поиск информации облегчает международная патентная классификация, позволяющая подразделить весь массив технических решений на очень узкие подобласти. Плюс ко всему патентная документация достоверна и доступна. В наши дни ко многим БД патентов открыт свободный доступ в Интернете. Что еще важно, результаты патентных изысканий могут повлиять на капиталовложения в сферу НИОКР, производство; более того, они способны поставить под сомнение исследовательскую программу или коммерциализацию нового продукта или процесса.

Патентная литература уникальна еще и потому, что она содержит до 80% информации, которая нигде больше не публикуется. Это общемировая статистика. Можно найти патенты, выданные 30–50 лет назад, не востребованные в то время, и не потому, что они плохие, а потому, что было не рентабельно производить продукт силами существующих в то время технологий или с помощью имеющихся в наличии материалов. А сегодня они могут стать актуальными и успешно реализовываться на рынке. Скаутинг технологий как инструмент для нахождения на рынке новых решений и технологий позволяет заимствовать имеющиеся эффективные разработки, но никто так далеко не заглядывает и так глубоко не погружается в патентные источники. И к сожалению, у нас не понимают значения патентных изысканий, они, как правило, проводятся по «принуждению».



**Жанна Комарова,**  
главный редактор журнала  
«Наука и инновации»:

– В пользу обращения к патентным базам данных говорит тот факт, что, к примеру, в 2019 г., по информации ВОИС, общее число поданных заявок превысило 3,2 млн, а действующих патентов – 15 млн. Так что информационный поток огромен, и работа с ним важна для того, чтобы

ориентироваться в конкурентной среде, определять новые области для исследований и разработок, получать от них максимальную отдачу. В белорусских реалиях патентные исследования в основном сводятся к предметному поиску в целях обеспечения НИР или в рамках государственных научно-технических программ. Большинство из них проводятся для соблюдения требований регулятора – Государственного комитета по науке и технологиям, который своим положением о головной организации – исполнителе программ обозначил перечень проектов заданий по обязательным патентным исследованиям, о чем свидетельствует статистика Национального центра интеллектуальной собственности, организации, которая, кроме других задач, осуществляет и их регистрацию. И цифры говорят о многом. Если в 2019 г. в республике было зарегистрировано 196 патентных исследований, то в 2020 г. – 78, а по состоянию на конец 2021 г. – 160, из них по НИР – 55, ГПНИ – 24, ГНТП – 68 и ГП – 23 и пр. Чем объяснить столь резкое падение и такой подъем, как не принятием очередной Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и началом новых госпрограмм? Хотя патентные исследования должны проводиться на регуляторной основе в исследовательских целях, прежде всего в поисках информации о новых идеях в интересах конструкторских и производственных служб для обеспечения данными о выпускаемом оборудовании, производителях – для сведений об организации производства и усовершенствовании технологии. В патентной информации должны быть заинтересованы не только патентно-лицензионные и коммерческие службы предприятий, но и министерства и ведомства, а также планово-координационные органы.

### **Наталья Сафронова:**

– Бытует мнение, что все технические и технологические новинки можно увидеть, посещая международные выставки. Однако на момент представления новой продукции или технологии на такого рода мероприятиях в патентных ведомствах уже могут находиться заявки, улучшающие и совершенствующие их. С учетом ограничений, обусловленных пандемией, когда многие публичные мероприятия свернуты, получить точную картину мирового среза исследований и разработок, развития того или иного сектора можно из источников именно патентной информации.

В Государственном патентном фонде РНТБ на материальных носителях хранится половина мировой коллекции патентных документов, то есть более 57 млн. В интересах и по заказу пользователей сотрудники библиотеки оказывают услуги по проведению тематических информационных поисков по фонду изобретений, промышленных образцов, товарных знаков. Хочу подчеркнуть, что библиотека изначально была ориентирована на обслуживание предприятий и организаций, а также физических лиц и никогда не отклонялась от этой функции. И сегодня РНТБ продолжает в оговоренном режиме, по договору с заказчиком – предприятием или организацией осуществлять мониторинг ситуации того или иного направления на базе документного фонда.

Но главная проблема, с которой сталкиваемся мы и исследователи, состоит в том, чтобы найти максимальное количество релевантных патентных публикаций, на базе которых будет проводиться последующий анализ, соответствующий задачам поиска. Практика показывает, что самым востребованным является изучение технического уровня объекта техники – более 80% запросов. И, как правило, для непрофессионалов он начинается с поиска по ключевым словам в русскоязычных базах данных Национального центра интеллектуальной собственности и Федерального института промышленной собственности Роспатента. Анализ найденных в них документов позволяет уточнить некоторые поисковые элементы: индексы МПК, терминологический перечень, ведущих «игроков» в заданной области, имена или названия авторов и заявителей.

В этой связи хочу обратить внимание на определенные сложности, с которыми мы сталкиваемся при работе с БД НЦИС: отсутствием возможности поиска по ключевым словам, если они не включены в название изобретения, поиска по полному индексу МПК, включая группы и подгруппы, сложности в поиске по имени заявителя, автора, патентообладателя. На наш взгляд, требуется серьезная доработка национального поискового ресурса.

В зависимости от цели исследования выбираются бесплатные или коммерческие БД, поскольку поиск в одной базе даже мирового уровня не будет исчерпывающим. Дело в том, что базы данных готовятся одним или группой авторов, исходя из их видения и подходов, имеют различные поисковые поля, полноту и глубину, период обновления и т.д.

Более того, сайты патентных ведомств и международных организаций содержат предупреждение о том, что они не несут ответственности за надежность, адекватность, полноту и достоверность предоставляемой информации, и о том, что доступ к ней будет предоставляться непрерывно, быстро и безопасно. И только по окончании параллельного поиска в общедоступных и коммерческих базах данных, сравнивая их результаты, можно рассчитывать на объективную информацию. И, безусловно, для проведения качественного поиска патентной информации нужны собственные навыки либо консультация профессионала, которым может стать, например, специалист отдела патентных документов РНТБ.

Примером завершения работы по патентному поиску и патентным исследованиям являются патентные ландшафты – новый инструмент патентной аналитики, который отражает техническое и юридическое состояние разработок в определенной области техники в регионе или во всем мире. С отраслевыми патентными ландшафтами, подготовленными экспертами Патентного офиса Федеральной службы интеллектуальной собственности Роспатента, можно познакомиться в РНТБ. Среди них, например, «Умный город», «Химические источники питания», «Химические средства защиты растений, стимуляторы роста растений», «Технологии блокчейн. Современное состояние и ключевые инсайты» и др. Следуя запросу сегодняшнего дня, экспертам ФИПС удалось поднять качество патентных исследований в Российской Федерации и повысить интерес к отраслевой патентной аналитике. Это тот путь, по которому необходимо двигаться отечественной науке и промышленности, если они нацелены на результат.



**Евгений Пак,**  
заместитель директора  
УП «Белпатентсервис» БелТПП:

– Хотел бы отметить, что патентные ландшафты Патентного офиса Роспатента заслуживают внимания. Информационная составляющая у них неплохая, но что касается собственно аналитической части, исходя

из доступных материалов, то она имеет значительный ресурс для улучшения. Для специалистов важен не набор патентов и их визуализация, а наличие выводов, рекомендаций, анализ и прогноз с упором на количественные и качественные показатели. В этом и состоит суть патентно-информационных исследований, их высший пилотаж. Профессиональный взгляд позволяет посмотреть через патентную призму на несколько вариантов решения конкретной проблемы, найти технические показатели, неизвестные источники информации, снизить риски, чтобы обеспечить первоклассную ориентацию в прорабатываемом объекте.

Еще один момент, требующий внимания, – уровень патентной активности, который демонстрируют белорусские изобретатели. Если ранее, в советское время, в республике подавалось до 10 тыс. заявок на авторские свидетельства в год, то теперь на изобретения и полезные модели – менее 400. Так что следует более тщательно посмотреть на отечественный рынок и по возможности разобраться в причинах такого положения. Надеюсь, присутствующие на нашей встрече специалисты министерств понимают важность такого индикатора инновационного развития, как патентование и лицензирование технологий, а также того, что работа с патентными фондами просто необходима при формировании научно-технической политики отрасли.

## Елена Усачева:

– Априори ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности играет интеллектуальная собственность (ИС) и грамотное управление ею. Собственно, смысл любой деятельности – получение прибыли, которая зависит от эффективности работы предприятия, отрасли. В ее основе лежат три составляющие: наличие конкурентоспособной продукции, монополия на рынке и патентная чистота предлагаемого на рынке продукта. В условиях нашей страны говорить о качественном управлении ИС не приходится, хотя во всем мире она является краеугольным камнем для инновационного развития малого, среднего и крупного бизнеса, да и страны в целом. Грамотное регулирование отношений в сфере ИС, государственная поддержка способны не только стимулировать творческую активность, но и создать условия для получения добавленной стоимости. Особых сдвигов в отношении промыш-

ленной собственности у нас в республике не наблюдается, разве что у предприятий появился страх нарушить чьи-то права, что заставляет их обращать внимание на патентную чистоту выпускаемой на рынок продукции.

Вопрос патентования – еще один камень преткновения, когда мы говорим об интеллектуальной собственности и стремлении стать монополистом на рынке. Как правило, многие предприятия видят в этом больше хлопот, чем пользы. О патенте как об экономической единице, которая позволяет зарабатывать на том или ином рынке больше при прочих равных, никто не думает. Создается впечатление, что это вообще не беспокоит большинство производителей. Зато мы видим, что сегодня патент востребован при защите кандидатской или докторской диссертации, в виде отчета к НИР или НИОКР. Какую картину мы наблюдаем? Патенты по заявкам национальных заявителей действуют год, а далее их никто не поддерживает в силе. Подавляющее большинство патентов-«долгожителей» принадлежат частным лицам и иностранным патентообладателям. Итоги выборки, которую я провела, показали, что лидерами по патентным заявкам являются организации НАН Беларуси и Министерства образования. На их долю приходится порядка 60% заявок, а действующими по истечении года остаются только 5% из полученных патентов. Это свидетельство того, что патенты не востребованы отечественным бизнесом. В таком случае, когда мы говорим о конкурентоспособности, то можно сказать, что такая задача перед предприятием не стоит, и отсюда нет стремления к тому, чтобы развиваться и привлекать инвестиции. К примеру, представители холдинга «Российские железные дороги» обоснованно считают, что патентная аналитика начинается тогда, когда начинаются инвестиции. Никто не будет инвестировать в то, что не принесет прибыли. Поэтому патентные исследования, облеченные в отчеты, патентные ландшафты – своего рода бизнес-план. Без экономического расчета, предоставляемого при получении кредита, ни одна финансовая организация денег не даст. В то же время все считают, что разрабатывать новую техническую продукцию можно и без патентных исследований. А ведь для обоснования потребности в такой продукции патентные исследования должны проводиться до того, как началось ее производство, а не тогда, когда налажен ее выпуск. В этом проблема.



**Наталья Цыбулько,**  
начальник патентно-лицензионного  
бюро ОАО «Пеленг»:

– ОАО «Пеленг» – ведущее проектно-конструкторское предприятие опτικο-электронной промышленности Республики Беларусь, присутствующее на рынке более 45 лет.

В силу своей специфики нашими основными заказчиками выступают юридические лица Российской Федерации, что обязывает нас проводить патентные исследования в соответствии с нормативными документами этой страны. Однако следует заметить, что принцип их выполнения в соответствии с аналогичными документами в нашей республике, а это СТБ 1180–99 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» ГОСТ Р 15.011–96 и в ГОСТ Р 15.011–96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», в целом схожи, имеются лишь незначительные отличия в заполнении отчетных данных.

Важно подчеркнуть, что патентные исследования проводятся, в зависимости от целей и задач, для определения уровня техники, патентоспособности, патентной чистоты. В первом случае специалисты обращаются к различной информации – научно-технической, патентной, рекламной – по ведущим фирмам в соответствующей области разработки. В нашей практике мы используем информацию из сети Интернет, баз данных Республики Беларусь, Российской Федерации, Евразийского и Европейского патентных ведомств. По результатам поиска определяются направления развития конкурирующих компаний, их научно-технический задел и перспективы, делаются выводы о техническом уровне и тенденциях развития объекта разработки.

При проведении патентных исследований на патентоспособность для различных технических решений осуществляется патентный поиск по ключевым словам, рубрикам международной патентной классификации, патентообладателям, авторам, а также по научно-технической информации с тем, чтобы выявить технические решения, удовлетворяющие критериям патентоспособности.

Когда речь идет об исследованиях на патентную чистоту, то они ведутся по базам данных патентных ведомств стран, которые определяются заказчиком. Предметом поиска в данном случае является изделие в целом и его составные части. Как правило, заказчик оговаривает проведение проверки на патентную чистоту по БД Республики Беларусь, Российской Федерации и Евразийского патентного ведомства. При выявлении патентов, наиболее близких к разрабатываемому изделию, наши специалисты проводят сопоставительный анализ по каждому признаку формулы изобретения на соответствие признаку разрабатываемого продукта. В результате выявляется патентная чистота изделия в целом и его составных частей по оговоренной стране на дату проведения поиска. Итоговым документом патентных исследований является патентный формуляр, оформленный в соответствии с ГОСТ 15.012–84 – единый для нашей страны и Российской Федерации и отражающий информацию, касающуюся назначения и области применения объекта, результаты проверки патентной чистоты в отношении определенной страны, охраняемых документов, под действие которых подпадает объект техники и его правовая защита.

Данные виды работ выполняются четырьмя сотрудниками патентно-лицензионного бюро совместно с ведущими разработчиками изделия.

#### **Жанна Комарова:**

– Таких компаний, как «Пеленг», где организована системная работа с патентами, осталось немного. Огорчает то, что ситуация с патентно-лицензионными, информационными службами на предприятиях республики довольно грустная. И, на мой взгляд, необходимо приложить максимум усилий, чтобы они возродились, если мы хотим быть конкурентоспособными.



**Антон Калинин,**  
ведущий инженер по патентной  
и изобретательской работе Научно-  
технологического парка БНТУ  
«Политехник»:

– В последние годы в рамках деятельности «Политехника» проведение патентных исследований стало составным элементом исследований

и разработок и представляет собой определенный компромисс. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, имеется конкретная техническая задача, которую необходимо решить, а с другой – надо получить более полное представление о развитии той или иной области науки и техники, в том числе спрогнозировать, выявить направления ее развития. Также в результате анализа патентных документов есть возможность получить сведения не только технического характера, но и те, которые могут быть полезны при последующей коммерциализации – к примеру, информация о патентообладателях, авторах, сроках подачи заявок. При этом ограниченность временных и человеческих ресурсов приводит к необходимости искать данный компромисс. Он выражается отчасти в том, какую информацию следует предоставлять разработчикам: непосредственно сами патенты, которые предназначены, как правило, для выбора прототипа и создания с его учетом нового продукта, или давать обработанные сведения, содержащие цели и задачи запатентованных технических решений, способы их достижения, динамику их изменений.

Если в целом говорить о патентной аналитике, то, на мой субъективный взгляд, данная тема, безусловно, очень интересна и актуальна. Однако, к сожалению, нельзя сказать, что она используется в качестве одного из ключевых инструментов при выработке стратегических решений по развитию отраслей экономики, направлений науки и техники.

На корпоративном уровне ситуация отчасти схожая. Если компания занимается разработкой или производством конкретной продукции, то она, как правило, имеет определенное, пусть и интуитивное видение того, как их направление будет развиваться. Когда же сфера интересов компании начинает распространяться на область, с которой она не сталкивалась ранее, или она намерена выйти на новые рынки, то без проведения патентных исследований не обойтись.

На мой взгляд, проблемой при проведении патентных исследований является недостаточное методическое обеспечение. Действующего стандарта СТБ 1180–99 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», а также примерного Перечня литературных источников в помощь специалистам по проведению патентных исследований недостаточно. Стандарт накладывает на исполнителя патент-

ных исследований определенные обязательства и ограничения, при этом методических материалов, которые позволяли бы более эффективно осуществлять поиск и анализ патентной информации, в настоящий момент нет. Конечно, для решения определенных задач, например патентного поиска, стандарт хорош, но для более скрупулезной работы с патентными документами он недостаточно информативен. Совершенствование методического обеспечения может быть реализовано путем разработки методических рекомендаций как на отраслевом, так и на национальном уровне. Кроме того, перспективно, на мой взгляд, изучение зарубежного опыта по формированию профессионального сообщества экспертов, специализирующихся на работе с патентной информацией.

### **Наталья Цыбулько:**

Практика показывает, что существующий стандарт СТБ 1180–99 требует актуализации не только в части форм для заполнения, но и соответствия реалиям сегодняшнего времени, чтобы отчет о патентных исследованиях стал более информативным, а также регулировал порядок их проведения на различных этапах жизненного цикла разработки.

### **Елена Усачева:**

– Относительно того, хороший или плохой у нас стандарт и отсутствия методологической базы, могу заметить следующее. Да, Российская Федерация пошла дальше нас, она учла новые тенденции. Там проведена огромная работа по актуализации стандарта на патентные исследования. Роспатентом разработаны Методические рекомендации по подготовке отчетов о патентном обзоре – патентном ландшафте. Возрождается и поддерживается патентование за рубежом, активную работу проводит российское общество изобретателей и рационализаторов. Но если более углубленно посмотреть на переработанные документы, то, по большому счету, это всего лишь адаптация их с точки зрения современной терминологии, и это касается в том числе и патентных ландшафтов. Ничего нового по сути проводимых исследований нет. Используются современные формы визуализации получаемых данных, ставших доступными благодаря цифровым инструментам и сервисам.

Как поисковик со стажем могу сказать, что расписать методику патентного исследования довольно сложно, даже невозможно, поскольку каждая работа индивидуальна, и человек, который ее проводит, должен обладать разносторонними познаниями. Поисковые запросы, направляемые исследователем, зависят от задач, которые хочет решить разработчик, и опять-таки от способности и умения людей формировать технические требования. Должно быть, так сказать, чувство поиска, научить которому сложно, и унифицировать его нельзя.

Что касается стандарта 1180–99, то НЦИС рассматривает возможность его обновления, но, поверьте, патентные исследования от этого не рванут вперед. Патентование опережает реальное внедрение. Надо понимать это. Значит, нужно поднимать пласт патентной информации, популяризировать ее, обязывать, если хотите, работать с патентными фондами. Не все осознают, что патент – это документ, удостоверяющий право собственности, который можно продавать, закладывать, передавать и получать дивиденды.

#### **Евгений Пак:**

– Как представитель предприятия «Белпатентсервис» Белорусской торгово-промышленной палаты хочу отметить, что главная задача, которую мы решаем на своем уровне, – защита экспорта в области интеллектуальной собственности и недопущение нарушения прав зарубежных компаний.

Но сегодня хотел бы остановиться на IT-отрасли, которая за последние годы достигла 4% ВВП. Так вот, там, на мой взгляд, работают талантливые молодые люди, понимающие ценность объектов интеллектуальной собственности и обладающие знаниями, что и как защищать. Это касается тех представителей данного сектора, которые что-то сами разрабатывают и затем выходят на глобальные рынки, используя все формы защиты и международной регистрации и по изобретениям, и по промышленным образцам, и по товарным знакам. В качестве примера – стартап Teslasuit, разработчик VR-костюмов и датчиков. На первом этапе ему удалось привлечь 40 тыс. фунтов стерлингов под права на международную заявку на изобретение, а после получения патентов-аналогов в Европе, США и Японии на стадии инкубирования были привлечены инвестиции на сумму более миллиона фунтов стерлингов.

С учетом того, что мы живем в мире, где набирает обороты международное разделение труда, наша республика в состоянии наверстать отставание и в технологических укладах. Опять же пример: белорусская разработка тачпад – клавиатура без мышки. Ребята получили патенты на изобретения и свидетельства на товарные знаки в США и Китае и продают свое изделие под китайским товарным знаком. Тем самым они избежали расходов на производство, общезаводских затрат, на продвижение, транспортировку, таможенную. Конкретный китайский производитель продает устройство по всему миру.

Патентные исследования – это путь в новое инновационное будущее нашей страны. Сегодня у нас действует площадка «Великий камень», где отработан процесс бизнес-инкубации от идеи до выведения продукта на рынок. Ресурс есть, и его надо максимально осваивать. Патентные исследования нам в помощь!

Есть вопрос в имплементации патентного права в гражданское. Время не стоит на месте. Возьмем, к примеру, опыт России в отношении отдельной главы Гражданского кодекса по вопросам интеллектуальной собственности, что позволяет вести дела по патентным спорам в традиционных трех инстанциях вместо одной.

