ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ: ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО ПЕРИОДА
4

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ
14

EdTech: ИМПЕРАТИВ БУДУЩЕГО
32

СОНЕЧНЫЯ ЎЗОРЫ РУХАЎСКІХ ДЫВАНОЎ
57

наука и инновации

№5 (231)
МАЙ 2022
научно-практический журнал

НА ПУТИ К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

ISSN 1818-9857
ISSN 2412-9372 (online)

СПЕКТРОМЕТРЫ

для анализа металлов и сплавов

Внесены в Государственный реестр средств измерений РБ

Стационарный
СПАС-05

Портативный
ЛИС-01

**ПРИБОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮТ
АНАЛИЗ ШИРОКОГО ПЕРЕЧНЯ СПЛАВОВ И ЭЛЕМЕНТОВ
С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ И ПРЕДЕЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ**

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

ООО «Тактико». УНП 193243882

Один из оперативных видов анализа, доступных в настоящее время для идентификации и анализа металлических сплавов. Это компактное переносное устройство, обеспечивающее высокую скорость при определении следующих химических элементов: C, Si, Mn, Cr, Ni, Fe, Mg, Al, V, Cu, Co, Zn, Sn, Mo, Ti, W, Nb, Pd, Ag, Cd, Pt, Au и др.

ЛИС-01

Преимущества

1. **Анализ углерода**
   Позволяет измерять концентрацию углерода в сталях и чугуне без использования аргона – прямо на воздухе.
2. **Скорость и точность**
   Оптимальный вариант для экспресс-анализа. Обеспечивает высокую разрешающую способность 0.01 нм на всем диапазоне измерения.
3. **Портативность**
   Небольшие габариты и масса, сравнимые с ручным электроинструментом.
4. **Удобство управления**
   Либо посредством сенсорного 5" экрана, либо через мобильное приложение, которое расширяет возможности прибора.
5. **Надежность**
   Длительный ресурс работы по сравнению с рентгенофлуоресцентными (РФА) спектрометрами.
6. **Встроенный марочник**
   По результатам анализа на экран выводится химический состав, марка стали или сплава. Присутствует функция добавления библиотек марок стали.

Оптимальное стационарное решение для заводских лабораторий, цехов и складов, где необходимы быстрый анализ, высокие технические характеристики и максимальная точность результатов определения полного элементного состава металлопродукции.

СПАС-05

Преимущества

1. **Широкий перечень анализируемых сплавов и элементов**
   Определяет состав любых типов металлических сплавов – как черных (все стали и чугуны), так и цветных на любой основе. УФ-область рабочего диапазона позволяет анализировать легкие элементы: S, P, C.
2. **Точность измерений**
   Превышает требования существующих ГОСТов, регламентирующих анализ металлов на территории СНГ и ЕврАзЭС. Высокая чувствительность исследований – предел детектирования от 5 ppm.
3. **Надежность**
   Эргономичный корпус выполнен из композита. Материал обладает низким коэффициентом теплопроводности, обеспечивает великолепную помехозащищенность, повышенную устойчивость к температурным колебаниям. Увеличенный срок службы за счет функций уменьшения вероятности образования масляного тумана и предотвращения загрязнения оптических элементов.

NORDWOC
+375 (44) 565-02-64
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 – *председатель совета*
П. А. Витязь – *зам. председателя*
В. В. Байнев
А. И. Белоус
И. В. Войтов
И. Д. Волотовский
С. В. Гапоненко
С. И. Гриб
А. Е. Дайнеко
Н. С. Казак
Э. И. Коломиец
Ж. В. Комарова
С. А. Красный
Н. П. Крутько
В. А. Кульчицкий
М. В. Мясникович
О. Г. Пенязьков
О. О. Руммо
Н. С. Сердюченко
И. А. Старовойтова
А. В. Тузиков
И. П. Шейко
А. Г. Шумилин
В. Ю. Шутилин
С. В. Харитончик

Главный редактор:
Жанна Комарова

Ведущие рубрик:
Ирина Емельянович
Наталья Минакова
Татьяна Жданович
Юлия Василишина

Дизайн и верстка:
Алексей Петров

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 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.
Тираж 545 экз. Цена договорная.
Подписано в печать 14.05.2022.

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 №87.

© «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

РЕСУРСЫ ИНТЕГРАЦИИ

Михаил Мясникович
Экономическое развитие: особенности текущего периода **4**
Обоснованы векторы структурных преобразований, направленные на активизацию инвестиционного взаимодействия государств – членов ЕАЭС, включая создание совместных компаний и производств, меры по активизации промышленной интеграции.