Полностью поддерживаю инициативу генерального директора Национального центра интеллектуальной собственности Владимира Рябоволова по возрождению рационализации и изобретательства в нашей республике. Повод для беспокойства есть. Если 17 лет назад на Тракторном заводе в патентном отделе работало 20 человек и столько же в рационализаторском, то сейчас остались единицы. Но без рационализации не будет изобретательства, а значит, не будет патентов и разработок мирового уровня. Без людей – генераторов новых идей – ничего не будет.

Мне кажется, что если засучить рукава и приступить к делу, то есть шанс рвануть наперерез и выйти в лидеры. Велика в этом роль средств массовой информации, которые могут стать не просто популяризаторами, но и профессиональными площадками по примеру журнала «Вопросы изобретательства», существовавшего в СССР, открыто обсуждавшего проблемы и пути их решения в сфере рационализации и изобретательства.

Уверен, что практику состоявшегося диалога стоит продолжать и совместно искать

варианты взаимодействия и выработки взвешенных решений в вопросах интеллектуальной собственности как ключевых при разработке новых объектов техники.

## Наталья Сафронова:

– Полагаю, что свою роль в популяризации ИС должны сыграть ЦПТИ – Центры поддержки технологий и инноваций, которые планомерно открываются в Беларуси. Сегодня действует 16 центров, открытых преимущественно в высших учреждениях образования. Первый ЦПТИ был создан в РНТБ в 2017 г., следом – во всех областных филиалах РНТБ. В них предоставляется информация по законодательству в области интеллектуальной собственности, доступ к коммерческим патентным и непатентным базам данных, работают консультационные пункты, где оказываются бесплатные консультации по вопросам ИС.

Среди обозначенных актуальных проблем есть еще несколько, требующих решения, они касаются подготовки патентоведов, патентных аналитиков, специалистов, занимающихся управлением результатами интеллектуальной деятельности, а также непрерывности образования в области ИС на различных уровнях: учащихся старших классов школ и средних профессиональных заведений, студентов вузов, аспирантов и магистрантов, специалистов-профессионалов.

Современные тенденции развития образования должны включать пути формирования у будущих специалистов компетенций, направленных не только на создание новых образцов конкурентоспособной продукции, но и умение защищать право собственности на них.



**Ольга Денисевич,**  
главный специалист отдела науки и инновационного развития  
Министерства по чрезвычайным  
ситуациям Республики Беларусь:

– Думаю, всем присутствующим понятно, что это одни из злободневных вопросов. Когда при НЦИС был собственный институт подготовки кадров «РУПИС» с очными сессиями и двухлетним обучением, шел постоянный процесс пополнения и ротации кадров. Мно-

гие, кто окончил его, сегодня – признанные эксперты в области промышленной собственности. Но курса переподготовки в 36 часов, который организует Национальный центр интеллектуальной собственности, недостаточно, чтобы получить необходимый багаж знаний. Вот и молодежь в этой нише практически не появляется. И даже технические вузы не могут похвастаться системной подготовкой своих специалистов в области ИС.

## Наталья Цыбулько:

– Разделяю вашу озабоченность. На мой взгляд, эффективность зависит не только от объема информации и преподавания, но и от того, кто учится. Когда человек работает в сфере интеллектуальной собственности, а потом проходит обучение, то тогда он уже сам систематизирует свои знания и становится профессионалом.

## Елена Усачева:

– Для того чтобы организовать обучение (получение высшего образования, переподготовка на базе высшего образования) и выдать документ государственного образца, необходимо соблюсти ряд требований, выдвигаемых к преподавательскому составу и организации учебного процесса, которые НЦИС не может выполнить. Насколько я знаю, существует интерес у Российской государственной академии интеллектуальной собственности относительно открытия в Минске ее филиала, но пока это только планы. В академии система подготовки кадров имеет свою историю, да и многие наши специалисты оканчивали ее, я в том числе. И качество образования там высокое. Но по причине пандемии коронавируса они перешли на дистанционное обучение, и, на мой взгляд, начался некоторый регресс, потому что нет очных занятий, нет контрольных, сессий. Все переведено в систему тестирования, а ее эффективность, к сожалению, невысокая. Так что проблем в сфере ИС достаточно, и есть над чем работать. ■

Жанна КОМАРОВА

# КОНЦЕПЦИИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ В МАРКЕТИНГЕ



**Виктория  
Дершень,**

преподаватель кафедры  
экономики БГУИР, магистр  
экономических наук;  
[sosna.victoria@gmail.com](mailto:sosna.victoria@gmail.com)



**Владимир  
Пархименко,**

заведующий кафедрой  
экономики БГУИР,  
кандидат экономических  
наук, доцент;  
[Uladzimir.Parkhimenka  
@gmail.com](mailto:Uladzimir.Parkhimenka@gmail.com)

**Аннотация.** Сформулированы возможные пути использования концепций поведенческой экономики в маркетинговой деятельности. Разработана классификация 11 наиболее важных из них, по каждой предложены рекомендации о возможном применении в маркетинге. Делается итоговый вывод о необходимости дальнейшей интеграции положений поведенческой экономики и маркетинговой теории.

**Ключевые слова:** поведенческая экономика, ограниченная рациональность, маркетинг.

**Для цитирования:** Дершень В., Пархименко В. Концепции поведенческой экономики в маркетинге // Наука и инновации. 2022. №3. С. 53–59. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-53-59>

## ВВЕДЕНИЕ

В экономической теории, в разделе микроэкономики, поведение потребителя описывается (моделируется) функцией спроса, выводимой из предположения о рациональности индивида, который максимизирует извлекаемую из купленных благ полезность с учетом имеющегося бюджета располагаемых средств и своих субъективных предпочтений среди альтернативных наборов товаров и услуг.

Неважно при этом, говорим ли мы о спросе на основе уменьшающейся предельной нормы замещения или о теории выявленных предпочтений [1].

Однако в маркетинге, который в специальной литературе традиционно не признается наукой, а в лучшем случае –

«наукой и искусством» [2, 3], потребитель уже давно рассматривается не как рациональный субъект, а зачастую лишь как объект различных психологических манипуляций, реагирующий во многих случаях иррационально на различные неценовые стимулы, в первую очередь психологической природы. Речь идет о скидках, акциях, таких практиках, как округление цены до 0,99, и т.д.

Традиционная микроэкономика учитывает этот момент лишь путем включения в функцию спроса «других факторов» [4] и при помощи оговорки о том, что ее модель описывает центральную тенденцию, вокруг которой варьируются (незначительно) фактические значения объемов продаж на рынке. Однако, по большому счету, в микроэкономике потребитель все равно остается сугубо рационально действующим субъектом.

А вот так называемая и модная ныне «поведенческая экономика» – это попытка уточнить традиционные положения, особенно в той их части, где они существенно отходят от реально наблюдаемых поведенческих феноменов индивида или группы индивидов.

Корни поведенческой экономики как научного направления уходят в работы по экономической психологии начала XX в., а некоторые авторы вообще находят ее «зародыши» в трудах Адама Смита. Однако по-настоящему ее формирование в современном виде связывают с работами Ричарда Талера, Даниэля Канемана и Амоса Тверски в 1970–1980 гг.

Представляется, что в этом смысле поведенческая экономика и маркетинг (в первую оче-

редь в области практики) с разных сторон подходили к одной и той же проблеме. Поведенческая экономика искала отклонение фактического, реально наблюдаемого поведения индивида от того поведения, которое вытекало из предсказаний ортодоксальной экономической теории, – поведения рационального субъекта, максимизирующего свое благосостояние, так называемого Homo Economicus. Что касается маркетинга, то он вообще изначально опирался не на теоретические модели, а сугубо на феноменологическое описание и объяснение реального, фактического, конкретного поведения потребителя.

Похоже, сейчас настало время, когда пласт знаний, накопленных поведенческой экономикой, должен быть творчески освоен маркетологами-практиками и интегрирован в систему инструментов маркетингового комплекса. В данной статье предпринимается попытка показать, каким образом такая интеграция возможна.

При этом поведенческая экономика как область экономической науки – своего рода «мостик» между ортодоксальной экономической теорией и такой прикладной сферой, как маркетинг; тем самым, возможно, и последний приобретает более мощный научный фундамент.

## ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Довольно сложно представить однозначную и бесспорную классификацию предметного поля поведенческой экономики. Тем не менее, исходя из анализа публикаций по данной тема-

тике, можно предложить следующую концептуальную схему (рисунок), которую стоит рассматривать не как итоговый ответ, а всего лишь первый шаг.

Как упоминалось ранее, рациональность потребителя означает, что предпочтительным спросом будут пользоваться те товары и услуги, которые принесут наибольшее удовлетворение по сравнению с другими их наборами при условии, что доходы покупателя позволяют приобрести эти наборы. В таком случае он должен осознавать, что для него более приоритетно, точно знать уровень доходов и владеть информацией о цене товаров. И самое главное, он будет поступать так, чтобы максимизировать полезность от потребления.

Однако быть полностью рациональным потребителю не позволяют:

- *ограниченная рациональность;*
- *ограниченная сила воли;*
- *ограниченный личный интерес.*

В рамках этих барьеров можно выделить некоторые феномены, концепции и инструменты, позволяющие уточнить описание поведения потребителей, – они представлены в правой части рисунка.

Кроме того, исследования в области поведенческой экономики нашли применение в таких областях, как поведенческая теория игр, поведенческие финансы и теория подталкивания (либертарианский патернализм).

Рассмотрим подробнее каждый из перечисленных феноменов.

**Когнитивные искажения** – систематические ошибки,

отклонения от рациональности суждений, вызванные неверными убеждениями [5]. В частности, в литературе выделяют следующие три причины возникновения (и вида) когнитивных искажений, связанные со следующими факторами:

- упрощением принятия решения (эвристики);
- сложностью или новизной задачи;
- эволюционными механизмами.

**Эвристики**, как один из видов когнитивных искажений, который, однако, ввиду особой значимости для маркетинга целесообразно в контексте данной статьи рассматривать отдельно, представляют собой своеобразное «сокращение пути» при принятии решения.

Наиболее часто встречающиеся эвристики [6]:

- **якорение**: оценка делается исходя из начального значения, которое корректируется для получения окончательного ответа. Начальное значение, или начальная точка, может быть предложено формулировкой задачи или может быть результатом частичного вычисления;
- **эвристика репрезентативности**: вероятности оцениваются степенью, в которой А репрезентативно для В, то есть степенью, в которой А напоминает В. Например, когда А в высшей степени репрезентативно для В, вероятность того, что А происходит от В, считается высокой;
- **эвристика доступности**: частота или вероятность события определяются по легкости, с которой можно вспомнить подобные случаи или события.

**Эффект эндаумента** объясняет поведение людей, когда они переоценивают то, что имеют во владении, независимо от его объективной рыночной стоимости [7]. Потребители придают большую ценность вещам после того, как они установили право собственности. Это особенно верно для предметов, которые обычно не продаются на рынке, а имеют символическое или эмоциональное значение.

Стандартная экономическая теория предполагает, что если эффект дохода низок, то разница между максимальной готовностью человека платить (willingness to pay, WTP) за товар и минимальной компенсацией, требуемой для за тот же товар (willingness to accept, WTA), должна быть незначительной. Но это утверждение опровергается наблюдениями и экспериментами экономистов и психологов [8].

Наличие подобного эффекта подтвердил классический эксперимент с чашками, проведенный в 1990 г. Канеманом, Кнетшем и Талером [9]. Он повторялся несколько раз, всегда с одинаковыми результатами: медианные цены продажи примерно вдвое превышали медианную стоимость покупки, а объем продаж был меньше половины ожидаемого.

Одним из следствий избегания убытков является то, что люди имеют сильную тенденцию оставаться в статус-кво, потому что недостатки, связанные с его изменением, кажутся больше, чем преимущества.

Самуэльсон и Цекхаузер отмечают, что отклонение в сторону статус-кво может быть психологически объяснено ранее принятыми обязательствами, размышлениями о невозвратных издержках, когнитивным диссонансом,

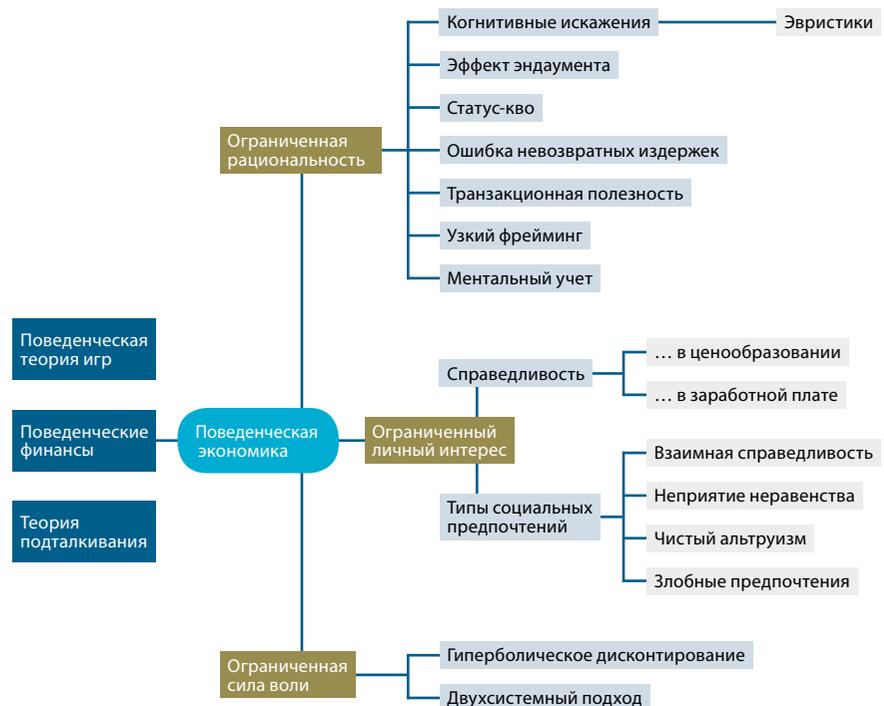


Рисунок. Концептуальная схема предметного поля поведенческой экономики  
 Источник: собственная разработка

необходимостью контролировать и нежеланием делать выбор [10]. Последнее основано на наблюдении Канемана и Тверски о том, что люди испытывают большее сожаление о плохих результатах, вызванных новыми действиями, чем о плохих последствиях, являющихся следствием бездействия.

**Эффект невозвратных издержек** подразумевает, что ранее вложенные ресурсы продолжают учитываться вопреки правилам экономики. Талер объясняет этот феномен с помощью теории перспектив [11]. Он вводит психологические эквиваленты дебета и кредита – удовольствие и неудовлетворенность – и поясняет, что с точки зрения теории перспектив первое можно рассматривать как функцию ценности в области доходов, а второе – функцию ценности в области потерь. Неудовлетворенность не возникнет, если покупка совершается для немедленного потребления, если же это делается для отсроченного использования (например, приобретение билетов на концерт или в кино), не ощущается никакой боли, возможно только предвкушение праздника. При этом ментальный счет остается «открытым» и должен закрыться после мероприятия. Затем, когда оно посещается, потребитель испытывает удовольствие, и счет «закрывается» в положительной точке. Однако в случае если билеты негодились, их ценность становится равной нулю, и человек чувствует убыток [12].

**Транзакционная полезность** измеряет воспринимаемую стоимость сделки. Она определяется как разница между уплаченной суммой и референтной, то есть обычной ценой за товар,

которую потребитель ожидает заплатить за этот продукт [13].

Транзакционная полезность приводит к двум видам эффектов на рынке. Во-первых, некоторые товары приобретаются в первую очередь потому, что они особенно выгодны. Продавцы используют это обстоятельство, подчеркивая экономию по сравнению с обычной розничной ценой (которая служит в качестве рекомендуемой базовой стоимости). С другой стороны, некоторые покупки, которые улучшили бы положение потребителя, не состоятся из-за существенной отрицательной полезности транзакций.

Канеман и Ловалло [14] выделяют такой феномен, как узкий фрейминг, когда в некоторых случаях экономические события и транзакции оцениваются в совокупности, а в некоторых – отдельно друг от друга.

Влияние узкого фрейминга хорошо иллюстрируется в исследованиях Талера и Бенарци [15]. Они предлагали сотрудникам Университета Южной Калифорнии выбрать план инвестирования: более рискованный, но более маржинальный, или менее рискованный и менее доходный. Части испытуемых продемонстрировали динамику годовой доходности, другим – с перспективой на 30 лет. Данные для обоих случаев были одинаковыми. Оказалось, что в долгоиграющий проект были готовы инвестировать 90% респондентов и лишь 40% приняли решение вложить свои средства в менее рискованный план.

Основная идея ментального учета заключается в том, что люди относятся к деньгам по-разному в зависимости от их происхождения

и предполагаемого использования, а не думают об этом с точки зрения формального учета [13]. Важный термин, лежащий в основе ортодоксальной экономической теории, – это взаимозаменяемость, то есть тот факт, что все деньги одинаковы и не имеют ярлыков. В ментальном учете люди рассматривают активы как менее взаимозаменяемые, чем на самом деле; они определяют их как принадлежащие текущему богатству, текущему доходу или будущему доходу.

Чтобы описать, как события воспринимаются и кодируются при принятии решений, используется функция ценности, имеющая три основные характеристики:

- она определяется прибылями и убытками относительно некоторой контрольной точки;
- в зонах прибылей и убытков проявляется уменьшающаяся чувствительность;
- люди склонны к избеганию убытков.

**Модель гиперболического дисконтирования**, которая может представить межвременной выбор потребителя, была предложена Чангом и Херрнсейном (1961) [16] для описания поведения животных, после чего ее приняли и для людей. Эта модель предполагает снижение ставок дисконтирования по мере перемещения события дальше во времени [17]. Оно в ближайшем будущем дисконтируется по более высокой ставке, чем более отдаленное [18].

Экспоненциальная модель дисконтирования является привычной для оценки межвременного выбора и согласованной динамически, то есть решения,

предпочтительные сейчас, будут оставаться таковыми и в будущем. В ней предполагается применение постоянного коэффициента дисконтирования, который используется для оценки полезности в разные периоды.

В квазигиперболическом дисконтировании к обычному коэффициенту дисконтирования добавляется еще один коэффициент (модель бета-дельта).

Другой взгляд на межвременной выбор дает модель двухсистемного подхода. Конфликт между краткосрочными и долгосрочными предпочтениями возникает, если рассматривать человека как организацию. Последняя в любой момент времени состоит из планировщика, занимающегося пожизненной полезностью, и деятеля, который существует только в краткосрочном периоде и является полностью эгоистичным или близоруким [19].

В данной модели планировщик не потребляет, а извлекает пользу из потребления деятелей, значит, его функция полезности зависит от функций деятелей в каждом периоде. При этом для планировщика полезность будет максимальной, если сумма потребления в каждом периоде будет меньше или равна сумме денег, которую он установил для этого промежутка времени. Однако бесконтрольный деятель скорее потратит всю сумму разом в первом периоде, а в последующих останется без денег. Чтобы этого избежать, ему нужно пересмотреть свои предпочтения: или должны измениться стимулы, или планировщиком будут установлены ограничивающие правила.

Большое количество исследований показывает, что, помимо материального личного инте-

реса, социальные предпочтения определяют решения значительной части людей [20].

Особенно важным типом социальных предпочтений является взаимная справедливость. Взаимный человек реагирует на действия, которые воспринимаются как положительные, по-доброму, и на враждебность – неприязненно. Восприятие зависит от справедливости или несправедливости последствий и намерения, связанного с действием. Справедливость намерения, в свою очередь, определяется справедливостью распределения выигрышей по отношению к набору возможных распределений выигрышей, вызванных действием.

Второй тип социальных предпочтений – неприятие неравенства. Фер и Шмидт предполагают, например, что люди, не склонные к неравенству, хотя бы добьются справедливого распределения материальных ресурсов [21], увеличить их другим лицам, если они ниже справедливого ориентира, и уменьшить тем, кто этого не заслуживает.

Взаимность и неприятие неравенства сильно отличаются от чистого альтруизма – третьего типа социальных предпочтений, представляющего собой форму безусловной доброты, то есть не возникающего как реакция только на доброе и честное отношение к себе, а проявляющееся независимо от поведения других лиц [22].

Исследования также показали, что часть людей демонстрирует противоположное поведение – злобные или завистливые предпочтения [23]. Такие люди всегда отрицательно оценивают материальную выгоду других лиц. Сни-

зить ее даже в ущерб себе для них важнее всего, независимо от того, является поведение другого субъекта честным или нет.

Важной концепцией также является воспринимаемая справедливость цены потребителем и связанные с ней эмоции относительно того, существует ли разница между фактической стоимостью товара у продавца и ожидаемой ценой и насколько эта разница разумна, приемлема и оправданна [24].

Таким образом, суждения о справедливости цены обычно понимаются в литературе как сравнительные, то есть покупатель сопоставляет предлагаемые им условия с каким-то «эталонным» значением – референсной ценой. Последняя или формируется на базе опыта предыдущего аналогичного приобретения, или предполагается на основе субъективного анализа уровня цен на рынке. Сравнение может быть не очевидным, например, у некоторых категорий потребителей из-за ограниченного дохода могут быть заниженные ценовые ожидания [25].

Аналогично строятся суждения о справедливой заработной плате – посредством соотношения с некоторой референсной суммой: предыдущим уровнем оплаты труда, знаний о заработке коллег или предложениях на аналогичных вакансиях.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ В МАРКЕТИНГЕ**

Опираясь на представленную классификацию, можно предложить рекомендации о возможном применении

Фактор отклонения поведения потребителя от идеального поведения Homo Economicus	Конкретный феномен (концепция) поведенческой экономики	Сущность	Возможное значение и применение в маркетинге
Ограниченная рациональность	Когнитивные искажения	Систематическое отклонение от рационального, логического мышления	Необходимо учитывать при разработке маркетинговой стратегии и, в частности, в рамках маркетинговых коммуникаций
	Эвристики	Простые эмпирические правила, которые используют потребители для умозаключений и принятия решений о покупке	Необходимо знать, какими эвристиками пользуются их целевые потребители, и соответствующим образом корректировать свое предложение (стратегию позиционирования, комплекс маркетинга)
	Эффект владения (эндаумента)	Склонность индивида оценивать более высоко вещи, которыми он (она) уже владеет	Возможно применение в таких моделях монетизации, как «Крючок и наживка», Freemium, бесплатная пробная версия (Trial) и т.п.
	Статус-кво	Склонность индивида оценивать более положительно исходное состояние (статус-кво) относительно иных альтернатив (новых состояний)	Эффект должен учитываться для создания более мощных стимулов для изменения привычек и сложившихся предпочтений потребителей. Также может использоваться для того, чтобы склонить покупателей к выбору определенной альтернативы (вариант «по умолчанию»)
	Ошибка невозвратных издержек	Склонность индивида в процессе принятия решений придавать значение уже понесенным издержкам, желание «отыгаться»	Можно использовать системы лояльности и геймификации, в рамках которых потребитель постепенно накапливает какие-либо скидки, баллы, бонусы, а в случае своего ухода теряет их полностью. Возможно также использование абонементной системы
	Транзакционная полезность	Обстоятельства сделки, которые существенно влияют на восприятие индивидом полезности приобретаемого товара или услуги	Необходимо ориентироваться не только на предлагаемый товар или услугу, но и на контекст их продажи и предоставления
	Узкий фрейминг	Склонность индивида фокусироваться на деталях, а не на всей картине в целом при принятии экономических решений	Необходимо определять, что есть то главное, на что обращает внимание целевая аудитория
Ограниченная сила воли	Ментальный учет	Склонность индивида неосознанно учитывать обстоятельства поступления, хранения и использования денежных средств при принятии экономических решений	Возможно использование операций ментальной арифметики, чтобы повышать удовлетворенность клиента (например, начисление бонусов не одной операцией, а разными, и пр.)
	Гиперболическое дисконтирование	Склонность индивида к более высокой оценке экономических потерь ввиду задержки во времени в ближайшем будущем и к более низкой оценке экономических потерь ввиду временных задержек в далеком будущем	Маркетологи могут использовать такие приемы, как: – купи сейчас, заплати потом и программы рассрочки; – немедленное поощрение клиента
Ограниченный личный интерес	Двухсистемный подход	Наличие у индивида двух систем принятия решений: быстрой, инстинктивной, эмоциональной и медленной, взвешиваемой, рациональной	Необходимо в равной степени учитывать возможную склонность к сиюминутным удовольствиям и противостоящие этому усилия со стороны силы воли (импульсивные покупки в первом случае и инструменты по поддержанию долгосрочных действий во втором)
	Справедливость	Склонность индивида к справедливому двустороннему экономическому обмену	Следует учитывать в рамках ценовой политики возможную реакцию потребителей
	Типы социального поведения	Варианты поведения потребителя: ожидание взаимной справедливости, неприятие несправедливости, чистый альтруизм и злобные предпочтения	Маркетологам необходимо учитывать возможные типы поведения клиентов, чтобы избежать снижения их лояльности, ухудшения репутации компании

Таблица. Рекомендации по возможному применению концепций поведенческой экономики

Источник: собственная разработка

в маркетинговой деятельности каждого из 11 положений (таблица).

Маркетологи-практики, не имеющие достаточного количества ресурсов для проведения исследований, могут руководствоваться открытиями психологов и экономистов в области поведенческой экономики, применяя результаты в различных сферах своей профессиональной деятельности: при подготовке плана маркетинга, коммуникационной стратегии, ценообразовании, создании новых продуктов, управлении лояльностью и т.д. Приведенные в таблице примеры показывают лишь некоторые варианты использования выделенных концепций и результатов их эмпирических проверок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования в области психологии и поведенческой экономики открывают много возможностей для маркетологов в понимании клиентов, разработке стратегии маркетинга, кризисном регулировании и коммуникации.

Так, оперирование таким фактором, как ограниченная рациональность, может быть успешно использовано в первую очередь в маркетинговых взаимодействиях с целью увеличения продаж, прибыли, расширения клиентской базы. А, например, проблема межвременного выбора должна быть учтена при подготовке ценовой стратегии – с одной стороны, для роста продаж, с другой – для облегчения выбора покупателей и улучшения сервиса.

Справедливое, честное, одобряемое целевой аудиторией поведение фирмы на рынке,

принятие во внимание возможных реакций потребителей в конфликтных ситуациях позволит улучшить навыки кризисной коммуникации, сократить количество инцидентов, повысить лояльность клиентов или, возможно, привлечь новых.

Представляется, что поведенческая экономика как направ-

ление научных исследований, предлагающее модели поведения потребителей, учитывающие их психологические характеристики, особенно актуальна в условиях цифровой трансформации маркетинга, а именно для разработки формализованных моделей и алгоритмов, например, для интернет-магазинов. ■

■ **Summary.** Possible ways of using the concepts of behavioral economics in marketing activities are formulated. A classification of 11 most important concepts has been developed, for each of them recommendations on possible use in marketing are proposed. The final conclusion is made about the need for further integration of the provisions of behavioral economics and marketing theory.

■ **Keywords:** behavioral economics, bounded rationality, marketing.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-53-59>

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. P.A. Samuelson. A note on the pure theory of consumer's behaviour // *Economica*. 1938. Т. 5. №17. С. 61–71.
2. Котлер Ф. Основы маркетинга. – М., 1990.
3. В.А. Пархименко, В.М. Стреш. Маркетинговая наука – реальность или миф? // *Маркетинг в России и за рубежом*. 2010. №1. С. 6–17.
4. Тарасевич Л.С., Гальперин В.М., Гребенников П.И., Леусский А.И. Макроэкономика: учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр. «Экономика» / Л.С. Тарасевич, В.М. Гальперин, П.И. Гребенников, А.И. Леусский; общ. ред. Л.С. Тарасевича. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб., 1999.
5. Buss D.M. (ed.). *The handbook of evolutionary psychology*. – John Wiley & Sons, 2005.
6. A. Tversky, D. Kahneman. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases // *Science*. 1974. Т. 185. №4157. С. 1124–1131.
7. Endowment effect // <https://www.behavioraleconomics.com/resources/mini-encyclopedia-of-be/endowment-effect/>.
8. D. Kahneman, J.L. Knetsch, Thaler R.H. Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias // *Journal of Economic perspectives*. 1991. Т. 5. №1. С. 193–206.
9. D. Kahneman, J.L. Knetsch, Thaler R.H. Experimental tests of the endowment effect and the Coase theorem // *Journal of political Economy*. 1990. Т. 98. №6. С. 1325–1348.
10. W. Samuelson, Zeckhauser R. Status quo bias in decision making // *Journal of risk and uncertainty*. 1988. Т. 1. №1. С. 7–59.
11. D. Kahneman, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk // *Econometrica*. 1979. Т. 47. №2. С. 363–391.
12. R. Thaler. Toward a positive theory of consumer choice // *Journal of economic behavior & organization*. 1980. Т. 1. №1. С. 39–60.
13. R. Thaler. Mental accounting and consumer choice // *Marketing science*. 1985. Т. 4. №3. С. 199–214.
14. D. Kahneman, D. Lovallo. Timid choices and bold forecasts: A cognitive perspective on risk taking // *Management science*. 1993. Т. 39. №1. С. 17–31.
15. S. Benartzi, R. H. Thaler. Risk aversion or myopia? Choices in repeated gambles and retirement investments // *Management science*. 1999. Т. 45. №3. С. 364–381.
16. R.J. Herrnstein. Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement // *Journal of experimental analysis of behavior*. 1961. Т. 4. №3. С. 267.
17. G. Loewenstein, D. Prelec. Anomalies in intertemporal choice: Evidence and an interpretation // *The Quarterly Journal of Economics*. 1992. Т. 107. №2. С. 573–597.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2022/03/behavioral\\_economics](http://innosfera.by/2022/03/behavioral_economics)

Статья поступила в редакцию 01.09.2021 г.



# ИНСТИТУТ БЕЛОРУССКОЙ КУЛЬТУРЫ в 1925 — первой половине 1926 г.: открывающиеся перспективы



Александр Груша,  
директор Центральной научной  
библиотеки НАН Беларуси  
им. Я. Коласа,  
доктор исторических наук, доцент

Институт белорусской культуры (Инбелкульт) в 1922–1924 г. представлял собой главным образом лабораторию по созданию белорусского литературного языка. Он всеми силами пытался соответствовать высокому статусу высшего учреждения национальной науки, но фактически таковым не являлся [1]. Указанный статус Институт обрел лишь в 1925 г. в результате сильного рывка, определенной перезагрузки, сделавшей Инбелкульт серьезным комплексным научно-исследовательским учреждением. Потом последовало еще два рывка. В результате последнего Институт превратился в Белорусскую академию наук. Скачкообразное,

а не постепенное и поступательное движение вперед – одна из особенностей роста и развития Инбелкульта, которая заслуживает особого внимания.

Этот сильный рывок стал возможен в результате реорганизации Института в 1925 г., ставшей главным событием его третьего периода деятельности – начала 1925 г. – середины 1926 г. (о периодизации деятельности Инбелкульта см.: 1, с. 16).

Реконструируем ход данного процесса и покажем его результаты. Ответим также на вопросы: какие способности Института продемонстрировала эта реорганизация, какой фронт работы она открыла перед данным учреждением?

## ХОД РЕОРГАНИЗАЦИИ

Реорганизация 1925 г. осталась в памяти ее свидетелей и участников, а также вошла в историю как «реформа» [16, л. 37], «перестройка и расширение работы» [16, л. 196], «реорганизация на новых, более широких, основаниях» [17, с. 76], а также как «реорганизация в конце 1924 г.» [4, с. 7], «реорганизация начала 1925 г.» [16, л. 30], «основательная реорганизация в январе 1925 г.» [3, с. 109], хотя на самом деле процесс переустройства Института припал на оба этих года и затянулся в 1925 г. на более длительный срок. Можно выделить следующие этапы этого переустройства: подготовительный и организационный. На первом этапе были разработаны, согласованы с ЦК КП(б)Б и утверждены структура и штат Института, некоторые другие вопросы преобразования учреждения. На втором – главные планы реорганизации были воплощены в жизнь.

Первый этап начался осенью 1924 г. с разработки проекта структуры и штата Инбелкульта, которые согласовывались комиссией ЦК КП(б)Б по реорганизации Института 7 и 12 декабря 1924 г. Между прочим, она не нашла целесообразным создание при Инбелкульте отдельной Археографической комиссии (возложив ее обязанности на Историко-археологическую) и приняла решение о ликвидации Геолого-почвоведческой комиссии (перенеся ее задачи на Комиссию по изучению природы Беларуси и ее производственных сил) [10, л. 64; 5, с. 60]. Интересно, что Геолого-почвоведческая комиссия окончательно «злажылася» незадолго до указанного заседания, как надо полагать – 2 декабря 1924 г. [9, л. 25] (сохранился «наказ» этой комиссии: 9, л. 64). Членам партийной комиссии было поручено к следующему заседанию наметить персональный состав Инбелкульта [10, л. 65; опубл.: 3, с. 81–82]; и если судить по некоторым источникам, эта работа

началась безотлагательно [3, с. 85]. В том же месяце секретариат ЦК КП(б)Б утвердил состав Президиума Инбелкульта [3, с. 83].

16 января 1925 г. был утвержден Проект структуры Института. Согласно этому документу, в его состав должны были войти 14 постоянных комиссий, 12 секций (с учетом объединений, существующих на правах секций) и два национальных отдела: Еврейский и Польский (оба с тремя постоянными комиссиями и двумя секциями). Планировалась организация следующих комиссий: Диалектологической; по составлению словаря живого белорусского языка (Словарная); Правописно-терминологической; Литературной; Историко-археологической; по изучению революционного движения Беларуси; по охране памятников древности, искусства и природы; по изучению природы Беларуси и ее производственных сил; по изучению народного хозяйства Беларуси; по изданию произведений Ленина и марксистских произведений; по изучению советского строительства; Этнографической; Библиографической; Центрального бюро краеведения (ЦБК). Был расчет на создание секций: Языковедческой, Литературной, Искусствоведческой, Историко-археологической, Природоведческой, Экономической, Педагогической, Агрономической, Медицинской и Этнографической. На правах секций предполагалось образование литературной группы «Маладняк» и ассоциации «Научная организация труда» («НОТ») [10, л. 73–76; 5, с. 60–61].

Начало второго этапа реорганизации Инбелкульта можно датировать 31 января 1925 г., когда состоялось первое заседание его Общего собрания. Все важнейшие решения, связанные с этим этапом, были санкционированы на данном и трех последующих заседаниях Собрания, прошедших в феврале – марте 1925 г.

На первом заседании присутствовало 42 представителя. Оно избрало и утвердило Президиум Института в следующем составе: В.М. Игнатовский – Председатель Инбелкульта и его Президиума; А.А. Смолч – заместитель Председателя; З.Ф. Жилунович, Б.М. Оршанский (представитель от Еврейского отдела), С.Л. Гельтман (представитель от Польского отдела) – члены Президиума; Я.Л. Дыло – научный секретарь.

Одной из первейших задач заседания было избрание членов-сотрудников. В.М. Игнатовский предложил ввести в состав членов-сотрудников 20 деятелей науки и культуры, среди которых были Н.Я. Байков, И.А. Кисляков, П.П. Роговой, И.А. Сербов, Н.Н. Щекотихин. Они были избраны большин-

ством голосов [5, с. 61]. Собрание поручило Президиуму «перепрацаваць» и «паразумецца» с народным комиссариатом просвещения БССР по вопросам организации секций и постоянных комиссий, а также определить персональный состав их президиумов, число членов Инбелкульта и личный состав указанных структурных единиц [14, л. 1–1 об.; опубл.: 3, с. 87–88]. К 4 февраля был предложен состав данных президиумов. С кандидатами должен был провести переговоры А.А. Смолч [11, л. 1–2].

Второе заседание Общего собрания состоялось 8 февраля. На нем были избраны временные президиумы Литературной, Историко-археологической, Природоведческой, Педагогической, Сельскохозяйственной (так стала называться Агрономическая секция) и Медицинской секций, утвержден временный президиум ассоциации «НОТ». Согласно установленному порядку, временные президиумы на своих заседаниях должны были определить персональный состав секций, решить вопросы об их программах деятельности и структуре, назначить день первых общих организационных собраний. Эти собрания утверждали указанные программы, планы работы и структуру секций и определяли день их будущих заседаний, решали иные принципиальные вопросы, касающиеся текущей работы, структуры и будущей деятельности секций. На заседании 8 февраля были произведены назначения на штатные (оплачиваемые) и нештатные (неоплачиваемые) должности следующих комиссий: Словарной, Правописно-терминологической, Историко-археологической, по охране памятников, по изучению природы Беларуси, по изучению советского строительства [14, л. 4–4 об.]. В феврале прошли первые общие организационные собрания секций: Медицинской – 13 февраля [11, л. 21–21 об.; копия: 13, л. 14–14 об.], Литературной – 19-го [11, л. 17–17 об.], Сельскохозяйственной – 20-го [11, л. 23–23 об.; 13, л. 1].

Третье заседание Общего собрания последовало 21 февраля. Оно избрало еще 13 членов-сотрудников и 2 членов-корреспондентов, утвердило временные президиумы «Маладняка» и Экономической секции, произвело избрание редакционной коллегии Института, а также состава следующих комиссий: по изучению революционного движения на Беларуси, по изданию произведений Ленина и марксистских произведений, по изучению советского строительства, по изучению народного хозяйства Беларуси, по изучению природы Беларуси и ЦБК [3, с. 91–93].



Первые общие организационные собрания имели место: Историко-археологической секции – 24 февраля [11, л. 58–58 об.], Комиссии по составлению словаря живого белорусского языка – 26 февраля [16, л. 30], ЦБК [11, л. 27] и Искусствоведческой секции [11, л. 34] – 27 февраля, Природоведческой секции – 7 марта [11, л. 64–64 об.], Комиссии по изучению революционного движения на Беларуси – 27 марта [11, л. 87]. С целью фактического придания Инбелкульту статуса объединяющего научного и культурного центра его Президиум и президиумы секций прилагали усилия к «пасіленню», то есть расширению состава секций. В феврале и марте 1925 г. Президиум одобрил пополнение Природоведческой секции на 45 человек [11, л. 25 об.], затем – еще на 5 [11, л. 40, 63]; Сельскохозяйственной секции – на 31 [11, л. 5, 6], затем еще на 10 [11, л. 10, 13], а в дальнейшем – еще на 20 человек [11, л. 25 об., 31]; Литературной секции – на 22 человека [11, л. 10], Искусствоведческой – на 28 [11, л. 5]; Медицинской – на 15 [11, л. 5]; Языковедческой – на 12 человек [11, л. 40].

Четвертое заседание Общего собрания прошло 30 марта. Из доклада, который сделал заместитель Председателя А.А. Смолич, следовало, что работа по организации секций и комиссий все еще продолжалась. К этому времени Институт включал 97 членов; всего же к его работе (в секциях и комиссиях) было привлечено около 300 человек (возможно, речь идет о 200 сотрудниках). Стали действовать Природоведческая, Сельскохозяйственная, Искусствоведческая, Историко-археологическая, Медицинская и Литературная секции, объединение «Маладняк»; комиссии: по охране памятников, Словарная, по изучению революционного движения, Правописно-терминологическая, по изучению природы Беларуси и Военно-терминологическая.

На данном заседании были избраны 31 член-сотрудник и 27 членов-корреспондентов, утверждены президиумы Языковедческой и Этнографической секций, Литературной и Библиографической комиссий. Как следует из протокола указанного собрания, к тому времени уже действовал Еврейский отдел, сложившиеся секции которого «за мінулы кароткі час зрабілі досыць шмат» [3, с. 96–101].

К концу марта 1925 г. работа по переустройству Инбелкульту была в целом завершена. Решительность и стремительность в развертывании новых структур, практически сразу приступавших к работе, явно задавались авторитетом, административным опытом и влиянием нового руко-

водителя Инбелкульту – В.М. Игнатовского, сохранявшего за собой должность наркома просвещения БССР, и активностью его ближайших помощников – А.А. Смолича и Я.Л. Дыло.

Создание указанных структур ложилось на прочный фундамент, основанный на этот раз не только на внутренних, но также и на финансовых мотивациях. На 1924/1925 академический год Институт получил финансирование в размере 77906 руб., которое почти в 11 раз превзошло то, которым Инбелкульт пользовался в предыдущем академическом году. Ожидания роста отчислений в пользу учреждения оправдывались. В 1925/1926 академическом году они возросли до 205 272 руб. [17, с. 25]. Этот фундамент скреплялся привлекательностью масштабных и глобальных задач и амбициозных планов, погружением в науку, расширявшимся горизонтом ожиданий и открывавшимися перспективами.