тема номера: ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА

Светлана Дирко
Инновационные бизнес-модели и технологии циркулярной экономики: зарубежный и отечественный опыт **8**
Систематизированы лучшие практики внедрения циркулярных бизнес-моделей в мире, проанализировано их распространение в Республике Беларусь. Определена роль цифровых, инженерных и гибридных технологий в реализации указанных бизнес-моделей.

Вадим Китиков, Иван Барановский
Состояние и перспективы переработки полимерных отходов **14**
Дан анализ ситуации с переработкой пластика в Республике Беларусь, выявлены проблемы и определены пути их решения.

Ирина Вага
Утилизация органических отходов в ЖКХ **17**
Проанализированы преимущества технологии производства удобрения на основе органической части твердых коммунальных отходов и целлюлозосодержащих материалов, а также осадка сточных вод.

Виталий Шаблов
Пиролизная и биогазовая технологии для переработки навоза крупного рогатого скота **22**
Описан техпроцесс и оценены преимущества пиролизной переработки свежего навоза крупного рогатого скота без предварительной сушки с целью выработки электроэнергии и получения водорода и наноуглерода.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Сергей Абламейко
Искусственный интеллект в Беларуси – история и перспективы **26**
Показаны результаты использования искусственного интеллекта в Республике Беларусь в образовании, науке и производстве. Обоснованы дальнейшие шаги по развитию данного направления в стране.

Ирина Емельянович
EdTech: императив будущего **32**
Рассматриваются новые технологии образования EdTech, показаны основные тенденции развития этой сферы.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Лариса Тригубович
Стимулирование инновационного развития экономики: международный анализ **35**
Исследован характер инновационной политики стран в условиях эпидемии коронавирусной инфекции и связанного с ней глобального экономического кризиса.

Алексей Чечко
Методические аспекты организации научной деятельности в условиях инновационной экономики **42**
Проанализирован комплекс методических подходов, ориентированных на решение управленческой задачи кластерной формы организации научной деятельности.

№5 **(231)** 2022

К СТОЛЕТИЮ БЕЛОРУССКОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ

Александр Груша

Институт белорусской культуры (1922–1928): в направлении к реорганизации в Белорусскую Академию наук **50**

Рассмотрены аспекты, связанные с преобразованием первого отечественного научного учреждения в академическую структуру.

СПАДЧЫНА

Яўген Сахута

Сонечныя ўзоры рухаўскіх дываноў **57**

Даследчык беларускага народнага мастацтва звяртаецца да адной з яго ўнікальных і малавядомых з'яў, што жыве і развіваецца ў некаторых вёсках і мясцовасцях – Рухаўскіх дываноў.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Елена Ходько

Триада компонентов устойчивого развития Республики Беларусь **62**

Анализируется стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 г. как совокупность принципов и требований к социально-экономической и политической системам государства.

Татьяна Куделина, Ольга Молчан

LED освещение – эффективный инструмент регуляции морфогенеза растений **67**

Приводятся результаты исследования особенностей влияния света с различным соотношением физиологически значимых спектральных диапазонов на развитие растений.

Лариса Зенькова, Александр Земцов

Эффективность инноваций в системе здравоохранения Великобритании: сравнительный анализ с ведущими странами Европы и Беларусью **73**

Рассмотрена зарубежная практика функционирования систем здравоохранения в сравнении с белорусской. Выделены институциональные особенности предпринимаемых мер по их совершенствованию, сделана попытка измерения эффективности инноваций.

Елизавета Бонь, Наталия Максимович, Иосиф Дремза, Ольга Карнюшко, Сергей Зиматкин, Александра Койко, Виолетта Шевчук, Мария Лычковская

Коррекция ω-3полиненасыщенными жирными кислотами нарушений энергетических процессов в тканях головного мозга крыс при субтотальной церебральной ишемии **78**

Изучены показатели дыхания митохондрий гомогенатов головного мозга и содержания АТФ-синтазы у крыс с ишемией головного мозга при введении ω-3полиненасыщенных жирных кислот и без него. Отмечено благоприятное влияние данных кислот на структуры гиппокампа и меньшая выраженность проявлений неврологического дефицита.

СТР. 8

СТР. 26

СТР. 50

СТР. 57

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ: ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО ПЕРИОДА

Михаил Мясникович,
Председатель Коллегии Евразийской экономической комиссии, доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

Темп роста ВВП Евразийского экономического союза в 2021 г. составил 104,6%. Все страны ЕАЭС вышли на положительную динамику. Согласно данным доклада Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН «Мировое экономическое положение и перспективы, 2022», по итогам прошлого года рост мировой экономики составил 5,5%, в то время как в Китае, США и Европейском союзе он значительно замедлился.

Свой вклад в экономическое развитие внесли эффект низкой базы, активизация торговли, инвестиций и потребительского спроса. Мир вышел из глубокого кризиса, экономика восстанавливается, но этот процесс неравномерен. Выиграли страны, где велика роль топливно-энергетического комплекса, экспорта металлов и тех видов продовольствия, для которых рынок был более-менее открыт.

Евразийская интеграция сыграла при этом весьма положительную роль. В 2021 г. объемы взаимной и внешней торговли ЕАЭС достигли исторического максимума. Наибольший вклад в экспорт на внешние рынки внесли Беларусь (рост на 47,8%) и Россия (рост на 47%). По Беларуси дефицит внешней торговли в объеме 952,5 млн долл. в 2020 г. сменился профицитом в сумме 4497,4 млн долл. в 2021-м.

В прошлом году активно шло восстановление взаимной торговли в ЕАЭС. Например, в Беларуси ее объем достиг 17,5 млрд долл. и увеличился на 24,7%. В январе 2022 г.– на 22,8%. Представленные тенденции позволили стране существенно нарастить валютную выручку, что способствовало поддержанию золотовалютных резервов (+12,8% за 2021 г.) и стабильности обменного курса национальной денежной единицы.

Как прогнозируют эксперты, рост санкционного давления повлияет как на внешнюю торговлю, так и на взаимную. В этих условиях особую значимость приобретает развитие кооперационных поставок. В рамках ЕАЭС за 2021 г. они составили 27,8 млрд долл. и увеличились на 31,6%. Наибольшая доля рынка приходилась на Россию (64,1%), 23,4% – на Беларусь, 11,4% – на Казахстан.

В то же время эти успехи не обеспечивают стабильное развитие национальных экономик государств – членов ЕАЭС на краткосрочный / среднесрочный период, поскольку генерируемых базовой экономикой выгод недостаточно. Дозагрузка свободных производственных мощностей (сегодня они используются в пределах 60%), налоговое и льготное кредитное стимулирование предпринимательской активности не дадут те 5,5% ежегодного роста ВВП

ЕАЭС, на которые ориентирован прогноз развития, предусмотренный Стратегическими направлениями развития евразийской интеграции до 2025 г. (Стратегия), принятой Высшим Евразийским экономическим советом в декабре 2020 г.

Полагаю, что нужен принципиально новый сценарий реализации интеграционного проекта. Договор о ЕАЭС 2014 г. по своей сути является торговым и не решает эту задачу в полном объеме.

Выход видится в создании единой Евразийской программы развития и импортозамещения. Важно, двигаясь в этом направлении, уйти от ложных заявлений об ущемлении национальных интересов в случае организации евразийских промышленных кластеров и специальных экономических зон. Пока этого не происходит, несмотря на инициативы Евразийской экономической комиссии (ЕЭК). Органы государственного управления и хозяйствующие субъекты государств – членов ЕАЭС воздерживаются брать на себя риски, связанные с этим направлением интеграции, и ответственность в условиях отсутствия документально оформленной конкретной постановки задач правительствами стран ЕАЭС по данному вопросу. Вместе с тем главы государств – членов объединения постоянно указывают на необходимость углубления промкооперации, импортозамещения, создания новых товаров, совершенствования логистики. Таким образом, имеет место реальный разрыв между политической волей лидеров государств и фактическим состоянием дел.

Выгоды от инвестиционной деятельности налицо. В ЕАЭС нет недостатка ни в трудовых, ни в сырьевых, ни в интеллектуальных ресурсах. По оценке ЕЭК, более четверти (27,4%) ввозимых на территорию Союза промышленных товаров, а это около 70 млрд долл. в год, может быть замещено продукцией национальных производителей. Геополитическая ситуация, надо полагать, подтолкнет ЕАЭС к принятию прогрессивных решений. Академик РАН Глазьев С.Ю. отмечает: «… мы существенно отстали. <…> мы пропустили предыдущую технологическую революцию, которая была связана с компьютеризацией, с автоматизацией, с бурным ростом информационно-коммуникационных технологий. Мы выступали как потребители, не создали свою технологическую базу. Мы импортировали большое количество современных товаров, которые сформировали современный тип потребления и позволили нашим корпорациям освоить передовые информационные технологии, но у нас не было инвестиций в производство технологической базы, устаревающей сегодня» [1].