## ДИАПАЗОН И СПЕЦИФИКА ЗАДАЧ И НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вынашивая планы реформы Инбелкульту, руководство БССР видело в будущем Институте постоянно действующее научное учреждение «по типу Академии наук» [1, с. 22]. Состоявшаяся реорганизация дает нам представление о том, что понималось под учреждением данного типа.

Инбелкульт, продолжив работу в области языкознания, истории и археологии, этнографии, фольклористики, сельского хозяйства, медицины, почвоведения и геоботаники, расширил диапазон своих задач и направлений деятельности и приступил к целенаправленной, систематической и активной разработке вопросов по искусствоведению, научно-критическому изданию исторических источников и литературных произведений белорусских писателей, геологии, зоологии, геофизике, метеорологии, фенологии, антропологии и др. При этом он стремился занять позиции объединяющего и руководящего центра во всех этих областях.

Оценить широту охвата и специфику поставленных вопросов и направлений работы Инбелкульту дают возможность сохранившиеся программы деятельности и планы работы, некоторые итоги активности его структурных подразделений – секций, подразделений и комиссий.

Приведем лишь несколько примеров.

Проект программы деятельности Сельскохозяйственной секции включал 10 пунктов:

- разработка научной белорусской сельскохозяйственной терминологии;

- издание сельскохозяйственной литературы на белорусском языке;
- изучение истории развития сельского хозяйства и сельскохозяйственных промыслов в Беларуси;
- изучение сельскохозяйственного быта деревни;
- изучение земельного права и земельных отношений в Беларуси в дореволюционное и в настоящее время;
- изучение экономики белорусского сельского хозяйства;
- изучение вопросов кооперации в области сельского хозяйства и сельскохозяйственных промыслов в Беларуси;
- изучение исследований по сельскому хозяйству Беларуси;
- разработка наиболее насущных вопросов техники белорусского сельского хозяйства по существующим исследованиям, «на аснове сабранага дасьледчымі ўстановамі матар'ялу і пры помачы спецыяльных досьледаў сэкцыі»; 10) агропропаганда [11, л. 14–15 об.; черновик программы: 13, л. 58–61].

Не менее широко были представлены планы гуманитарных подсекций. Подсекция изобразительных искусств ставила задачи:

- изучение древнего и современного белорусского искусства; экспедиционная научно-исследовательская работа;
- сбор материалов в виде фотоснимков, рисунков, зарисовок и т.д.; научная разработка собраний, которые находятся в Белорусском государственном музее и его отделениях в Витебске



Рис. 1. Участники Первой всебелорусской краеведческой конференции. Фото 1924 г. (Центральный научный архив Национальной академии наук Беларуси. Ф. Зд. Н.В. Токарев)



Рис. 2. Сотрудники Инбелкульта. Сидят, первый ряд: Н.В. Азбукин, В.В. Чержинский; 2-й ряд: Ч.И. Родзевич, В.Ф. Михальский, С.М. Некрашевич, И.Д. Луцевич (Янка Купала), К.М. Мицкевич (Якуб Колас). Стоят (3-й ряд): А.П. Круталевич, Н.М. Гутковский, М.А. Громыка. Фото 1925 г. (Центральный научный архив НАН Беларуси. Ф. Зд. Н.В. Токарев)

и Могилеве с целью создания в Минске единого научного музея белорусского искусства;

- объединение белорусских художественных сил и создание национального стиля;
- введение в белорусские народные промыслы художественных и национально-художественных элементов;
- создание специальной кустарно-художественной мастерской; помощь Художественному техникуму в Витебске.

Подсекция физики, математики и метеорологии видела своей основной задачей организацию Белорусской геофизической обсерватории, в которой сосредоточились бы все исследования, связанные с физикой литосферы, атмосферы и недр республики [12, л. 22].

Инбелкульт в целом готов был взять на себя ответственность за объединение всей геофизической деятельности и создание Центральной геофизической службы Беларуси [11, л. 239, 241, 242, 263]. А в 1925 г. в одной из областей сельского хозяйства на правах комиссии создано Научное бюро по сельскохозяйственному опытному делу. Оно было основано с целью объединения деятельности сельскохозяйственных опытных станций и занималось научной разработкой всех вопросов этого дела [17, с. 81–83].

Вот как современники и сотрудники Института описали постановку и решение вопросов, стоявших перед Медицинской секцией: «Трэба было



выявіць лік дактароў, ведаючых беларускую мову, згуртаваць іх каля Інбелкульту, утварыўшы ў ім пэўны навуковы асяродак; уцягнуць доктарскі персанал у дасьледчую і грамадскую працу па адраджэньні беларускай культуры; трэба было ўтварыць сувязь паміж Інбелкультам і Мэдычным факультэтам Дзяржаўнага Унівэрсытэту, Клінікамі і інш. мэдычна-навуковымі ўстановамі Беларусі і заахваціць іх да працы над спецыяльна-беларускімі мэдычнымі праблемамі; трэба было ўмацаваць сувязь паміж Інбелкультам і Нар. Кам. Аховы Здароўя, таксама, як і з Вышэйшай Навуковай Мэдычнай Радай, якая пры гэтым Камісарыяце існуе; узмоцніць сувязь і ідэйны ўплыў у сэнсе пашырэньня краязнаўчага ўхілу працы ў Саюзе Мэдсанпрацы і г.д. А галоўнае, – трэба было паставіць на належную вышыню самы навукова-мэдычны досьлед у Беларусі. Праз кароткі параўнаўча час Мэдычная Сэкцыя дасягнула значных рэзультатаў...» [17, с. 71–72].

Эта секция вообще строила грандиозные планы. Она инициировала, в частности, создание при ней Клинической комиссии, которая бы объединяла работы всех клиник БГУ; концентрировала научные силы; привлекала к сотрудничеству работников медицины городов – центров округов и крупнейших сельских больниц; фактически руководила всей исследовательской работой в области медицины; рассматривала планы преподавания на медицинском факультете БГУ. Со временем Клиническая комиссия должна была перерасти в научную ассо-



Рис. 3. Здание Центрального исполнительного комитета БССР. Минск, старый адрес – пл. Свободы, 1-й Дом Советов; современный адрес – пл. Свободы, д. 5. В этом здании 31 января и 8 февраля 1925 г. прошли первое и второе заседания Общего собрания Инбелкульта. Фото 1932 г.



Рис. 4. Городище Банцеровщина. И.А. Сербов (стоит за березой), М.В. Довнар-Запольский (в фуражке и пальто), Н.Н. Щекотихин (в белой кепке), С.А. Дубинский (сидит на краю раскопа в белой фуражке), Д.И. Довгялло (за С.А. Дубинским). Городище было открыто в 1925 г. членами краеведческого кружка БГУ С.С. Шутовым и Н.Н. Улащиком. Фото 1926 г. (Музей истории Национальной академии наук Беларуси. Ящик 1. №3595)

циацию врачей Беларуси [13, л. 23 об., 35–36 об., 60; 11, л. 113] (сохранился проект временного положения об этой комиссии: 13, л. 37–37 об.).

Медики вынашивали также планы создания при Инбелкульте Белорусской государственной медицинской библиотеки, Научного музея прикладной и теоретической медицины [13, л. 21 об.], организации Первого всебелорусского научного съезда врачей Беларуси [13, л. 24; 11, л. 113 об.].

Приведем сведения, касающиеся деятельности некоторых структурных подразделений Института. Подсекции «идейно руководили работой»: Театральная – Белорусского государственного театра и белорусской драматической студии в Москве, Изобразительных искусств – Художественного техникума в Витебске [8, с. 59–60; 17, с. 51–53]. Фактически силами последней подсекции была организована масштабная Первая всебелорусская художественная выставка (Минск, декабрь 1925 – январь 1926 г.), которую посетило 12 тыс. человек [17, с. 56].

По оценке современных исследователей, Инбелкульт в первой половине 1920-х гг. «стал важным инструментом в процессе конструирования системы профессиональной белорусской художественной культуры. При этом на начальной стадии ему пришлось совмещать функции сразу нескольких социокультурных институтов: художественного производства, распространения художественного продукта, изучения и сохранения художественных ценностей,

формирования культурной политики и т.д.» [7, с. 14]. Секции и комиссии Института «принимали непосредственное участие в управлении и организации художественной жизни БССР и, по существу, являлись частью системы художественной культуры» [7, с. 14].

Факты создания в 1925 г. при Инбелкульте собственной библиотеки (о Библиотеке Инбелкульта в первый год ее деятельности см.: [2]), организации собственной редакционной коллегии [11, л. 239–240], а с января 1926 г. – издательства выступают куда более значимыми, если их перенести в контекст задач Института. Эти задачи были столь широки, что Инбелкульт пытался преодолеть зависимость от других учреждений; поэтому он и создавал подобные институты в собственных структурах.

Пытаясь преодолеть данную зависимость, Институт одновременно стремился и к расширению. В 1925 г. в его состав вошел Ботанический сад в Великих (Больших) Летцах (недалеко от Витебска) [17, с. 23, 68]. Существовала идея перевода «падзагад» Инбелкульта и Белорусского государственного музея [11, с. 45]. При этом подчеркивалась нетривиальность роли структур учреждения. Вот что сказано в записке об издательстве Института, датированной маем 1926 г.: «Выдавецтва Інбелкульта мае свае асаблівае значэнне і праз гэта асаблівыя задачы. Яно павінна 1) выявіць навуковыя дасягненні Інбелкульта, як установы, створанай пролетарскай дзяржавай у выніку правядзення нацыянальнай палітыкі кампарты, 2) апублікаваць і праз гэта зрабіць даступнымі для карыстання навуковыя працы аб Беларусі, патрэбныя для развіцця яе гаспадаркі і культуры, 3) практычна дапамагчы ўтварэнню і пашырэнню беларускае навуковае мовы і навукавай літаратуры і 4) зрабіць магчымай беларусізацыю вышэйшых і спецыяльных навуковых і навучальных устаноў» [15, л. 183].

Как мы можем убедиться, Институт формулировал в отношении к данным институтам высокие требования не только научно-технического, но и политического характера. Вот еще одно красноречивое в связи с этим высказывание: «...выдавецтва Інбелкульта павінна перад усім змагацца за якасць сваёй продукцыі як з навуковага, так і з тэхнічнага боку, – памятуючы палітычнае значэнне дакладнасці і беззаганнасці навуковых выданняў Інбелкульта» [15, л. 187].

И без того обширные притязания Института приумножал еще один вектор его работы, связанный с культурно-общественной сферой. Эта работа проявилась в первую очередь в организации и коор-

динации краеведческого движения, которое возглавило ЦБК Института [2, с. 64–65]. Если оценить массив информации, который отложился в результате активности Бюро, то нельзя не признать, что на него была возложена сверхзадача формирования новой системы ценностей, новых моделей мышления и поведения, новых способов самоопределения граждан, которые бы изменили их мировоззрение, культурные ориентиры, сформировали чувство исторической и культурной общности, мотивировали к активной и созидательной деятельности.

В ноябре 1924 г. ЦБК провело Первую всебелорусскую краеведческую конференцию. Больших успехов оно достигло в 1925 г., содействуя появлению 59 краеведческих организаций (всего их было: на начало 1924 г. – 18; в феврале 1926 г. – 80) [6, с. 16]. В октябре 1925 г. вышел первый выпуск печатного органа Бюро – журнала «Наш Край», ставшего не только трибуной, но и средством коммуникации Инбелкульта с краеведами. 7–11 февраля 1926 г. в Минске состоялся Первый всебелорусский краеведческий съезд, в котором приняло участие 143 (по другим источникам – 146) человека (зарегистрировано было 121), представлявших 87 организаций краеведов. К этому времени число участников краеведческого движения достигало 5 тыс. человек [6, с. 3].

Диапазон и спектр задач Института были настолько всеобъемлющими, что их реализация должна была привести к созданию центра, формирующего новую культуру и реструктурирующего сферу знаний в стране. При этом данный центр не являлся тождественным академии наук. В отчете Института, составленном в августе 1925 г., сказано: «...зараз Інбелкульт складае сабой вышэйшую навукова-даследчую ўстанову, аднак не вузкаакадэмічную, а і інстытуцыю з больш шырокім культурна-грамадзянскім ухілам» [3, с. 109]. А это представление о характере и будущности Института одного из его руководителей – А.А. Смолича, озвученное в феврале 1926 г.: «Инбелкульт ня ёсць акадэмія навук, але ў будучыне ён мае развінуцца ў нешта іншае, чымся акадэмія навук. У васнову акадэміі навук кладзецца вывучэнне тэорэтычных ведаў. Інбелкульт прыстасоўвае сваю чыннасць да ўмоў жыцця» [6, с. 12]. ■

Продолжение следует

# МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА БЕРЕЗ

УДК 630\*232.328.9:630\*161.4

**Аннотация.** Приведены данные о метагеномной технологии, позволяющей за один цикл устанавливать весь спектр организмов в экспериментальном образце, в то время как ранее требовалось отдельное исследование для каждого потенциально содержащегося компонента. Представлен комплексный подход как метод ранней диагностики возбудителей основных грибных заболеваний при фитопатологическом скрининге растений березы повислой (*Betula pendula* Roth) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), основанный на оценке размера внутренних транскрибированных спейсеров (ITS1 и ITS2) в кластере генов 18S-5.8S-28S рДНК с учетом специфичности величины спейсеров рДНК-оперона, постоянной для большинства видов микромицетов, а также возможности электрофоретического анализа ITS1- и ITS2-локусов, который позволяет проводить видовую идентификацию доминирующих видов фитопатогенных грибов березы в условиях *in planta*.

**Ключевые слова:** береза, грибные фитопатогены, ITS, фитопатологический скрининг, метагеномная технология.

**Для цитирования:** Падутов В. Метагеномный анализ грибных фитопатогенов посадочного материала берез // Наука и инновации. 2022. №3. С. 66–70. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-66-70>



**Владимир Падутов,**  
заведующий  
научно-исследовательским отделом генетики,  
селекции и биотехнологии Института леса  
НАН Беларуси, член-корреспондент;  
[forestgen@mail.ru](mailto:forestgen@mail.ru)

Береза повислая (*Betula pendula* Roth) и береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) – одни из наиболее распространенных лесобразующих видов в Беларуси, занимающие 23,4% лесопокрытой площади [1]. Кроме их массового использования в лесовосстановлении и лесоразведении в последнее время особое внимание уделяется селекционной работе по отбору и выведению форм с особыми хозяйственно ценными признаками. Однако семенное размножение элитных деревьев и декоративных форм зачастую сопряжено со снижением уровня проявления или утратой в потомстве селективируемых признаков вследствие их полигенной природы. Наиболее оптимальное решение данного вопроса – применение

технологии микрклонального размножения, поскольку данный способ получения посадочного материала позволяет в промышленном объеме получать генетически однородные, свободные от возбудителей заболеваний микрорастения (рис. 1).

Независимо от того, что является целью лесокультурных работ – обычные лесные культуры берез или специализированные плантационные (рис. 2), для предотвращения возникновения и развития инфекции при выращивании посадочного материала (как семенного происхождения, так и вегетативно размноженного) наряду с соблюдением всех норм агротехнологии необходимо проведение оценки фитосанитарного состояния растений. Наиболее современными и перспективными способами диагностики и идентификации различных видов фитопатогенов выступают методы, основанные на использовании технологии ДНК-анализа. В области фитопатологии их преимущества перед остальными группами методов заключаются в ранней диагностике болезней, точности определения и скорости выполнения анализов [2]. Особые достоинства их применения связаны с возможностью непосредственной оценки зараженности выращиваемого материала, анализа эффективности проведения профилактических и защитных мероприятий,

выявления потенциальных источников инфекции (почвы, воды, насекомых и др.).

Одним из широко используемых фрагментов ДНК для проведения диагностики и видовой идентификации микромицетов являются локусы рибосомальной ДНК (рДНК) [3]. В первую очередь это связано с их мультикопийностью – в каждой клетке содержится от 50 и более копий данных локусов, что увеличивает разрешающую способность ПЦР-анализа, то есть вероятность выявления патогена при его низкой концентрации в ткани. Вторым положительным моментом выступает их консервативность в пределах одного вида, которая дает возможность определять таксономическую принадлежность инфекции. В-третьих, данные локусы хорошо изучены и их нуклеотидные структуры для разных видов широко представлены в генных банках, что также весьма важно для идентификации.

Проведенные широкомасштабные молекулярно-генетические исследования различных грибных организмов позволили установить консервативные области рДНК и на их основе разработать наборы универсальных праймеров для ПЦР-амплификации рибосомальных генов и межгенных спейсеров [4]. На основании особенностей нуклеотидной структуры созданы способы видовой идентификации грибов без проведения предварительного секвенирования образцов – на основе электрофоретической оценки размеров регионов ДНК, используемых в качестве маркеров.

Следует отметить, что большинство предложенных протоколов проведения анализа не универсальны и имеют ограничения при выполнении фитопатологической диагностики различного типа. Так, использование в качестве ДНК-маркера

межгенного спейсера (IGS) может быть ограничено при работе с патогенными базидиомицетами вследствие широкого диапазона варьирования данного региона и невозможностью амплификации локусов размером, превышающим 3 тыс. пар нуклеотидов (в частности, при анализе деградированных тканей) [5]. SSCP-анализ не позволяет напрямую прибегать к данным нуклеотидной структуры локусов, что, соответственно, сужает возможности электронных баз данных в качестве диагностикумов [6]. В случае работы в сложных условиях пробоподготовки и электрофоретического фракционирования возрастает вероятность возникновения методических ошибок и получения разного рода артефактов [7]. Кроме того, применение многокомпонентных методик ограничивает возможности ДНК-маркирования вследствие высокой себестоимости анализов и необходимости наличия соответствующей лабораторной базы.

В настоящей работе в качестве маркерных локусов для анализа предложено рассматривать внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1 и ITS2, изменчивость которых с диагностической точки зрения информативна и достаточна для идентификации доминирующих видов патогенов. При этом внутривидовой полиморфизм, связанный с вариабельностью размера транскрибируемых спейсеров микромицетов, практически отсутствует, что исключает получение ложноотрицательных результатов. Анализ размера ампликонов осуществляется в условиях денатурирующего полиакриламидного гель-электрофореза, что позволяет проводить видовую идентификацию с применением стандартных ДНК-образцов (диагностикумов), а также использовать материалы электронных баз данных.



Рис. 1. Микроклонально размноженный посадочный материал берез



Рис. 2. Лесные культуры берез

Разработка метода ранней диагностики и идентификации доминирующих грибных фитопатогенов посадочного материала березы повислой и березы пушистой включала в себя следующие этапы исследований:

- *определение перечня доминирующих типов заболеваний посадочного материала берез, включая видовую идентификацию возбудителей;*
- *анализ и установление видоспецифических особенностей (размера) маркерных регионов доминирующих видов фитопатогенов;*
- *описанию предлагаемого способа диагностики и интерпретация получаемых результатов.*

Посадочный материал берез с признаками различных типов поражения (рис. 3а, б) был собран в условиях закрытого и открытого грунта на территории Корневской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси и лесхозов Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

В ходе фитопатологического мониторинга был определен доминирующий состав заболеваний, наносящих наибольший урон в условиях промышленного производства. Среди них можно выделить болезни листьев – охряную, бурую и черную пятнистость, мучнистую росу, ржавчину; побегов – некротические и раковые патологии; корней и сосудистой системы – гниль, вилт [8]. Типы болезней устанавливались на основании диагностируемой симптоматики в соответствии с общепринятой системой фитопатологического анализа [9]. Частоты встречаемости различных типов заболеваний от общего числа инфицированных растений приведены в табл. 1.

Определение видового состава фитопатогенных микромицетов было выполнено на основании молекулярно-генетических методов [10], которые использовались для идентификации грибов в условиях *in planta*. Для диагностики возбудите-

лей болезней в растительном материале отбирались ткани на начальной степени поражения, что связано с меньшим содержанием сопутствующей сапротрофной микрофлоры, усложняющей диагностику. Все растительные образцы фиксировались в стерильных полипропиленовых пробирках, содержащих 70%-ный спирт. В ходе пробоподготовки пораженные части растений извлекались из пробирок, тщательно промывались проточной водой, затем для дальнейшей обработки отделялись наиболее типичные по форме поражения фрагменты. Выделение суммарной ДНК осуществлялось на основании модифицированного СТАВ-протокола [10]. Полимеразную цепную реакцию проводили с помощью ПЦП-смеси 2×DreamTaq™ Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific). Для секвенирования ампликонов использовался генетический анализатор ABI Prism 310 (Life Technologies) в соответствии с рекомендациями компании-производителя. Видовая идентификация последовательностей осуществлялась с применением онлайн-сервиса BLAST в базе данных GenBank NCBI.