Сдерживающим фактором экономического развития Беларуси в 2021 г. были именно низкие инвестиции. В основной капитал они сократились на 5,6%, в первую очередь за счет уменьшения бюджетного финансирования (на 15%) и банковского кредитования (на 13%). В то же время по ЕАЭС темп роста объема инвестиций в основной капитал за 2021 г. составил 106,8%. Их снижение отмечалось только в Беларуси и Кыргызстане. Несмотря на то что Беларусь больше других стран объединения вкладывает в развитие обрабатывающей промышленности (21% против 15% от общей суммы инвестиций в целом по ЕАЭС), именно в этом секторе экономики наблюдалось двузначное сокращение инвестирования (-17%). В январе – феврале 2022 г. сжатие финансирования экономики Беларуси продолжилось (темп по инвестициям в основной капитал составил 95,9%). Кроме того, высока вероятность, что санкционные ограничения приведут к потере части инвестиционного импорта, доля которого в общем объеме приобретаемых машин и оборудования превышает 50%. Это, в свою очередь, может затормозить процессы технического перевооружения и обновления производственных мощностей.

Весьма актуальны структурные преобразования, направленные на активизацию инвестиционного взаимодействия государств – членов ЕАЭС, включая создание совместных компаний и производств в условиях ограниченности финансовых ресурсов, численность которых, особенно крупных и в сфере материального производства, недостаточна. Количество совместных и иностранных предприятий в Беларуси с капиталом из стран ЕАЭС в уставных фондах не только не растет, а сократилось за последние 5 лет на 240 единиц: с 2661 на 1 января 2016 г. до 2421 на 1 января 2021 г. Отсюда и небольшой удельный вес взаимных инвестиций в инвестиционных потоках. К примеру, в Беларуси он не превышал в 2019–2021 гг. 0,5 млрд долл. Это около 36% от общего объема поступивших в страну прямых инвестиций. Такой бэкграунд для Беларуси неприемлем. Выход видится в системном улучшении инвестиционного климата.

Для того чтобы сделать инвестиционный рывок, необходимо стратегическое планирование. Без этого ресурсы не сконцентрируешь: ни собственные,

ни кредитные, ни иностранные. Если мы не планируем сами, значит, за нас планируют другие, извлекая при этом, конечно, выгоду для себя. Будет неверно утверждать, что тема стратегии развития замалчивается. Это не так! Цели ставятся верные, приоритеты научно-технического прогресса в основных правительственных документах прописаны правильные, но как их реализовать, как их внедрить – прямых ответов нет из-за отсутствия законодательно оформленного экономического целеполагания и системы концентрации больших объемов инвестиций. Призывами и декларациями здесь не обойтись. Нужен программный документ, на базе которого следует организовать исполнение и контроль.

Экономикам государств – членов ЕАЭС нужны кредиты и госкапвложения, благодаря которым представится возможным сложные производства собрать вместе, организовать кооперацию, связь между наукой и реальным сектором экономики и таким образом создать основу нового технологического уклада. Эта задача актуальна не только для входящих в ЕАЭС стран. Евразийская экономическая комиссия могла бы взять на себя практическую реализацию данной задачи, получить соответствующие полномочия и доверие государств – членов ЕАЭС к проводимой союзной экономической политике. Не в ущерб торговле и национальным интересам, конечно.

Потребуется реформирование деятельности банковской системы. Банки должны наращивать долю инвестиционных кредитов в собственных активах. Классическая функция банков – трансформация сбережений в инвестиции – может быть приоритетной в развитии экономики.

Эти и ряд других подходов реформирования автор излагал в своих научных трудах [2]. Глубокие разработки инновационно-инвестиционных проблем осуществляет блок академика С.Ю. Глазьева в Евразийской экономической комиссии.

Недружественное поведение стран Европейского союза, США, Великобритании и ряда других создают предпосылки необходимости ускоренного решения изложенных задач. Существующая импортозависимость в санкционных условиях весьма чувствительна. По информации Минпромторга Российской Федерации и оценкам экспертов, в экономике России доля импорта составляет:

- *в промышленном станкостроении – более 60%;*
- *в электронной промышленности, микроэлектронике, электронной компонентной базе – 80–90%;*
- *в медицинской промышленности – около 70%;*
- *в фармацевтической отрасли – около 50%.*

Аналогичная картина характерна и для всего ЕАЭС. В некоторой степени Беларусь имеет преимущества по сравнению с коллегами по Союзу, поскольку в нулевые и десятые годы XXI в. были созданы конкурентоспособная молоко- и мясоперерабатывающая промышленность, современная и мощная деревообработка, построены и модернизированы крупные машиностроительные предприятия, серьезно повысили в результате реконструкции и внедрения новых технологий свою эффективность нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы. Ряд отраслей при этом имеют высокий уровень производственной и технологической независимости, так как работают в Беларуси по полному технологическому циклу: от собственного сырья до готовой продукции и каналов ее реализации.

Обрабатывающая промышленность – основа и стабильность экономики, ее удельный вес, как утверждают ученые, должен быть не менее 25% ВВП. В Беларуси он самый высокий из государств – членов ЕАЭС (22,9%). В остальных странах этот показатель находится на одном уровне (Армения – 11,3%, Казахстан – 13,3%, Кыргызстан – 13,5%, Россия – 14,4%). Наряду с преимуществами обрабатывающая промышленность имеет и риски, поскольку требуются огромные инвестиции на ее постоянную модернизацию и обновление производимой продукции. Китай, например, инвестиции в основной капитал на протяжении ряда лет держит в пределах 35–40% к ВВП, благодаря чему обладает высоким уровнем конкурентоспособности на мировых рынках.

Устойчивое развитие страны, интеграционного объединения не может ограничиваться экономическими инструментами, требуется совершенствование стиля и методов работы кадров всех уровней и повышение их ответственности за результат.

Считаю, что ЕАЭС нужны дополнительно к имеющимся новые институциональные основы, чтобы расшивать узкие места интеграции и совершенствовать методы хозяйствования. Национальные и евразийские институты развития в Союзе должны пересмотреть свои мандаты функционирования, в основе которых могло бы быть не только получение собственной и сиюминутной выгоды и прибыли, но и достижение долгосрочных целей социально-экономического развития объединения.

Добиться более высоких интеграционных результатов не позволяет также существующая нормативная правовая база ЕАЭС. По своей сути он задумывался как наднациональное интеграционное объеди-

нение, но в ст. 1 Договора о ЕАЭС его назвали международной организацией, в которой, согласно статусу, принципиальные решения принимаются на основе консенсуса сторон. В то время как в интеграционном объединении с наднациональными полномочиями они, как правило, принимаются квалифицированным или простым большинством для достижения заданных целей. Это первый и самый серьезный организационно-правовой недостаток – «мягкая» форма принятия управленческих решений. Второе. В ЕАЭС нет бюджета (доходной части), под таковым подразумевают смету расходов. В ЕЭК мы считаем, что за счет небольшого процента от собираемых ввозимых таможенных пошлин, например, всего лишь в 0,5–1% от их совокупного объема (13,5 млрд долл. в 2021 г.) можно было бы сформировать такой бюджет в 70–130 млн долл. и направить его на поддержку инвестиционной деятельности трансъевразийских проектов. Речь идет не о повышении роли ЕЭК, чего опасаются работники некоторых уполномоченных органов государств – членов ЕАЭС, а о содействии реальной промышленной интеграции. Управлять этими ресурсами, конечно, следует посредством коллегиального органа, созданного странами Союза. Данные инициативы ЕЭК неоднократно направляла в правительства государств – членов ЕАЭС. Определенное понимание есть, но превалирует осторожность. Поэтому пока требуемых решений нет.

Когда в 2014 г. проект Договора о ЕАЭС готовился к подписанию, на его недостатки указывал Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко. Серьезные проблемы были сформулированы Советом Министров Республики Беларусь. Их можно проанализировать с позиции сегодняшнего дня и убедиться в состоятельности многих. Победила концепция, подразумевавшая подписание подготовленного проекта Договора о ЕАЭС в 2014 г. с последующим внесением в него актуальных дополнений и изменений. В основном уточняющего характера, но не закрепления долгосрочных планов. Стратегия-2025, принятая главами государств – членов ЕАЭС в декабре 2020 г., несколько расширяет рамки Договора 2014 г., но не содержит ясно сформулированную долгосрочную, на 20–30 лет вперед, перспективу ЕАЭС. Особенно негативно такое состояние права Союза влияет на инвестиционную деятельность, которая уже по определению является долгосрочной. Поэтому страны избегают принимать решения «в долгую».

Наиболее остро стоит вопрос о функционировании институтов развития. О некоторых подходах сказано выше. В феврале 2022 г. Председателем Коллегии ЕЭК было инициировано совещание с участием Минфинов государств – членов ЕАЭС. Результаты, в принципе, скромные, но обнадеживающие. Конструктивные предложения внесены ведомствами Российской Федерации и Республики Беларусь, они прорабатываются в настоящее время в заинтересованных инстанциях. Минфин России справедливо считает, что до формирования бюджета ЕЭК на инвестиционные цели надо в полном объеме использовать инструменты финансирования кооперационных проектов в частном секторе ЕАЭС за счет возможностей Евразийского банка развития (ЕАБР). При этом подчеркивается, что извлечение прибыли в соответствии с Соглашением об учреждении не является целью Банка как института развития. Кроме того, указывается, что ЕАБР имеет необходимые ресурсы, профессиональную команду сотрудников, инструменты подготовки проектов и субсидирования ставок для заемщиков таких проектов. Одним из таких механизмов является Фонд технического содействия ЕАБРа. Его средства, по мнению Минфина России, могут быть также задействованы для оказания поддержки потенциальным заемщикам. Минфин России как основной акционер Банка принципиально согласен с тем, что механизмы финансирования кооперационных проектов могут быть «донастроены», но только в случае наличия конкретных запросов на реализацию проектов от реального сектора.