В ходе молекулярно-генетического анализа в большинстве (>80%) инфицированных растительных образцов тканей были диагностированы мультивидовые спектры микромицетов. Несмотря на наличие видовых ассоциаций, наибольшим количеством обычно характеризовался какой-либо один или несколько видов грибов. В результате молекулярно-фитопатологического анализа был установлен видовой перечень доминирующих фитопатогенных грибов, представленный 12 наименованиями (табл. 2). При этом самые распространенные возбудители заболеваний встречались как в составе видовых ассоциаций (в преобладающем количестве), так и по отдельности, что указывает на ведущую роль данных грибов в формировании патогенеза. В то же время оставшиеся минорные микромицеты наблюдались нерегулярно и исключительно в составе сообществ. По результатам видовой идентификации они относились к группам вторичных патогенов или сапрофитных грибов.

Анализ нуклеотидной структуры ампликонов для доминирующих фитопатогенов, получаемых в ходе ПЦП с использованием праймеров ITS1-ITS4 и представленных регионом рДНК (18SRNA(фрагмент)-ITS1-5,8SRNA-ITS2-28SRNA(фрагмент)), показал, что все виды характеризуются уникальным нуклеотидным составом и размером маркерной области. При этом наибольшим уровнем варьирования размера ДНК-последовательностей характеризуются внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1

Таблица 1.

Встречаемость инфекционных типов заболеваний в изученном инфицированном посадочном материале березы повислой и березы пушистой

Тип болезни	Встречаемость, %
Мучнистая роса листьев	23,2
Ржавчина листьев	18,9
Вилт растений	14,6
Некроз побегов	11,5
Гниль корней	8,3
Рак побегов	6,9
Бурая пятнистость листьев	4,8
Охряная пятнистость листьев	5,7
Черная пятнистость листьев	5,2
Другие заболевания	0,9



Рис. 3. Листья берез с признаками поражения различного типа

и ITS2. Размеры гена 5,8S RNA и фрагментов генов 18S RNA и 28S RNA различались в незначительной степени, а основные типы межвидовых отличий были связаны с нуклеотидными замещениями.

Исходя из полученных на предыдущих этапах исследований результатов, связанных с определением перечня доминирующих видов фитопатогенных микромицетов и их генетических характеристик, был предложен следующий алгоритм молекулярно-генетической диагностики, основанный на анализе длины маркерных локусов ITS1 и ITS2 доминирующих фитопатогенов и позволяющий проводить идентификацию микромицетов без дополнительной расшифровки нуклеотидной структуры и ее сопоставления с генетическими базами данных:

- выделение суммарной ДНК из инфицированных растений сеянцев и саженцев березы;
- ПЦР-амплификация суммарной ДНК с использованием следующего сочетания праймеров: ITS1-ITS2 (18SRNA-ITS1–5,8SRNA) или ITS3-ITS4 (5,8SRNA-ITS2–28SRNA). В случае применения генетических анализаторов каждый прямой праймер должен быть помечен флюоресцентным красителем;
- электрофоретический анализ в денатурирующем геле с использованием дискретной системы (не менее 1 нуклеотида) типирования;
- видовая идентификация на основании сопоставления длин ампликонов с данными, представленными в табл. 3.

ДНК-спектры посадочного материала берез в случае отсутствия грибной инфекции будут содержать одну электрофоретическую зону – ампликон растения-хозяина, что связано с гомологией нуклеотидных последовательностей в местах отжига праймеров ITS1, ITS2, ITS3 и ITS4 (регионы генов 18S, 5,8S и 28S рРНК покрытосеменных растений). Так, размер фрагментов при использовании праймеров ITS1-ITS2 будет составлять 299 пар нуклеотидов (п.н.),

ITS3-ITS4–411 п.н. Данная диагностическая особенность используется в качестве внутреннего контроля протекания ПЦР-реакции. Отсутствие электрофоретической фракции растения-хозяина (*Betula spp.*) в ПЦР-спектре указывает на нарушение технологии молекулярно-фитопатологического анализа. В случае наличия инфекции ДНК-спектры образцов содержат более одной электрофоретической фракции, одна из которых представлена ДНК растения-хозяина (размер указан выше), остальные относятся к фитопатогенной или сапрофитной инфекции. Идентификация того или иного вида фитопатогена устанавливается на основании наличия соответствующей ему зоны (табл. 3) в ПЦР-спектре образцов суммарной ДНК.

Типичные электрофоретические спектры инфицированных образцов березы представлены на рис. 4. Для увеличения разрешающей способности метода рекомендуется проведение электрофоретического

Вид фитопатогена	Тип болезни	Встречаемость, %
<i>Phyllactinia guttata</i>	Мучнистая роса листьев	13,2
<i>Microspheera betulae</i>	Мучнистая роса листьев	10,0
<i>Melampsoridium botulinum</i>	Ржавчина листьев	18,9
<i>Fusarium avenaceum</i>	Вилт растений	13,2
<i>Nectria sp.</i>	Некроз побегов	4,1
<i>Melanconium bicolor</i>	Некроз побегов	3,7
<i>Phytophthora cactorum</i>	Некроз побегов	3,5
<i>Pythium sp.</i>	Гниль корней	7,6
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Рак побегов	6,2
<i>Ophiognomonium intermedia</i>	Бурая пятнистость листьев	4,8
<i>Sphaerulina betulae</i>	Охряная пятнистость листьев	5,7
<i>Alternaria alternata</i>	Черная пятнистость листьев	4,9
Другие виды	Другие заболевания	0,9

Таблица 2. Доминирующие виды фитопатогенов и их встречаемость в изученном инфицированном посадочном материале березы повислой и березы пушистой

Вид фитопатогена	ITS1-ITS2	ITS3-ITS4
<i>Sphaerulina betula</i> Quaedvl., Verkley ex Crous	225	231
<i>Ophiognomonium intermedia</i> (Rehm) Sogonov	268	351
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	244	346
<i>Phyllactinia guttata</i> (Wallr.) Lev.	314	364
<i>Botryosphaeria dothidea</i> (Moug. ex Fr.) Ces. & De Not.	259	344
<i>Microsphaera betulae</i> Magn.	298	362
<i>Melampsorium betulinum</i> (Pers.) Kleb.	328	406
<i>Pythium</i> sp.	298	633
<i>Phytophthora cactorum</i> (Leb. and Cohn) Schroeter	295	602
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	233	355
<i>Melanconium bicolor</i> Nees.	270	349
<i>Nectria</i> sp.	217	348

Таблица 3. Видоспецифические размеры (в п.н.) диагностических локусов (при использовании различных сочетаний праймеров) доминирующих фитопатогенных грибов посадочного материала березы повислой и березы пушистой

типирования образцов с применением ПЦР-продуктов, полученных с альтернативными сочетаниями праймеров: ITS1-ITS2 и ITS3-ITS4. Кроме того, имеется возможность мультиплексного анализа ампликонов, образованных с использованием различающихся по спектрам флуоресценции красителей меченых праймеров.

Представленный молекулярно-генетический метод типировки характеризуется быстротой выполнения (4–5 часов) и меньшей стоимостью (≈3 долл.) по сравнению с алгоритмами, использующими технологию секвенирования. Достоверность получаемых результатов видовой идентификации выше по сравнению с методами, основанными на применении видо-

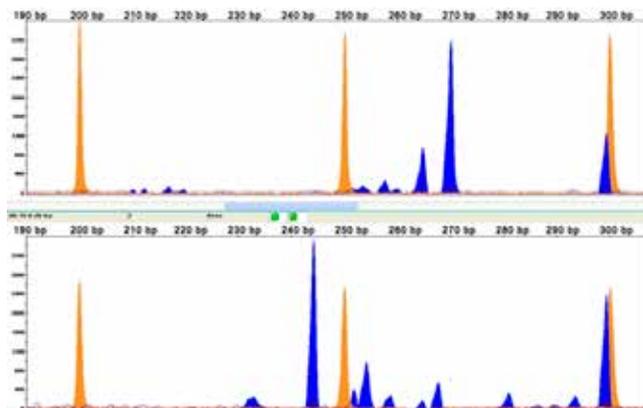


Рис. 4. Электрофоретические спектры грибных ассоциаций инфицированных образцов березы повислой (сочетание праймеров ITS1-ITS2)

специфических праймеров, вследствие отсутствия кросс-амплификации. Данная технология видовой диагностики может быть применима как при работе с чистыми культурами изолятов патогенных грибов, так и при непосредственном анализе растительных тканей и объектов окружающей среды (почва, вода и пр.). При этом в ходе анализа имеется возможность выявлять и описывать не только отдельные виды, но и их сообщества, то есть осуществлять метагеномный подход при анализе патогенетических состояний. ■

■ **Summary.** The data of the is presented. The technology allows to identify the entire spectrum of organisms in an experimental sample per one cycle, while separate study for each potentially contained component previously was required. An integrated approach is submitted as a method for early diagnosis of causative agents of the main fungal diseases during of silver birch (*Betula pendula* Roth) and downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) plants. It based on an estimation of the size of internal transcribed spacers (ITS1 and ITS2) in the 18S-5.8S-28S rDNA gene cluster. Identification of the dominant fungi species phytopathogenic for birch under in planta conditions is possible because of the the specificity of size of the rDNA operon internal transcribed spacers, which is constant for most micromycete species, as well as the possibility of electrophoretic analysis of the ITS1 and ITS2 loci.

■ **Keywords:** birch, fungal phytopathogens, ITS, metagenomic technology, phytopathological screening.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-66-70>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2021 года. – Минск, 2021.
2. J. Bakonyi, Z. Á. Nagy, T. É. Rsek. PCR-based DNA Markers for Identifying Hybrids within *Phytophthora alni* // Journal of Phytopathology. 2006. Vol.154(3). P. 168–177.
3. White T.J., Bruns T.D., Lee S.B., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics // PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications (M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White eds.). – New York, 1990.
4. J.F. Elder, B.J. Turner, Concerted evolution of repetitive DNA sequences in eukaryotes // The Quarterly Review of Biology. 1995. Vol. 70(3). P. 297–320.
5. M. Arteau, S. Labrie, D. Roy. Terminal-restriction fragment length polymorphism and automated ribosomal intergenic spacer analysis profiling of fungal communities in Camembert cheese // International Dairy Journal. 2010. Vol.20(8). P. 545–554.
6. C. Callon, C. Delbès, F. Duthoit, M.C. Montel. Application of SSCP-PCR fingerprinting to profile the yeast community in raw milk Salers cheeses // Systematic and Applied Microbiology. 2006. Vol. 29(2). P. 172–180.
7. K. Gori, M. Rysse, N. Arneborg, L. Jespersen. Isolation and identification of the microbiota of Danish farmhouse and industrially produced surface-ripened cheeses // Microbial Ecology. 2013. Vol.65(3). P. 602–615.
8. Пантелеев С. В. Молекулярно-генетическая диагностика и идентификация возбудителей микозов посадочного материала древесных видов в лесных питомниках Беларуси: автореф. дис. . . . канд. биол. наук: 06.03.01. – Гомель, 2013.
9. Forest Pathology. Diseases of forest and shade trees // <http://www.forestpathology.org/index.html>.
10. Падутов В. Е., Баранов О. Ю., Воропаев Е. В. Методы молекулярно-генетического анализа. – Минск, 2007.

SEE <http://innosfera.by/2022/03/betula>

Статья поступила в редакцию 19.08.2021 г.

# НОВЫЙ ПАТОГЕН WADDLIA CHONDROPHILA: АКТУАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ

УДК: 616.98-022.7-078:579.882.083



**Людмила Рубаник,**  
завлабораторией диагностики  
сочетанных бактериально-  
вирусных инфекций РНПЦ  
эпидемиологии и микробиологии,  
кандидат биологических наук,  
доцент;  
[rubaniklv@tut.by](mailto:rubaniklv@tut.by)



**Николай Полещук,**  
главный научный сотрудник  
лаборатории диагностики  
сочетанных бактериально-  
вирусных инфекций РНПЦ  
эпидемиологии и микробиологии,  
доктор медицинских наук,  
профессор; [pnn@belriem.by](mailto:pnn@belriem.by)

Каждая седьмая пара в Республике Беларусь сталкивается с проблемой репродукции. Этим лицам требуется длительное лечение и/или такие вспомогательные технологии, как экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО), интрацитоплазматическая инъекция сперматозоида (ИКСИ) и др. Эффективность ЭКО составляет 40–45%, и во всем мире прилагаются усилия различных специалистов для повышения этого показателя. При этом на первом месте среди причин женского бесплодия стоят послед-

**Аннотация.** Подняты проблемы диагностики и значимости хламидияподобной бактерии *Waddlia chondrophila* в развитии репродуктивных нарушений у человека. Апробирована *in-house* ПЦР, направленная на детекцию фрагмента гена, кодирующего 16S рРНК патогена. Представлены результаты пилотного исследования, выявившего положительные случаи в группе женщин с выкидышем (2/49, 4,08%). Акцентируется внимание специалистов медико-биологического профиля на необходимости кооперации усилий с целью дальнейшей разработки и внедрения подходов к индикации и идентификации данного эмерджентного (нового) микроорганизма, расширения знаний о его распространенности и этиопатогенетических механизмах вызываемых им патологических состояний.

**Ключевые слова:** *Waddlia chondrophila*, диагностика, репродуктивные нарушения, медицинская значимость.

**Для цитирования:** Рубаник Л., Полещук Н. Новый патоген *Waddlia chondrophila*: актуальность обнаружения и изучения // Наука и инновации. 2022. №3. С. 71-76.  
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-71-76>

ствия воспалительных процессов репродуктивной системы, обусловленные различными микроорганизмами (*Chlamydia trachomatis*, *Trichomonas vaginalis*, *Cytomegalovirus*, *Herpes simplex 1/2 type* и др.), а далее – эндокринные и генетические нарушения. Доля мужского бесплодия в парах с проблемой репродукции доходит до 50%, и его классическими причинами являются генетические аномалии, гипогонадизм, крипторхизм или опухоли, но, к сожалению, практически в половине случаев оно рассматривается как идиопатическое.

Известно, что патогенные бактерии могут отрицательно влиять на фертильность, вызывая эпидидимиты, орхиты, обструкции репродуктивного тракта и поражение сперматозоидов. Наличие бактерий в сперме (бактериоспермия) и лейкоцитоспермия могут напрямую способствовать недостаточности репродуктивной функции или служить дополнительными негативными факторами, ухудшающими прогноз фертильности в естественной или вспомогательной репродукции [1].

Примерно 25% беременностей заканчиваются выкидышами. Около 15% из них происходит до 13 недели беременности, а 60% поздних выкидышей и 40% преждевременных родов связаны с инфекциями [2–3]. Однако причина данного нарушения расшифровывается только в половине случаев [4]. Внутриклеточные бактерии, которые не растут на обычных питательных средах, используемых при выявлении типичных патогенов человека

в клинических образцах, представляют собой потенциальную причину, приводящую к бесплодию, выкидышам и другим репродуктивным потерям неустановленной этиологии [5–8].

Современные геномные технологии, включая полногеномное секвенирование, позволили детектировать и описать новые инфекционные агенты, негативно влияющие на репродуктивное здоровье человека. К таким патогенам относится и облигатная внутриклеточная бактерия *Waddlia chondrophila*, входящая в семейство *Waddliaceae*, порядок *Chlamydiales*.

В типе *Chlamydia* выделяют порядок *Chlamydiales*, куда до недавнего времени входило только семейство *Chlamydiaceae*. Однако исследования последних лет показали, что оно представляет собой лишь «верхушку айсберга» с точки зрения разнообразия типа, поскольку было описано еще восемь новых семейств, куда вошли облигатные внутриклеточные бакте-

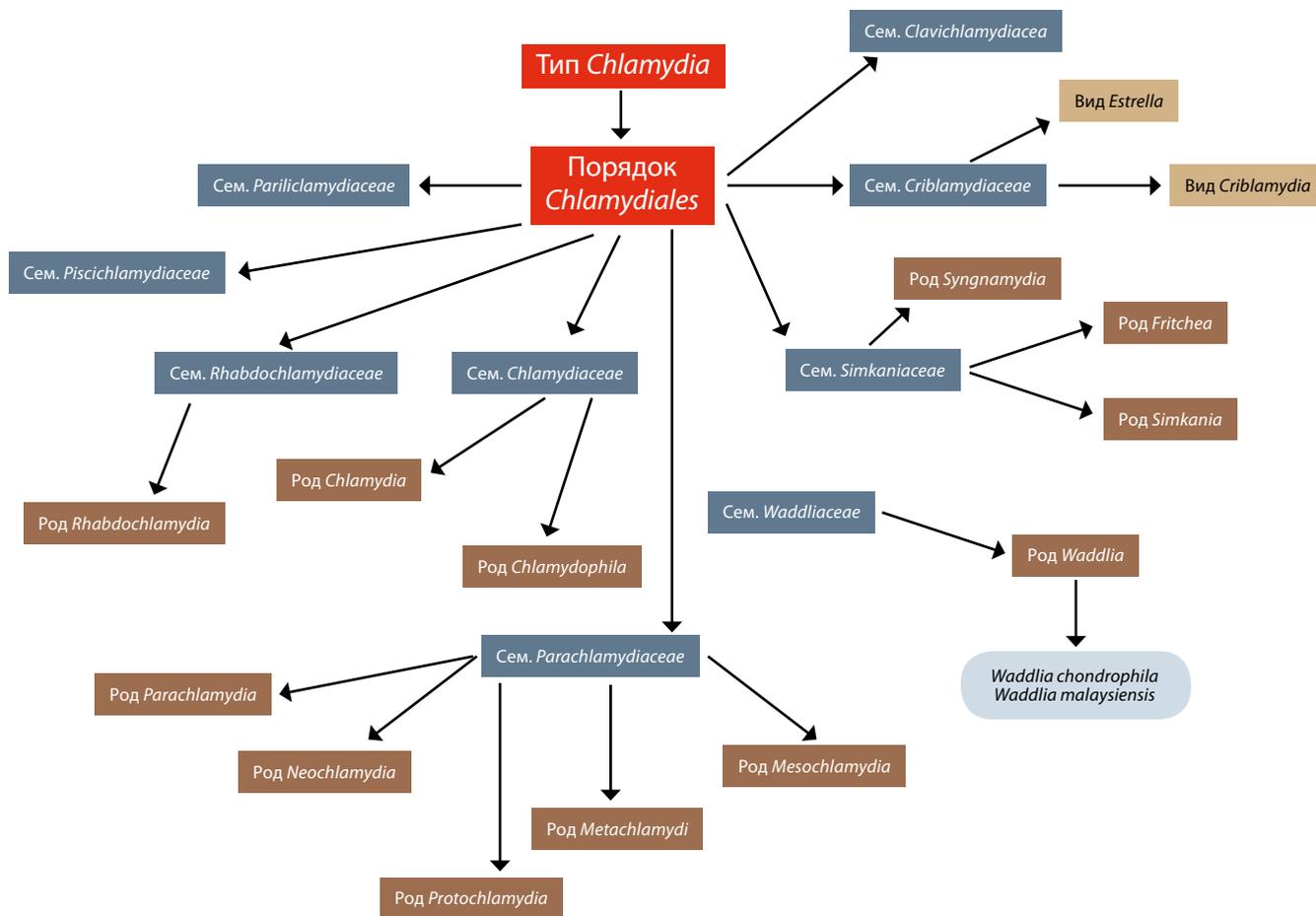


Рис. 1. Современная классификация порядка *Chlamydiales*, включая род *Waddlia* [9]

рии. Наиболее изученными являются: семейство *Parachlamydiaceae*, состоящее из пяти родов, члены которого были обнаружены у различных организмов-хозяев; *Waddliaceae* – монофилетическое семейство, содержащее два вида *Waddlia chondrophila* и *Waddlia malaysiensis*; *Simkaniaceae*, включающее четыре известных в настоящее время вида; *Rhabdochlamydiaceae*, включающее два вида рода *Rhabdochlamydia*, а также еще один вид *Renichlamydia lutjani*; *Criblamydiaceae* – имеет два рода, представители которых были выделены из речной воды; виды семейств *Piscichlamydiaceae*, *Clavichlamydiaceae* и *Parilichlamydiaceae*, обнаруженные исключительно у рыб. На *рис.1* представлена актуальная таксономия порядка *Chlamydiales* [9].