Поэтому напрашивается вывод: для того чтобы более активно двинуть реальный сектор экономики по пути инвестиционного развития, основанного на инновационных технологиях пятого и шестого технологических укладов, необходимо задействовать административный ресурс, а ЕЭК готовить более убедительные расчеты, приводить соответствующие аргументы. Вместе с тем инициаторами такого движения должны быть хозяйствующие субъекты, бизнес, а государство и интеграционные структуры обязаны оказывать им соответствующее содействие, формировать условия и создавать мотивационные механизмы, чтобы проекты были успешными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.Ю. Глазьев. Стратегическое планирование и технологии роста // Вольная экономика. 2022. №21. С. 33–36.
2. Мясникович М.В. Практические вопросы евразийской экономической интеграции. – Минск, 2021.

Инновационные бизнес-модели и технологии циркулярной экономики: зарубежный и отечественный опыт

Светлана Дирко,
доцент кафедры логистики и ценовой политики Белорусского государственного экономического университета, кандидат экономических наук;
dirko.s@yandex.by

Аннотация. *Статья посвящена практическим аспектам реализации концепции экономики замкнутого цикла. Изучены и систематизированы лучшие практики внедрения циркулярных бизнес-моделей из зарубежного и отечественного опыта. Сделан вывод о недостаточно широком их распространении в Республике Беларусь с преобладанием лишь бизнес-модели «Восстановление ресурсов», в то время как конкурентные преимущества использования других вариантов все более очевидны во всем мире. Определена роль цифровых, инженерных и гибридных технологий в практической реализации рассмотренных в статье бизнес-моделей.*

Ключевые слова: *циркулярная экономика, бизнес-модели, инновации, ресурсоэффективность, устойчивое развитие, «зеленая» экономика.*

Для цитирования: *Дирко С. Инновационные бизнес-модели и технологии циркулярной экономики: зарубежный и отечественный опыт // Наука и инновации. 2022. №5. С. 8–13. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-8-13*

На протяжении всего периода существования человечества жизнь мирового сообщества базировалась на принципе извлечения максимальной выгоды из имеющихся природных ресурсов (ПР), которые являются залогом экономической стабильности жизнедеятельности людей. Однако уже сегодня спрос на эти ресурсы превышает возможности нашей планеты по их восстановлению. Стало очевидно, что в условиях их исчерпаемости практикуемый подход к обеспечению экономического развития (ЭР) крайне неперспективен и даже губителен.

Ключ к решению этой проблемы как на макро-, так и на микроуровне заложен в концепции экономики замкнутого цикла, циркулярной экономики (ЦЭ), отделяющей возможности ее роста от принципа максимизации потребления природных ресурсов и основанной на повторном их использовании в течение нескольких циклов. Она представляет собой фундаментальную альтернативу линейной модели ЭР («добывай – производи – выбрасывай») и строится на принципе «добывай – производи – повторно используй». Циркулярная модель создает условия, позволяющие компаниям обеспечивать собственное ЭР прежде всего на основе внедрения инноваций. Она предполагает современные подходы к повышению ресурсоэффективности, способствует снижению экологических последствий производственной деятельности и достижению социального эффекта в сфере потребления товаров. Приоритет при этом отдается уменьшению использования природных ресурсов и минимальному их возвращению в окружающую среду в виде отходов.

Поскольку ЦЭ предлагает действенные инструменты для обеспечения неистощительного ресурсопользования, способствуя тем самым достижению устойчивого роста, именно упор на ее внедрение определен в качестве приоритетного направления Национальным планом действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. [1].

Следует подчеркнуть, что на концептуальном уровне ЦЭ имеет достаточно убедительное

и интуитивно понятное обоснование как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе: какая компания не хотела бы уменьшить свою зависимость от все более дефицитных и дорогостоящих природных ресурсов, превращая отходы в дополнительный доход и ценность? Но на практическом уровне реализовать это довольно сложно. Дело в том, что большинство современных предприятий изначально не созданы для того, чтобы извлечь выгоду из возможностей, предоставляемых ЦЭ. Их стратегии, структуры и операции глубоко укоренены в линейном подходе. Поэтому тем, кто стремится к преимуществам ЦЭ, необходимо использовать инновационные, специализированные циркулярные бизнес-модели, разработка которых должна осуществляться с учетом научно-технических достижений, технологических и управленческих новаций и подкрепляться совместными усилиями всех заинтересованных сторон, включая представителей бизнеса и государства.

Цель настоящей статьи – исследование и систематизация лучших практик зарубежного и отечественного опыта реализации бизнес-моделей в контексте развития циркулярной экономики в стране.

Экспертами консалтинговой компании Accenture, одного из лидеров мирового рынка профессиональных услуг и цифровых технологий, по результатам изучения более 120 практических кейсов внедрения концепции ЦЭ была разработана следующая классификация инновационных циркулярных бизнес-моделей *(рис. 1)*.

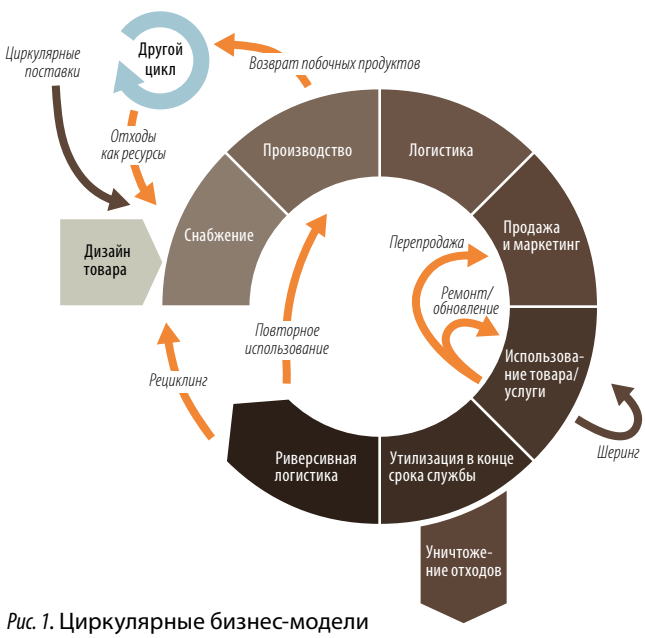


Рис. 1. Циркулярные бизнес-модели
Источник: [2]

Согласно ей, выделяют:

- *циркулярные поставки;*
- *восстановление ресурсов: рециклинг, возврат побочных продуктов и применение отходов как ресурсов;*
- *платформы для обмена и совместного пользования;*
- *продление жизненного цикла продукции: ремонт/обновление, перепродажа, повторное задействование в производстве;*
- *продукт как услуга.*

Циркулярные поставки – бизнес-модель, предусматривающая обеспечение предприятий полностью возобновляемыми, перерабатываемыми или биоразлагаемыми ресурсами, использование которых лежит в основе замкнутого цикла производства и потребления. Благодаря этому компании поэтапно отказываются от применения ограниченных ресурсов, сокращая потери и устраняя неэффективность. Как показывает практика, этот подход наиболее перспективен для компаний, задействующих дефицитные ПР или оказывающих большое воздействие на окружающую среду. Ему следуют такие крупные, известные игроки, как Ford, Toyota, Cisco, Fairphone, 3D Hubs, Desso. Особо следует отметить сотрудничество Ford Motor Company с Novelis – мировым лидером алюминиевого проката, в результате которого на основе комплексной перестройки производственных процессов удалось сформировать инфраструктуру, обеспечивающую замкнутый цикл использования алюминия в автомобильной промышленности. На пивоваренном заводе Heineken, введенном в эксплуатацию в Мексике в 2018 г., также предусматривается повторное применение всех составляющих (воды, тепла, шлама, отработанного зерна, битого стекла, бумажных этикеток от пивных бутылок и др.) [3].

Восстановление ресурсов предполагает реализацию технологических инноваций по повторному использованию материалов, извлекаемых из отходов. Основанная на традиционных рынках вторичной переработки, эта бизнес-модель позволяет восстанавливать почти любой вид ресурсов из возвратных потоков до уровня ценности первичного сырья. Наиболее приемлема она для предприятий, выпускающих большие объемы побочных продуктов или имеющих возможность эффективно восстанавливать и перерабатывать отходы.

Успешным примером может служить опыт компании Timberland – крупнейшего американ-

ского производителя верхней одежды и обуви. На своем дочернем заводе она перерабатывает изношенные шины, превращая их в резиновую крошку, а затем в листовой каучук – его подмешивают в состав для подошв, которые в последующем используются для изготовления обуви [4].