Все эти новые хламидии, или точнее хламидияподобные микроорганизмы (*Chlamydia-like organisms* – CLOs), отличаются на генотипическом и фенотипическом уровнях от семейства *Chlamydiaceae* и широко известных патогенных для человека представителей родов *Chlamydia* и *Chlamydophila*: *Chlamydia trachomatis*, *Chlamydia psittaci*, *Chlamydia pecorum*, *Chlamydophila pneumoniae*. Сходством, однако, является то, что все они обладают идентичностью последовательности 16S рРНК не менее чем на 80–90%. Также, несмотря на то что эти микроорганизмы инфицируют разных хозяев, все они имеют аналогичный двухфазный цикл развития, включающий внеклеточное инфекционное элементарное тельце и внутриклеточное вегетативное ретикулярное тельце [10].

Возбудитель *Waddlia chondrophila* впервые был изолирован в 1990 г. из абортированного материала коровы [11]. К настоящему времени выделены, хранятся в международных коллекциях и используются в экспериментальных исследованиях два штамма: WSU86–1044 и 2032/99. Последний был получен в 1999 г. также из абортированного материала коровы [12]. Позднее бактерия была обнаружена не только у животных, но и выявлена у женщин с неблагоприятным исходом беременности (выкидыш, аборт). Другой представитель семейства *Waddliaceae* – *Waddlia malaysiensis* был выделен в 2005 г. из мочи летучих мышей. Этот вид наименее изучен, но известно, что он имеет 94–96%-ное сходство в последовательности 16S рРНК с *Waddlia chondrophila*.

Установлено, что *Waddlia chondrophila* имеет отличия в ростовых характеристиках, включая более короткие сроки репродукции и выра-

женную цитотоксичность, по сравнению с *Chlamydia trachomatis*, и неспособность ингибировать стауроспорин-индуцированный апоптоз [13]. Геном микроорганизма представлен круговой хромосомой размером 2,1 Мб и плазмидой размером 15,6 Кб, с содержанием G и C пар 43,8% и 37,6% соответственно [14]. Это в 2 раза больше, чем геном *Chlamydia trachomatis* (1,0 Мб), что обеспечивает продукцию большего количества аминокислот (*рис. 2*). Плазида является многокопийной – 11 копий на клетку. Тестирование *in vitro* показало, что *Waddlia chondrophila* чувствительна к доксициклину и азитромицину, но устойчива к β-лактамам и фторхинолонам [5].

Наряду с широко известным близкородственным патогеном *Chlamydia trachomatis*, имеющим огромную медицинскую значимость, получены

Аминокислота	<i>Chlamydia trachomatis</i> D/UW-3/CX	<i>Waddlia chondrophila</i> WSU 86-1044
Аланин	■	■
Аргинин	■	■
Аспарагин	■	■
Аспартат	■	■
Цистеин	■	■
Глутамат	■	■
Глутамин	■	■
Глицин	■	■
Гистидин	■	■
Изолейцин	■	■
Лейцин	■	■
Лизин	■	■
Метионин	■	■
Фенилаланин	■	■
Пролин	■	■
Серин	■	■
Треонин	■	■
Триптофан	■	■
Тирозин	■	■
Валин	■	■

*Рис. 2.* Наличие генов у *Chlamydia trachomatis* D/UW-3/CX и *Waddlia chondrophila* WSU86–1044, ответственных за продукцию аминокислот.

■ Присутствующие гены    ■ Отсутствующие гены  
Адаптировано из De Barys M., Greub G. [34]

убедительные доказательства независимой роли *Waddlia chondrophila* в нарушении фертильности у мужчин и женщин (бесплодии, выкидышах, замерших беременностях, преждевременных родах). Микроорганизм был обнаружен непосредственно в цервикагинальном секрете, плаценте и моче женщины с выкидышем методом ПЦР и при использовании иммуногистохимической окраски образцов биопсийного материала [5–7]. Считают также возможным инфицирование новорожденных при прохождении через родовые пути. В серии экспериментов получены данные, подтверждающие негативное влияние инфекции, обусловленной *Waddlia chondrophila*, на сперматозоиды (снижение жизнеспособности и митохондриального потенциала, нарушающего подвижность) и этиологической роли данного микроорганизма в мужском бесплодии. Исследователи в условиях *in vitro* установили, что заражение сперматозоидов штаммом *Waddlia chondrophila* приводило к 20%-ному увеличению их гибели по сравнению с контролем (интактными сперматозоидами). Следует отметить, что бактерия обнаруживалась как на поверхности сперматозоидов, так и внутри них. Последнее указывает на то, что сперма служит бактериальным вектором для передачи микроорганизма при сексуальных контактах [15].

При этом, согласно накопленным данным, аналогично как и при урогенитальной хламидийной инфекции, вызываемой *Chlamydia trachomatis*, большинство пациентов (60–70%) с *Waddlia chondrophila* имеют асимптомное течение и хроническую форму инфекции [5, 16]. Это свидетельствует о целесообразности тестирования на наличие/отсутствие *Waddlia chondrophila* женщин с проблемами репродуктивной сферы и мужчин в случае нарушения в спермограмме.

Патогенный потенциал возбудителя был доказан и в других исследованиях [17–19]. Показана способность данного микроорганизма проникать и размножаться в моноцитах/макрофагах человека, фибробластах – клетках Vero, McCoу, АН-1 трофобластах, А549 пневмоцитах, вызывая лизис инфицированных клеток. В экспериментах *in vitro* было установлено, что *Waddlia chondrophila* может репродуцироваться и персистировать в клетках эндометрия и плаценты, повреждая ее. Считают, что в механизм патогенеза вероятнее всего вовлечен белок теплового шока-60 бактерии и/или продукция воспалительных цитокинов, таких как фактор некроза опухоли – $\alpha$  [20].

Моделирование генитальной инфекции, вызванной *Waddlia chondrophila*, на мышах выявило дозозависимый характер инфекции и способность микроорганизма к диссеминации. Установлено, что возбудитель из входных ворот распространялся в поясничные лимфатические узлы, селезенку и печень. Пик патологических проявлений отмечался на 14-й день после инфицирования и характеризовался лейкоцитарной инфильтрацией в рогах матки, печени, селезенке. Распространение патогена из входных ворот по всему организму через кровоток индуцировало системную инфекцию, органный патологический ответ и вызывало Th 1 обусловленный гуморальный иммунный ответ [8].

Проведенные в Великобритании и Швейцарии серологические исследования выявили положительную корреляционную связь с перенесенной инфекцией, вызванной *Waddlia chondrophila*, и выкидышами. Антитела класса G в титре больше 1:64 были обнаружены у 31,9% и 33,0% женщин со спорадическими и повторными выкидышами соответственно, и получены статистически значимые различия с теми, у кого беременность протекала физиологически нормально (7%,  $P < 0,001$ ) [21–23]. В исследовании Verweij S.P. et al., показано, что из 557 пациенток с трубным бесплодием антитела к *Chlamydia trachomatis* выявлены у 12,1%, а к *Waddlia chondrophila* – у 45,5% [24]. При этом следует отметить, что анти-*Waddlia* антитела были видоспецифичными и не давали перекрестной реакции с другими представителями порядка *Chlamydiales* и такими внутриклеточными бактериями, как *Rickettsia*, *Coxiella*, *Wolbachia*, *Anaplasma*. Кроме того, при исследовании образцов сыворотки крови женщин, имеющих повторные выкидыши и с нормально протекающей беременностью, установлено, что серопозитивность к *Chlamydia trachomatis* и *Waddlia chondrophila* была независимо связана с выкидышем. При этом считают, что коинфекция *Waddlia chondrophila* и *Chlamydia trachomatis* может приводить к более тяжелым репродуктивным последствиям и иммунному ответу, чем моноинфекция одним из представителей порядка *Chlamydiales* [21–24].

Показана также высокая серопревалентность (8,3%, 45,0% и 58,3%) антител к *Waddlia chondrophila* у мужчин с бесплодием в независимых серологических исследованиях [24–26].

Однако, несмотря на имеющиеся знания, путь передачи микроорганизма, так же, как и механизм патогенеза, окончательно не уста-

новлены. Исследования воды указывают, что она может быть потенциальным резервуаром возбудителя [16, 22, 27]. Другие авторы склонны к признанию полового пути передачи, воздушно-капельного и диссеминации патогена через кровотоки по организму. Рассматривается также зоонозный путь в результате контакта с инфицированным животным [9, 28, 29].

Следует отметить, что поскольку это облигатный внутриклеточный микроорганизм, классическими микробиологическими методами с использованием жидких или плотных питательных сред его обнаружить невозможно. Микроорганизм трудно выделить из клинических образцов, и для культивирования он нуждается в селективных средах роста и перевиваемых клеточных линиях или культурах амёб (*Acanthamoeba spp.*). Это трудоёмко, требует специальных навыков и длительного времени (до 5–7 дней) [6, 30]. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) является методом выбора для детекции данного патогена в биологических образцах ввиду высокой чувствительности, специфичности, стандартизации и экспрессности. Подобный подход для детекции *Waddlia chondrophila* применяется за рубежом и доступен пока только в виде *in-house* протоколов ПЦР [31–36]. Идентификация данного патогена в нашей стране до настоящего исследования не проводилась.

В РНПЦ эпидемиологии и микробиологии выполнено тестирование образцов мазков-соскобов из урогенитального тракта 203 женщин с репродуктивными нарушениями: бесплодие (n=154), выкидыш (n=49); средний возраст пациенток – 29±6 лет, на предмет обнаружения ДНК *Waddlia chondrophila* методом ПЦР с электрофоретической детекцией продуктов амплификации. Выделение ДНК проводили с помощью комплекта реагентов «РИБО-преп» (ФГУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора, РФ). Для амплификации искомого фрагмента консервативного участка гена 16S рРНК размером 123 п.н. использовали праймеры, описанные в статье Zezekalo V.K. [et al.], WADCHOF: GAACGAAGTGTGCTCTTGAGT и WADCHOR: CCTCTTAGCACCATATCCGG [37]. Амплификация проводилась с использованием аппарата Gradient Palm Cycler в объёме 25 мкл реакционной смеси, содержащей праймеры по 1,0 мкл каждый (20 мкМ), 2,5 мкл 10xTaq-реакционного буфера, 0,2 мкл Taq полимеразы (5 ед/мкл) (ArtStart, АртБиоТех, РБ), 1,5 мкл MgCl<sub>2</sub> (50 мМ),

0,5 мкл дНТФ (10 мМ), 5 мкл ДНК образца и деионизованной воды до конечного объёма. Режим амплификации включал предденатурацию при 95 °С – 2 мин., с последующими 35 циклами, состоящими из стадии денатурации 95 °С – 15 с, отжига 60 °С – 1 мин. и элонгации 72 °С – 45 с, финальной элонгации при 72 °С – 1 мин. Синтез ПЦР-продуктов анализировали методом горизонтального электрофореза в 2%-ном агарозном геле. Оценку размеров фрагментов ДНК определяли, ориентируясь на маркер молекулярных масс нуклеиновых кислот (маркер длин 100+bp DNA Ladder, Евроген, РФ).

В результате исследований было обнаружено 2 положительных образца (рис. 3). Оба случая (2/49, 4,08%) выявлены в группе женщин с выкидышем, что на фоне отрицательных результатов тестов на другие патогенные микроорганизмы и отсутствии иных отягощающих факторов свидетельствует о патогенетической значимости *Waddlia chondrophila* для этого контингента лиц. В настоящее время проводится дальнейшее молекулярно-генетическое исследование образцов, которое позволит установить филогенетическую связь с известными штаммами патогена. При этом очевидно, что требуется продолжение исследований, включая увеличение выборки обследуемых лиц, анализ других целевых групп, применение более чувствительного метода ПЦР в режиме реального времени. Также следует апробировать и внедрить другой метод – иммуноферментный анализ. Разработанные на его основе диагностические тест-системы позволили бы оценить серопозитивность населения в отношении *Waddlia chondrophila*. Однако, так как

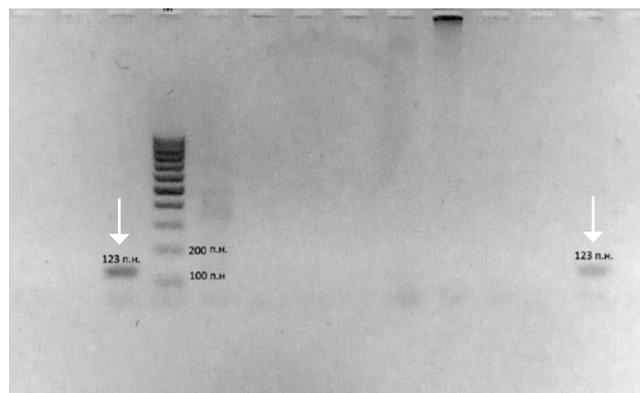


Рис. 3. Результат постановки ПЦР. Выявление фрагмента гена 16S рРНК *Waddlia chondrophila* размером 123 п.н. в анализируемых пробах (указаны стрелками)

они недоступны в качестве коммерческих наборов, необходимо создание отечественной технологической платформы для их производства.

Анализ литературы и итоги проведенного пилотного исследования дают основание для реализации более широкомасштабных исследований и необходимости кооперации специалистов медицинского и биологического профиля с целью дальнейшего изучения патогена и вызываемых им состояний.

Можно констатировать, что *Waddlia chondrophila* является эмерджентным микроорганизмом, оказывающим негативное влияние на здоровье человека. До сих пор он остается недостаточно изученным, в связи с чем необходимы дальнейшие всесторонние исследования с привлечением микробиологов, акушеров-гинекологов, урологов, ревматологов и т.д. Разработка технологии и внедрение молекулярно-биологического метода обнаружения *Waddlia chondrophila* имеет важное фундаментальное и практическое значение для нашей страны. Актуально и создание тест-систем на основе иммуноферментного метода для установления серологического статуса лиц. Налаживание системы идентификации патогена позволит определить его распространенность, расширить знания о патогенетическом потенциале и клеточном тропизме, факторах вирулентности и чувствительности к лекарственным средствам. Уточнение этиологической структуры репродуктивно значимых микроорганизмов будет способствовать повышению диагностической помощи населению и назначению адекватной антибиотикотерапии, снижению риска возникновения бесплодия и выкидышей, решению проблемы сохранения репродуктивного здоровья населения страны. ■

■ **Summary.** The problems of diagnosis and significance of the Chlamydia-like bacterium *Waddlia chondrophila* in the development of human reproductive disorders are highlighted. In-house PCR aimed to detect the 16S rRNA gene fragment of the pathogen was tested. A pilot study was carried out that allowed to detect positive cases in the group of women with miscarriage (2/49, 4.08%). The attention of biomedical specialists is focused on the need for cooperation of efforts in order to develop and implement approaches to the indication and identification of this emerging microorganism, to expand knowledge about its prevalence and etiopathogenetic mechanisms of pathological conditions caused by it.

■ **Keywords:** *Waddlia chondrophila*, diagnostics, reproductive disorders, medical relevance.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-71-76>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Roles of bovine *Waddlia chondrophila* and *Chlamydia trachomatis* in human preterm birth / D. Baud [et al.] // *New Microbes New Infect.* 2015. Vol. 3. P. 41–45.
2. *Waddlia chondrophila*: from bovine abortion to human miscarriage / D. Baud [et al.] // *Clin. Infect. Dis.* 2011. Vol. 52. P. 1469–1470.
3. C.J. Lokwood. Predicting premature delivery – no easy task / C.J. Lokwood // *N. Engl. J. Med.* 2002. Vol. 346. P. 282–284.
4. D. Baud. Emerging role of *Chlamydia* and *Chlamydia*-like organisms in adverse pregnancy outcomes / D. Baud, L. Regan, G. Greub // *Curr. Opin. Infect. Dis.* 2008. Vol. 21. P. 70–76.
5. G. Goy. Antibiotic susceptibility of *Waddlia chondrophila* in *Acanthamoeba castellanii* amoebae / G. Goy, G. Greub // *Antimicrob. Agents Chemother.* 2009. Vol. 53. P. 2663–2666.
6. *Waddlia chondrophila* and male infertility / D. Baud [et al.] // *Microorganisms.* 2020. Vol. 8. P. 136.
7. D. Baud. Intracellular bacteria and adverse pregnancy outcomes / D. Baud, G. Greub // *Clin. Microbiol. Infect.* 2011. Vol. 17. P. 1312–1322.
8. Identification of immunogenic proteins of *Waddlia chondrophila* / C. Kebbi-Beghdadi [et al.] // *PLoS One.* 2012. Vol. 7. e28605.
9. Twenty years of research into *Chlamydia*-like organisms: a revolution in our understanding of the biology and pathogenicity of members of the phylum *Chlamydiae* / A. Taylor-Brown [et al.] // *Pathog. Dis.* 2015. Vol. 73. P. 1–15.
10. *Waddlia chondrophila* infects and multiplies in ovine trophoblast cells stimulating an inflammatory immune response / N. Wheelhouse [et al.] // *PLoS One.* 2014. Vol. 9. e102386.
11. Isolation of a previously undescribed rickettsia from an aborted bovine fetus / P.M. Dilbeck [et al.] // *J. Clin. Microbiol.* 1990. Vol. 28. P. 814–816.
12. Analysis of the 16S rRNA gene of microorganism WSU86–1044 from an aborted bovine foetus reveals that it is a member of the order *Chlamydiales*: proposal of *Waddliaceae* fam. nov., *Waddlia chondrophila* gen. nov., sp. nov. / F.R. Rurangirwa [et al.] // *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1999. Vol. 49, Pt. 2. P. 577–581.
13. In contrast to *Chlamydia trachomatis*, *Waddlia chondrophila* grows in human cells without inhibiting apoptosis, fragmenting the golgi apparatus, or diverting post-golgi sphingomyelin transport / S. Dille [et al.] // *Infect. Immun.* 2015. Vol. 83, No. 8. P. 3268–3280.
14. The *Waddlia* genome: a window into chlamydial biology / C. Bertelli [et al.] // *PLoS One.* 2010. Vol. 5. e10890.
15. M.M. Fraczek. Mechanisms of the harmful effects of bacterial semen infection on ejaculated human spermatozoa: potential inflammatory markers in semen / M. Fraczek, M. Kurpisz // *Folia Histochem. Cytobiol.* 2015. Vol. 53, No. 3. P. 201–217.
16. *Chlamydia* related bacteria (*Chlamydiales*) in early pregnancy: community-based cohort study / F. Reid [et al.] // *Clin. Microbiol. Infect.* 2017. Vol. 23. P. 119.e9–119.e14.
17. Role of *Waddlia chondrophila* placental infection in miscarriage / D. Baud [et al.] // *Emerg. Infect. Dis.* 2014. Vol. 20. P. 460–464.
18. G. Goy. *Waddlia chondrophila* enters and multiplies within human macrophages / G. Goy, A. Croxatto, G. Greub // *Microbes Infect.* 2008. Vol. 10. P. 556–562.
19. A. Croxatto. Early intracellular trafficking of *Waddlia chondrophila* in human macrophages / A. Croxatto, G. Greub // *Microbiology.* 2010. Vol. 156. P. 340–355.
20. C. Kebbi-Beghdadi. Permissivity of Vero cells, human pneumocytes and human endometrial cells to *Waddlia chondrophila* / C. Kebbi-Beghdadi, O. Cisse, G. Greub // *Microbes Infect.* 2011. Vol. 13. P. 566–574.
21. Prevalence and diversity of *Chlamydiales* and other amoeba-resisting bacteria in domestic drinking water systems / J. Lienar [et al.] // *New Microbes New Infect.* 2017. Vol. 15. P. 107–116.
22. Role of *Chlamydia trachomatis* and emerging *Chlamydia*-related bacteria in ectopic pregnancy in Vietnam / S. Hornung [et al.] // *Epidemiol. Infect.* 2015. Vol. 143. P. 2635–2638.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2022/03/waddlia\\_chondrophila](http://innosfera.by/2022/03/waddlia_chondrophila)

Статья поступила в редакцию 06.07.2021 г.

# ПРЕДИКТОРЫ ТРЕХМЕСЯЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСХОДА СИСТЕМНОЙ ТРОМБОЛИТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ИНФАРКТЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА



**Кирилл Сенько,**  
врач кабинета КТ Городской  
клинической больницы скорой  
медицинской помощи г. Минска,  
соискатель кафедры нервных  
и нейрохирургических болезней  
Белорусского государственного  
медицинского университета;  
[ckb88@mail.ru](mailto:ckb88@mail.ru)



**Александр Федулов,**  
заведующий кафедрой нервных  
и нейрохирургических болезней  
Белорусского государственного  
медицинского университета,  
доктор медицинских наук,  
профессор; [fedulov@tut.by](mailto:fedulov@tut.by)

УДК 616.831-005.4

**С**истемная тромболитическая терапия с использованием препаратов на основе рекомбинантного тканевого активатора плазминогена (rt-PA), выполненная в период терапевтического окна, признана эффективным и достаточно безопасным методом реканализации при инфаркте головного мозга. В случае успешного выполнения сТЛТ возможно наступление реперфузии ишемизированной ткани (класс I; уровень доказательности A) [1].

За последнее десятилетие разработка и внедрение в повседневную практику ангионеврологических отделений инновационных технологий диагностики и менеджмента ИМ сопровождались снижением смертности и улучшением функционального исхода. Тем не менее для части пациентов с инфарктом головного мозга не удается добиться их восстановления до уровня функциональной независимости после лечения, а часть не получает сТЛТ ввиду несоответствия достаточно строгим критериям включения для ее проведения [1, 2].

В формате действующей парадигмы до начала проведения системной тромболитической терапии весьма сложно прогнозировать тот или иной вариант ответа на нее, что затрудняет выбор верной тактики лечения. Стоит отметить, что в любой клинической ситуации пациентам, которые соответствуют критериям проведения сТЛТ, необходимо выполнение прежде всего именно ее, даже в том случае, если в последующем

**Аннотация.** Приводится анализ клинико-лабораторных и нейрорадиологических предикторов трехмесячного функционального исхода системной тромболитической терапии (сТЛТ) у пациентов с инфарктом головного мозга (ИМ). Выявление факторов, ассоциированных с неблагоприятным исходом системного тромболитизиса, может способствовать более безопасному, эффективному и широкому применению данного метода лечения.

**Ключевые слова:** инфаркт мозга, тромболитизис, прогнозирование, предикторы.

**Для цитирования:** Сенько К., Федулов А. Предикторы трехмесячного функционального исхода системной тромболитической терапии при инфаркте головного мозга // Наука и инновации. 2022. №3. С. 77-83. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-77-83>

планируется выполнение эндоваскулярных методов лечения (класс I, уровень доказательности A) [1].

Хотя некоторые прогностические факторы исхода тромбозиса были в свое время идентифицированы, их ценность отличается среди пациентов из-за наличия различных индивидуальных, взаимопопонирующих особенностей [3, 4].

Целью нашего исследования было выявление и оценка клиничко-лабораторных и нейрорадиологических факторов, влияющих на исход системного тромбозиса у пациентов с инфарктом головного мозга.

## Материалы и методы

В Белорусском государственном медицинском университете было проведено ретроспективное, многоцентровое, когортное, сравнительное исследование, которое осуществлялось на базах Городской клинической больницы скорой медицинской помощи г. Минска и МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии. В него были включены 213 пациентов (132 мужчины и 81 женщина) в возрасте 28–88 лет (медиана 66 лет [56–73]), которым проводилась системная тромболитическая терапия препаратом из группы rt-PA (Альтеплаза, Boehringer-Ingelheim, Австрия) в дозе 0,9 мг/кг в период 4,5-часового терапевтического окна.

Для объективизации тяжести состояния пациентов, определения выраженности очагового неврологического дефицита (НД) и динамики клинических показателей использовали шкалу NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) [5], для оценки степени нарушения сознания – шкалу комы Глазго (ШКТ) [6]. Функциональный исход оценивался через 3 мес. после инсульта по модифицированной шкале Рэнкина (mRS). Благоприятным считалось достижение оценки менее 2 баллов, неблагоприятным – 3 и более.

Компьютерно-томографическое (КТ) исследование головного мозга выполнялось всем пациентам при поступлении в стационар, а также в динамике к концу первых суток заболевания и на 5–7-й день. При ухудшении неврологической симптоматики нейрорадиологическое исследование проводилось незамедлительно. Количественная оценка ранних изменений мозга у пациентов с ИМ в бассейне средней мозговой артерии (СМА) осуществлялась по шкале ASPECT (Alberta Stroke Program Early CT score) [7], интерпретация степени выраженности лейкоареоза – по шкале Fazekas F. (et al.) [8], визуализационная оценка атрофиче-

ских изменений головного мозга – по Шкале глобальной кортикальной атрофии (GCA-шкала) [9].

Оценка геморрагической трансформации (ГТ) очага инсульта, как одного из наиболее частых и прогностически неблагоприятных осложнений сТЛТ, выполнялась согласно критериям ECASS (European Cooperative Acute Stroke Study) [10]:

- **геморрагический инфаркт (ГИ):** 1-го типа (рассеянные небольшие петехии без масс-эффекта), 2-го типа (сливные петехии без масс-эффекта);
- **паренхиматозное кровоизлияние (ПК):** 1-го типа (менее 30% зоны инфаркта с незначительным масс-эффектом), 2-го типа (более 30% зоны инфаркта со значительным масс-эффектом).

Лабораторные исследования включали в себя выполнение общего и биохимического анализа крови, коагулограммы (АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время, МНО – международное нормализованное отношение, уровень фибриногена).

Для статистической обработки результатов использовался пакет программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США), IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences), Statistics 23.0 (IBM Corp., Armonk, Нью-Йорк), для оценки распределения количественных признаков – критерии Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса. Для определения количественных данных, имеющих нормальное распределение, применялось среднее арифметическое и стандартное отклонение M (SD) с 95%-ным доверительным интервалом, а для не подчиняющихся нормальному закону распределения вычислялась медиана, 25%-ные и 75%-ные квартили – Me [25%–75%]. Для описания качественных данных использовались доли (%), с которыми те или иные значения встречались в выборке.

Сравнение средних значений количественных признаков в двух независимых группах осуществлялось с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, в двух парных группах – одновыборочного критерия Вилкоксона; в 3 и более независимых группах – критерия Краскела-Уоллиса, аналогичных связанных – критерия Фридмана. Для сравнения номинальных данных в независимых группах проводили анализ с вычислением критерия  $\chi^2$ . Для исследования силы и направления связи между значениями изучаемых признаков использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ). Чувствительность и специ-

фичность каждого параметра, а также его пороговое значение определяли с помощью ROC-анализа (Receiver Operating Characteristic) по методу De Long. Площадь под ROC-кривой AUC (Area Under Curve) колеблется в пределах от 0,5 (при неинформативности теста) до 1 (при высокой точности теста). При построении ROC-кривой вычислялась оптимальная пороговая величина показателя (сочетание максимальных значений чувствительности и специфичности). Результаты считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

Благоприятный функциональный исход (0–2 балла по mRS) через 3 мес. наблюдался у 115 (53,9%) пациентов. НД у исследуемых при поступлении составил от 4 до 24 баллов (13 [9–17] баллов) по шкале NIHSS. В результате проведенной тромболитической терапии у анализируемой когорты пациентов отмечался значительный регресс неврологической симптоматики до 5 [2–11] баллов, что подтверждает результаты многочисленных рандомизированных контролируемых исследований эффективности rt-PA [11–15].

В зависимости от выраженности НД при поступлении пациентов в стационар было выявлено статистически значимое различие ( $U=2437,0$ ;  $p < 0,001$ ) в группах с хорошим и плохим функциональным исходом: 10 [8–14] баллов и 16 [13–20] баллов соответственно. На основании проведенного ROC-анализа площадь под кривой для оценки по шкале NIHSS перед выполнением системного тромболитического составила  $0,784 \pm 0,033$  (95% ДИ 0,720–0,848;  $p < 0,001$ ). Пороговым уровнем общего балла по этой шкале для прогноза неблагоприятного функционального исхода в случае проведения сТЛТ явились значения более 11 баллов (чувствительность – 88,8%, специфичность – 53,0%).

Время – основополагающий фактор, определяющий эффективность системного тромболитического (помимо проведения его в рамках существующих протоколов). Более раннее начало этой терапии обуславливает большую ее эффективность и безопасность [16]. Интервал от манифестации клинических проявлений инсульта до начала проведения сТЛТ («onset to needle time») составил 75–270 мин. (150 [130–180] мин.). Вместе с тем, по данным нашего исследования, раннее начало проведения реперфузионной терапии не ассоциировалось с более благоприятным трехмесячным исхо-

дом. Объяснением этому, вероятно, может быть более позднее начало тромболитического у пациентов с инсультом легкой и средней тяжести – 175 [150–210] мин. и 165 [135–190] мин. соответственно по сравнению с пациентами, имеющими тяжелый инсульт – 142 [120–175] мин. ( $N=15,615$ ;  $p < 0,001$ ), несмотря на схожее время поступления пациентов в стационар ( $N=2,103$ ;  $p=0,349$ ). Основной причиной этому может служить субъективная неуверенность медицинского персонала в безопасности и эффективности предстоящей реперфузионной терапии у пациентов с менее выраженной неврологической симптоматикой в дебюте заболевания.

Системный тромболитический эффективнее у пациентов моложе 75 лет [17, 18], однако более старший возраст также не является ограничением к его проведению [19, 20], но требует более тщательной оценки потенциальных рисков (прежде всего геморрагических осложнений). Пациенты, имевшие благоприятный функциональный исход, были моложе ( $\chi^2=2,875$ ;  $p=0,09$ ) лиц с неблагоприятным исходом: 63 [56–69] года и 69 [60–75] лет соответственно. Доля женщин, имевших благоприятный исход, была большей по сравнению с мужчинами: 47 (58,0%) и 68 (51,5%) соответственно. Достоверных различий между мужчинами и женщинами, имевшими летальный исход, не выявлено. Однако стоит отметить, что мужчины, имеющие неблагоприятный исход, были моложе женщин: 66 [58–72] лет и 73 [68–78] года соответственно.

Нарушение углеводного обмена имеет принципиальное значение для применения тромболитической терапии. Противопоказанием для нее являются гипогликемия менее 2,7 ммоль/л и гипергликемия более 22,0 ммоль/л, которая ассоциируется с высокой частотой развития геморрагической трансформации, недостаточной реканализацией, а также тяжелым клиническим исходом [21, 22].

Среди обследованных установлено существенное ( $U=3958,0$ ;  $p < 0,001$ ) различие в уровне глюкозы плазмы крови перед проведением системного тромболитического в группах с благоприятным и неблагоприятным функциональным исходом (5,5 [4,9–6,6] ммоль/л и 6,3 [5,5–7,6] ммоль/л соответственно). Гликемия при поступлении в группе пациентов, имевших сахарный диабет 2-го типа (СД) составила 8,5 [6,8–10,9] ммоль/л, в то время как в группе без СД – 5,7 [5,1–6,8] ммоль/л. Проведение тромболитического пациентам с СД не привело к клиническому

улучшению в 51,7% случаях, тогда как у пациентов без СД – в 45,1% случаев. На основании проведенного ROC-анализа площадь под кривой для оценки вклада гликемии в конечный результат лечения составила  $0,649 \pm 0,038$  (95% ДИ  $0,575-0,723$ ;  $p < 0,001$ ). Пороговым уровнем гликемии для прогноза неблагоприятного функционального исхода ИМ при проведении сТЛТ явились значения более 5,5 ммоль/л (чувствительность – 74,5%, специфичность – 50,4%).

Фибрилляция предсердий (ФП) – фактор риска, имеющий существенный вес в развитии ИМ. Инсульт может возникнуть как в дебюте ФП, так и на фоне отсутствия антикоагулянтной терапии при персистирующей форме ФП. В нашем исследовании фибрилляция предсердий была выявлена у 86 пациентов (40,4%). У них, по мнению авторов, риск неблагоприятного исхода больше [23, 24]. По результатам нашей работы достоверной разницы между группами пациентов с различными вариантами функциональных исходов не было ( $\chi^2=2,316$ ;  $p=0,128$ ). Возможным объяснением этого факта может стать то обстоятельство, что кардиогенные эмболы богаче фибрином по сравнению с эмболами, происходящими из атеросклеротических бляшек [25].

Исследование G. Saposnik (et al.) показало, что пациенты с инфарктом миокарда в анамнезе имеют худший исход после ИМ [26]. Нами установлено, что его наличие в анамнезе в группах с благоприятным и неблагоприятным исходами не достигло статистически значимого различия ( $\chi^2=2,875$ ;  $p=0,09$ ).

Нейровизуализация в диагностике ИМ играет важную роль, так как на основании только клинических данных не всегда с достоверностью удается установить характер нарушения мозгового кровообращения. Всем пациентам, госпитализированным с этим состоянием, сразу же после поступления в клинику необходимо выполнить визуализирующее исследование головного мозга. В большинстве случаев для принятия решения о дальнейшем лечении достаточно оценки результатов неконтрастной компьютерной томографии (класс I; уровень доказательности B) [1], причем они должны быть получены в течение 20 мин. после доставки по крайней мере у 50% пациентов, которым будет проводиться сТЛТ или механическая тромбэктомия (класс I; уровень доказательности B) [1].

Немаловажным фактором, определяющим течение заболевания и последующий трехмесяч-

ный функциональный исход, является бассейн пораженной артерии. Так, при инфаркте в каротидном бассейне отмечалась большая летальность, чем в вертебробазиллярном (15,8% и 13,3% соответственно;  $p=0,724$ ) при схожем количестве благоприятных функциональных исходов (54,1% и 53,3%;  $p=0,938$ ). ГТ при поражении головного мозга в вертебробазиллярном бассейне также наблюдалась значительно реже, чем в каротидном (10,0% и 30,1% соответственно;  $p=0,026$ ). При этом ни в одном случае ГТ не была симптомной. Анализ полученных данных показал, что при ИМ в вертебробазиллярном бассейне с помощью неконтрастной КТ ранние признаки ишемии наблюдались лишь в 6,7% случаев, в то время, как при ИМ в каротидном бассейне в 43,7% случаев ( $p < 0,001$ ). Таким образом, чувствительность и специфичность неконтрастной КТ в выявлении ранних ишемических изменений в вертебробазиллярном бассейне составили 6,7% и 56,3% соответственно, в то время как в каротидном бассейне существенно выше: 43,7% и 93,3%.

Частота спонтанной ГТ составляет 38–71% по данным аутопсии и 10–43% по результатам КТ, из них симптомная геморрагическая трансформация (сГТ) – 0,6–20%. ГИ встречаются примерно в 3 раза чаще, чем ПГ [27]. В нашем исследовании геморрагическая трансформация очага ишемии развилась у 58 (27,2%) пациентов. Из них у 17 (29,3%) пациентов была выявлена ГТ по типу ГИ 1-го типа, у 27 (46,6%) – 2-го типа, у 6 (10,3%) определялись ПГ 1-го типа, у 8 (13,8%) пациентов – ПГ 2-го типа. Среди всех случаев формирования геморрагической трансформации симптомный ее вариант наблюдался у 13 (22,4%) человек. При первичном проведении КТ исследования у 82 (38,5%) пациентов наблюдались те или иные ранние признаки ишемического повреждения головного мозга (табл. 1). Их наличие было связано с выраженностью неврологического дефицита при поступлении ( $p=0,300$ ;  $p < 0,001$ ), последующим формированием ГТ ( $p=0,296$ ;  $p < 0,001$ ), а также функциональным исходом через 3 мес. ( $p=0,238$ ;  $p < 0,001$ ).

Признак гиперденсивности мозговых артерий по данным КТ не выступает критерием несвоевременного назначения тромболитической терапии пациентам, соответствующим другим критериям для ее проведения (класс III; уровень доказательности B) [1]. Данный признак в нашем исследовании выявлялся у 48 (22,5%) пациентов и достоверно ( $p < 0,001$ ) имел прямую корреляционную связь с тяжестью инсульта ( $p=0,261$ ),

формированием ГТ ( $\rho=0,301$ ) и трехмесячным функциональным исходом ( $\rho=0,246$ ). При проведении контрольного КТ исследования у 25 (52,1%) пациентов наблюдалась ГТ очага ишемии: по типу ГИ 1-го типа в 5 (10,4%) случаях, ГИ 2-го типа у 11 (22,9%) пациентов, ПГ 1-го типа – у 4 (8,3%), ПГ 2-го типа – у 5 (10,4%). В 9 (18,8%) случаях ГТ была симптомной. Достоверно чаще при отсутствии данного симптома наблюдалась положительная динамика на фоне сТЛТ ( $\rho=0,001$ ). Данный нейрорадиологический признак связи с драматическим улучшением в неврологическом статусе на фоне сТЛТ не имел.

При первичной нейровизуализации симптома гиперденсивной мозговой артерии имелась корреляционная связь ( $\rho=0,616$ ,  $p<0,001$ ) с наличием других ранних признаков ишемии. У 12 (25%) пациентов был выявлен 1 признак, у 14 (29,2%) – 2, у 3 (8,3%) – 3, в 1 (2,1%) случае – 4. В результате проведенного ROC-анализа площадь под кривой перед выполнением системного тромболизиса составила  $0,603\pm 0,039$  (95% ДИ  $0,526-0,680$ ;  $p=0,01$ ), чувствительность – 33,7%, а специфичность – 87,0%.

При нейровизуализационном обследовании количественная оценка ранних ишемических повреждений головного мозга проводилась по шкале ASPECT. При этом в одной анатомической области могли выявляться сразу несколько патологических признаков. Изолированные изменения только в одной зоне кровоснабжения СМА (ASPECTS=9 баллов) встречались в 23

(10,8%) случаях, в 2 областях (ASPECTS=8 баллов) – в 22 (10,3%) случаях, в 3 (ASPECTS=7 баллов) – в 8 (3,8%), в 4 и более областях (ASPECTS <7 баллов) – в 13 (6,1%) случаях. Клиническая тяжесть состояния пациентов при поступлении в стационар имела обратную корреляционную связь с оценкой по ASPECTS ( $\rho=-0,255$ ,  $p<0,001$ ). На основании проведенного ROC-анализа площадь под кривой для оценки по шкале ASPECT перед выполнением системного тромболизиса составила  $0,621\pm 0,039$  (95% ДИ  $0,545-0,698$ ;  $p=0,002$ ). Пороговым уровнем общего балла по шкале ASPECT для прогноза неблагоприятного функционального исхода в случае проведения сТЛТ явились значения менее 9 баллов (чувствительность – 42,9%, специфичность – 78,3%).

Уменьшение общего балла по шкале ASPECT имело прямую корреляционную связь с вероятностью ГТ очага ишемии ( $\rho=0,367$ ,  $p<0,001$ ). В табл. 2 представлена зависимость исхода проведения сТЛТ в соответствии с топографическим распределением ранних признаков ишемии по ASPECTS, выявленных при первичной нейровизуализации.

Очаговое и сливное снижение денситометрической плотности белого вещества головного мозга за счет лейкоареоза при проведении КТ визуализировалось у 88 (41,3%) пациентов. Причем незначительный лейкоареоз (Fazekas 1) определялся у 45 (21,1%) из них, умеренный сливающийся (Fazekas 2) – у 10 (4,7%), а выраженный сливной (Fazekas 3) – у 33 (15,5%). Была установлена корреляционная связь между данным

Признак	Неврологический дефицит при поступлении	ГТ	сГТ	Неблагоприятный функциональный исход через 3 мес.
Потеря дифференцировки конвексимальной коры	$\rho=0,228$ $p=0,001$	$\rho=0,314$ $p<0,001$ Ч=48,3% С=82,6%	$\rho=0,253$ $p<0,001$ Ч=69,2% С=77,0%	$\rho=0,209$ $p=0,002$ Ч=35,7% С=82,6%
Изоденсивность базальных ганглиев	$\rho=0,177$ $p=0,010$	$\rho=0,249$ $p<0,001$ Ч=24,1% С=93,5%	$\rho=0,281$ $p<0,001$ Ч=46,2% С=91,0%	$\rho=0,148$ $p=0,031$
Утрата ребристой структуры островка	$\rho=0,197$ $p=0,004$	$\rho=0,326$ $p<0,001$ Ч=36,2% С=91,0%	$\rho=0,363$ $p<0,001$ Ч=69,2% С=87,0%	$\rho=0,226$ $p=0,001$ Ч=25,5% С=91,3%
Масс-эффект	$\rho=0,174$ $p=0,011$	$\rho=0,124$ $p=0,071$	$\rho=0,063$ $p=0,360$	$\rho=0,200$ $p=0,003$
Сглаженность кортикальных борозд	$\rho=0,260$ $p<0,001$	$\rho=0,199$ $p=0,004$	$\rho=0,133$ $p=0,053$	$\rho=0,282$ $p<0,001$ Ч=23,5% С=95,7%
Симптом «гиперденсивной мозговой артерии»	$\rho=0,261$ $p<0,001$	$\rho=0,301$ $p<0,001$ Ч=43,1% С=85,2%	$\rho=0,285$ $p<0,001$ Ч=69,2% С=80,5%	$\rho=0,246$ $p<0,001$ Ч=33,7% С=87,0%

Таблица 1. Ранние КТ-признаки ишемического повреждения головного мозга

Примечание: Ч – чувствительность, С – специфичность при  $p<0,05$

нейровизуализационным феноменом и клиническими исходами заболевания к 90 суткам ( $\rho=0,248$ ,  $p<0,001$ ). В результате ROC-анализа площадь под кривой для лейкоареоза, оцененного по шкале Fazekas, перед выполнением сТЛТ составила  $0,627\pm 0,039$  (95% ДИ 0,551–0,703;  $p=0,001$ ), чувствительность и специфичность выявления данного симптома в отношении неблагоприятного исхода – 53,1% и 68,7% соответственно. Неблагоприятные функциональные исходы были у 21 (9,9%) пациента с легкой степенью лейкоареоза, у 9 (4,2%) пациентов с умеренным лейкоареозом и у 22 (10,3%) с выраженным сливным. У 21 (9,9%) пациента с лейкоареозом той или иной степени выраженности наблюдался летальный исход. Достоверных различий между выявлением данного нейрорадиологического признака и последующим развитием ГТ, в том числе и сГТ установлено не было ( $p=0,347$  и  $p=0,302$  соответственно), как и достоверной связи с выраженностью неврологического дефицита при первичном неврологическом осмотре ( $p=0,105$ ).

Диффузные атрофические изменения головного мозга определялись у 152 (71,3%) обследованных. Чаще выявлялись легкие атрофические изменения больших полушарий головного мозга по шкале GCA – в 75 (35,2%) случаях, умеренные – у 67 (31,5%) пациентов и выраженные – у 10 (4,7%). При корреляционном анализе была установлена прямая связь между степенью выраженности атрофических изменений головного мозга и неврологическим дефицитом пациентов при поступлении в стационар ( $\rho=0,164$ ,  $p=0,016$ ) и трехмесячным функциональным исходом после проведения тромболизиса ( $\rho=0,156$ ,  $p=0,023$ ).

## Заключение

Большой неврологический дефицит по шкале NIHSS в дебюте церебральной катастрофы связан с более плохим результатом реперфузионной терапии, что не исключает проведение тромболизиса, хотя и сопряжено с риском неблагоприятного исхода ( $AUC=0,784\pm 0,033$  (95% ДИ

ASPECTS	Неврологический дефицит при поступлении	ГТ	сГТ	Неблагоприятный функциональный исход через 3 мес.
Caudate (C) – хвостатое ядро	$\rho=0,068$ $p=0,325$	$\rho=0,087$ $p=0,206$	$\rho=0,075$ $p=0,275$	$\rho=0,071$ $p=0,305$
Insular ribbon (I) – кора островковой доли	$\rho=0,197$ $p=0,004$	$\rho=0,326$ $p<0,001$ Ч=60,0% С=79,2%	$\rho=0,363$ $p<0,001$ Ч=25,7% С=97,8%	$\rho=0,226$ $p=0,001$ Ч=71,4% С=59,0%
Lentiform nucleus (L) – лентикулярное ядро	$\rho=0,160$ $p=0,019$	$\rho=0,222$ $p<0,001$ Ч=57,1% С=76,0%	$\rho=0,310$ $p<0,001$	$\rho=0,137$ $p=0,046$
Anterior MCA cortex (M1) – передняя кора бассейна СМА	$\rho=0,144$ $p=0,036$	$\rho=0,291$ $p<0,001$ Ч=88,9% С=75,5%	$\rho=0,239$ $p<0,001$	$\rho=0,134$ $p=0,051$
MCA cortex lateral to the insular ribbon (M2) – кора латеральнее островка	$\rho=0,231$ $p=0,001$	$\rho=0,327$ $p<0,001$ Ч=73,7% С=77,3%	$\rho=0,402$ $p<0,001$ Ч=36,8% С=96,9%	$\rho=0,240$ $p<0,001$ Ч=84,2% С=57,7%
Posterior MCA cortex (M3) – задняя кора бассейна СМА	$\rho=0,155$ $p=0,024$	$\rho=0,143$ $p=0,037$	$\rho=0,206$ $p=0,002$	$\rho=0,168$ $p=0,014$ Ч=81,8% С=55,9%
(M4) – передняя территория бассейна СМА*	$\rho=0,095$ $p=0,169$	$\rho=0,209$ $p=0,002$ Ч=58,8% С=75,5%	$\rho=-0,003$ $p=0,969$	$\rho=0,076$ $p=0,271$
(M5) – латеральная территория бассейна СМА*	$\rho=0,186$ $p=0,006$	$\rho=0,137$ $p=0,045$	$\rho=0,090$ $p=0,192$	$\rho=0,132$ $p=0,055$
(M6) – задняя территория бассейна СМА*	$\rho=0,169$ $p=0,013$	$\rho=0,171$ $p=0,013$	$\rho=0,108$ $p=0,117$	$\rho=0,183$ $p=0,007$ Ч=83,3% С=56,2%

Таблица 2. Локализация ранних нейрорадиологических признаков ишемического повреждения головного мозга по ASPECTS

Примечание: \*M4, M5, M6 – передняя, латеральная и задняя территории бассейна СМА, располагаются непосредственно выше и ростральнее соответствующих M1, M2 и M3 территорий на уровне базальных ганглиев. Ч – чувствительность, С – специфичность при  $p<0,05$ .

0,720–0,848;  $p < 0,001$ ). Эффективнее сТЛТ у молодых пациентов, однако старший возраст не является ограничением к его проведению, но требует более тщательного взвешивания потенциальных рисков ( $AUC = 0,652 \pm 0,038$  (95% ДИ 0,577–0,726;  $p < 0,001$ )). Гипергликемия более 5,5 ммоль/л, по данным нашего исследования, – предиктор неэффективности системного тромболизиса (чувствительность – 74,5%, специфичность – 50,4%,  $AUC = 0,649 \pm 0,038$  (95% ДИ 0,575–0,723;  $p < 0,001$ )). Объем и топографическая локализация инфаркта головного мозга – одни из наиболее важных предикторов функционального исхода сТЛТ и возможного развития геморрагической трансформации очага ишемии. Шкала ASPECT позволяет количественно оценить нейрорадиологические признаки формирующегося инфаркта, при этом значение менее 9 баллов ассоциируется с неблагоприятным функциональным исходом в случае проведения сТЛТ (чувствительность – 42,9%, специфичность – 78,3%,  $AUC = 0,621 \pm 0,039$  (95% ДИ 0,545–0,698;  $p = 0,002$ )). Симптом гипертензивной мозговой артерии, выявленный при бесконтрастном КТ-исследовании, как один из ранних нейрорадиологических признаков формирующегося ИМ на фоне острой окклюзии церебральной артерии, имеет прямую корреляционную связь с развитием геморрагической трансформации очага ишемии и выступает независимым предиктором неблагоприятного трехмесячного исхода у пациентов с инсультом на фоне проводимой реперфузионной терапии (чувствительность – 33,7%, специфичность – 87%,  $AUC = 0,603 \pm 0,039$  (95% ДИ 0,526–0,680;  $p = 0,01$ )).

■ **Summary.** The article analyzes the clinical, laboratory and neuroimaging predictors of a three-month functional outcome of systemic thrombolytic therapy in patients with cerebral infarction is presented. Recently, techniques for the diagnosis and treatment of cerebral infarction have been actively developed, which has led to a decrease in mortality and a significant improvement in the functional outcome in some patients. The therapeutic response to ongoing therapy cannot be accurately predicted prior to its initiation, which makes it difficult to make the right decision regarding treatment tactics. The main focus is on the search and evaluation of the degree of determination in the outcome of thrombolytic therapy of the most significant predictors, as well as their mutual potentiation. Identification of factors associated with an unfavorable outcome of systemic thrombolysis can contribute to a safer, more effective and more widespread use of this treatment method in the shortest possible time.

■ **Keywords:** cerebral infarction, thrombolysis, prediction, predictors.  
 ■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-3-77-83>

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

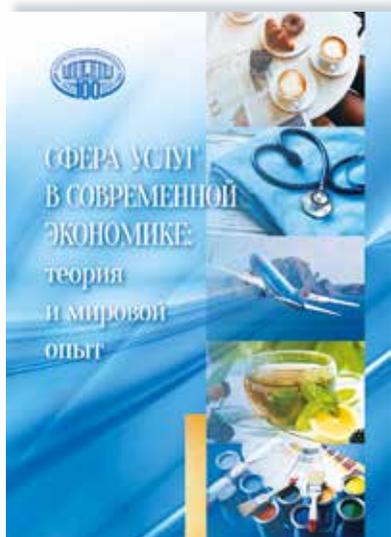
1. Stroke Council of the American Cardiac Association. Advice for healthcare providers from the American Heart Association / American Stroke Association / V.J. Powers [et al.] // *Stroke*. 2018. Vol. 49. P. 46–110.
2. HERMES employees. Endovascular thrombectomy after ischemic stroke in large vessels: a meta-analysis of individual patient data from five randomized trials / M. Goyal [et al.] // *Lancet*. 2016. Vol. 387. P. 1723–1731.
3. Домашенко М.А. Системный тромболизис при ишемическом инсульте: клинические факторы персонализированной эффективности и безопасности / М.А. Домашенко, М.Ю. Максимова, М.М. Танамян // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2019. Т. 13. №1. С. 5–14.
4. Персонализация подходов к реперфузионной терапии ишемического инсульта / М.А. Домашенко [и др.] // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017. Т. 11. №1. С. 7–13.
5. National institutes of health stroke scale score and vessel occlusion in 2152 patients with acute ischemic stroke / M.R. Heldner [et al.] // *Stroke*. 2013. Vol. 44. P. 1153–1157.
6. Teasdale G.M. Assessment of coma and impaired consciousness: A practical scale / G.M. Teasdale, B. Jennett // *Lancet*. 1974. Vol. 2. №7872. P. 81–84.
7. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASPECTS study group. Alberta stroke programme early CT score / P.A. Barber [et al.] // *Lancet*. 2000. Vol. 355. P. 1670–1674.
8. MR signal abnormalities at 1.5 T in Alzheimer's dementia and normal aging / F. Fazekas [et al.] // *A.J. Roentgen*. 1987. Vol. 149. №2. P. 351–356.
9. Inter- and intraobserver reproducibility of cerebral atrophy assessment on MRI scans with hemispheric infarcts / F. Pasquier [et al.] // *Eur. Neurol*. 1997. Vol. 36. №5. P. 268–272.
10. Hemorrhagic transformation within 36 hours of a cerebral infarct. Relationship with early clinical deterioration and 3-month outcome in the ECASS I cohort / M. Fiorello [et al.] // *Stroke*. 1999. Vol. 30. P. 2280–2284.
11. Системный тромболизис при ишемическом инсульте / С.Д. Кулеш [и др.] // *Здравоохранение*. 2011. Т. 12. С. 55–77.
12. W.J. Bonfire. Creating the best fit: choosing indicators for clinical trial results and research results / W.J. Bonfire // *Am.J. Occup. Ther*. 2013. Vol. 67. P. 162–170.
13. Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials / J. Emberson [et al.] // *Lancet*. 2014. Vol. 384. P. 1929–1935.
14. Recombinant tissue plasminogen activator for acute ischaemic stroke: an updated systematic review and meta-analysis / J.M. Wardlaw [et al.] // *Lancet*. 2012. Vol. 379. P. 2364–2372.
15. Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials / J. Emberson [et al.] // *Lancet*. 2014. Vol. 384. P. 1929–1935.
16. NIHSS-time score easily predicts outcomes in rt-PA patients: The SAMURAI rt-PA registry / J. Aoki [et al.] // *J. Neurol. Sci*. 2013. Vol. 327. P. 6–11.
17. A simple risk index and thrombolytic treatment response in acute ischemic stroke / B. Obviagele [et al.] // *JAMA Neurol*. 2014. Vol. 71. P. 848–854.
18. The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke // *N. Engl. J. Med*. 1995. Vol. 333. P. 1581–1587.
19. The benefits and harms of intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator within 6 h of acute ischaemic stroke (the Third International Stroke Trial [IST-3]): a randomised controlled trial / P. Sandercock [et al.] // *Lancet*. 2012. Vol. 379. P. 2352–2363.
20. Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke / W. Hacke [et al.] // *N. Engl. J. Med*. 2008. Vol. 359. P. 1317–1322.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2022/03/cerebral\\_infarction](http://innosfera.by/2022/03/cerebral_infarction)

Статья поступила в редакцию 18.05.2021 г.

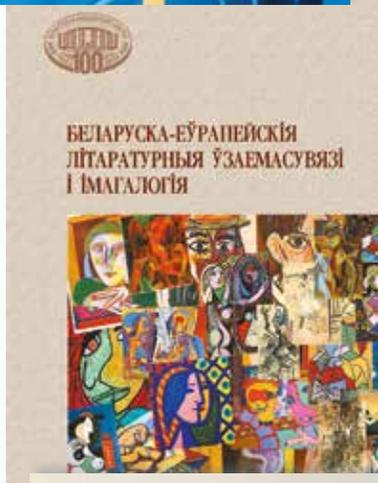
<b>News of science and technology</b> .....	<b>4</b>	<i>Zhanna Komarova</i>	<b>Analytical capabilities of patent research</b> .....	<b>45</b>
<i>Sergey Osipenko, Alexey Kozlov, Sergei Solovyov</i>			There is considered the importance of patent information resources in forming the guidelines of the state scientific and technological policy, as well as the patent research practice.	
<b>Digital transformation of the industrial sector</b> .....	<b>6</b>	<i>Victoria Dershen, Uladzimir Parkhimenka</i>	<b>Behavioral economics concepts in marketing</b> .....	<b>53</b>
The article considers the problem of conceptual approaches to the digital transformation of the industrial sector based on the industrial Internet of things (IIoT) technologies.		The authors formulated the possible ways of 11 most important behavioral economic concepts used in marketing, and their classification. The final conclusion is made about the need for further integration of the behavioral economic provisions and marketing theory.		
<i>Anatoly Belous</i>		<i>Alexander Grusha</i>	<b>Institute of Belarusian Culture in 1925–1st half of 1926: opening prospects</b> .....	<b>60</b>
<b>Microelectronics as a technological basis for smart instrument engineering</b> .....	<b>15</b>	The article discusses the process and results of the Institute of Belarusian Culture reorganization in 1925.		
The article analyses the Belarusian microelectronic industry development and the new generations of products and materials designing and adoption.		<i>Vladimir Padutov</i>	<b>Metagenomic analysis of fungal phytopathogens in birch planting material</b> .....	<b>66</b>
<i>Sergei Sandomirski</i>		The author gives the research data of the metagenomic technology – a complex and advanced method of early diagnostics for the detection of fungal disease pathogens during phytopathological screening of birch plants.		
<b>Intellectual component of devices for magnetic structural analysis</b> .....	<b>21</b>	<i>Liudmila Rubanik, Nikolay Poleshchuk.</i>	<b>A new pathogen <i>Waddlia chondrophila</i>: the relevance of detection and study</b> .....	<b>71</b>
It is shown that the developed devices for magnetic structural control of the steel and cast iron products are based on researching the choice and optimization of the physical impact on the control objects, information signals formation and their processing to reduce the influence of interfering factors.		The authors consider the problems of diagnosis and significance of chlamydia-like bacterium <i>Waddlia chondrophila</i> in the development of reproductive disorders in humans. They underline the importance of studying this microorganism, development and implementation of approaches to its indication and identification.		
<i>Viachaslau Dluhunovich, Anatoly Isaevich, Siarhey Nikanenko</i>		<i>Kirill Senko, Alexander Fedulov</i>	<b>Three-month functional outcome predictors of systemic thrombolytic therapy in cerebral infarction</b> .....	<b>77</b>
<b>National system of metrological support in the field of laser technology and optics</b> .....	<b>29</b>	The authors give the factors associated with an unfavorable outcome of systemic thrombolysis in patients with cerebral infarction, which may contribute to a safer and more effective use of this method of therapy.		
The article considers the research activities results of the Institute of Physics, the National Academy of Sciences of Belarus, on the national system of metrological support formation in the field of optics and laser technology.				
<i>Iryna Yemelyanovich</i>				
<b>E-government ratings</b> .....	<b>35</b>			
There are analyzed the main trends in the e-government ratings formed on the basis of the UN Study.				
<i>Evgeny Yakushkin</i>				
<b>Consumer cooperatives in the digital economy</b> .....	<b>40</b>			
The author considers the problems of cooperative organizations transformation and business processes efficiency in the era of universal digitalization, and proposes the solutions.				



**Сфера услуг в современной экономике: теория и мировой опыт** / О. С. Булко [и др.] ; науч. ред.: О. С. Булко, Е. А. Милашевич ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин. экономики. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 237 с.  
ISBN 9789850828262.

В коллективной монографии представлено теоретико-методологическое обоснование ускоренного развития сектора услуг в экономике. Проведено исследование мирового опыта создания условий для развития различных услуг. Определены направления специализации Республики Беларусь на рынках услуг. Рассмотрено влияние интеграционных процессов на развитие сферы услуг в Беларуси. Даны предложения и методические рекомендации по увеличению вклада сектора услуг в национальную экономику.

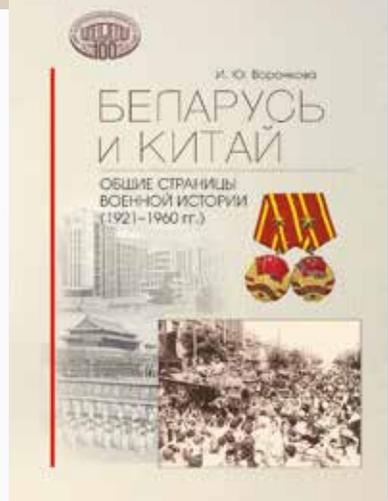
Предназначена для научных работников, аспирантов, магистрантов и специалистов, интересующихся проблемами развития сектора услуг в отечественной экономике.



**Беларуска-еўрапейскія літаратурныя ўзаемасувязі і імагалогія** / Т. П. Барысюк [і інш.] ; навук. рэд. У. В. Гніламедаў, М. У. Мікуліч. – Мінск : Беларуская навука, 2022. – 492с.  
ISBN 978-985-08-2832-3.

Калектыўная манаграфія прысвечана вывучэнню інтэграцыйных асноў і прынцыпаў развіцця беларускай і еўрапейскіх літаратур – рускай, украінскай, польскай, англійскай, іспанскай і інш. У ёй упершыню ў літаратуразнаўстве на багатым факталагічным і навукова-тэарэтычным матэрыяле асэнсоўваюцца беларуска-еўрапейскія літаратурныя ўзаемасувязі ў імагалагічным аспекце.

Адрасуецца літаратуразнаўцам, выкладчыкам і студэнтам ВНУ, настаўнікам і ўсім, хто цікавіцца беларускай інтэлектуальна-творчай спадчынай.



**Беларусь и Китай: общие страницы военной истории (1921–1960 гг.)** / И. Ю. Воронкова. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 430 с. : ил.  
ISBN 978-985-08-2837-8.

В центре внимания находится вопрос о месте и роли представителей белорусского народа и военнослужащих Белорусского военного округа в событиях вокруг Дальневосточного геополитического региона на протяжении четырех сложнейших десятилетий мировой истории. В книге упомянуты более 300 соотечественников, имевших к этим событиям непосредственное отношение. Впервые некоторые аспекты темы были рассмотрены автором в монографии «Военные конфликты на Дальнем Востоке и Беларусь: 1921–1941 гг.» (2015). Первая часть настоящей книги, переработанная и дополненная, возвращает читателей к военным проблемам 1920–1930-х годов. Вторая касается периода 1941–1960 гг. в контексте китайского вектора внешней политики Советского Союза и ее трансляции на историю Беларуси XX столетия.

Адресуется широкому кругу читателей.

## РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

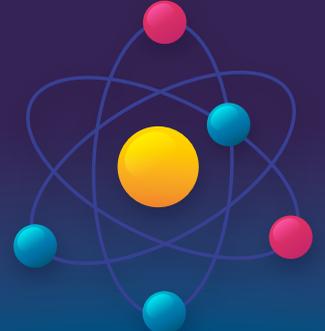
### *предлагает литературу*

- 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*



**ЗНАТЬ**  
ВСЕ НЕВОЗМОЖНО,  
НО **МОЖНО**  
УЗНАТЬ  
**БОЛЬШЕ**



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

[@science\\_innovations](https://twitter.com/science_innovations)

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



научно-практический журнал  
**Наука**  
И ИННОВАЦИИ