Начиная с 2013 г. шведский концерн H&M реализует глобальную программу сбора бывшей в употреблении одежды в собственных магазинах, выдавая клиентам взамен ваучер со скидкой на последующую покупку. Собранное сортируется и направляется на рециклинг. Помимо этого компания запустила «осознанную» линейку одежды, производимую полностью из экологичных или переработанных материалов [5].

Еще один яркий пример – компания Nespresso с ее программой возвратов: потребители продукции могут оставить отработанные кофейные капсулы в специальных мешках около любой информационной стойки службы экспресс-доставки UPS. Алюминиевые капсулы переплавляются и используются при изготовлении новых товаров, а кофейный жмых продается как высококачественное удобрение [5].

В отечественной практике данная модель нашла наибольшее распространение ввиду достаточно хорошо сохранившейся еще со времен СССР системы заготовки и переработки вторичного сырья. В качестве примеров можно привести целый ряд предприятий: УП «Бумажная фабрика» Гознака по производству офисной бумаги из макулатуры (г. Борисов), ИООО «ДВЧ-Менеджмент», перерабатывающее отработанные масла (Крупский р-н Минской обл.), ПКУП «Коммунальник», которое из древесных отходов получает биотопливо (г. Брест); Антопольская ватно-прядильная фабрика, изготавливающая ватин, нетканое или термоскрепленное полотна из текстильных отходов и др.

Платформы для обмена и совместного использования – бизнес-модель, в основе которой лежит идея экономики шеринга, возникшей из концепции осознанного потребления и стремления к уменьшению объемов материальных ценностей. Она обеспечивает продвижение платформ для взаимодействия между пользователями продукта (отдельными лицами или организациями), повышая тем самым уровень его эксплуатации. Платформы представляют интерес для производителей, имеющих низкий процент потребления продукции или свободные мощности.

Такой подход привел к значительным изменениям в сфере отношений потребителей между собой (C2C), бизнеса и потребителя (B2C) и имеет значительный потенциал в сфере отношений бизнес-бизнес (B2B).

При реализации модели отношений C2C участники напрямую взаимодействуют друг с другом на онлайн-платформе (BlaBlaCar – крупнейший в мире международный онлайн-сервис поиска автомобильных попутчиков; Airbnb – популярная платформа в мире для сдачи и аренды частного жилья; Rent-a-Park – ресурс для аренды парковочных мест; TaskRabbit, NeighborGoods – площадки помощи соседям и др.).

В качестве примера модели B2C можно привести платформу 3DHubs, которая объединяет промышленных дизайнеров с обладателями 3D-принтеров; Tool Library – библиотеки, посетители которой могут найти и взять в аренду различные инструменты, задействованные на мебельных фабриках.

Следует подчеркнуть, что первоначально такая практика была характерна только для самых мобильных и гибких сфер бизнеса. Однако рынок совместного потребления очень быстро растет. По данным Digital Supply Chain, к 2025 г. его мировой объем достигнет 335 млрд долл., и постепенно его форматы будут проникать во все новые сегменты экономической деятельности. Так, в сфере отношений B2B с помощью лизинговой онлайн-платформы MachineryLink Solutions фермеры могут совместно использовать дорогостоящие сельскохозяйственные машины и оборудование. Цифровые сервисы DHL Spaces и Flexe дают возможность реализовать концепцию совместного складирования, основанную на выделении избыточной складской площади в разряд мультиклиентской площадки [6].

В Республике Беларусь уже накоплен определенный опыт реализации шеринговых проектов, среди которых можно отметить:

- *кикшеринг – прокат электросамокатов: JET, Eleven;*
- *байкшеринг – прокат велосипедов: Kolobike;*
- *каршеринг – прокат легковых автомобилей: AnyTime, Hello, Везуха;*
- *шеринг зарядных устройств powerbank: Бери заряд.*

Однако при этом платформы для взаимодействия на уровне организаций-субъектов хозяйствования (B2B-шеринг) в нашей стране пока еще недостаточно распространены, в то время как они могли бы оказать значимый положительный эффект, выраженный в:

- *обеспечении доступа к дополнительным ресурсам, единственным возможным условием применения которых является шеринг;*
- *сотрудничестве компаний для более быстрого и эффективного реагирования на изменения рынка, осуществления дорогостоящих инвестиций;*
- *формировании конкурентного отличия, оптимизации затрат в цепочке создания стоимости и более гибком проектировании бизнес-процессов за счет совместного использования предложений [7].*

Продление жизненного цикла продукции – подход, который позволяет компаниям пролонгировать срок жизни своих продуктов за счет их ремонта, модернизации, реконструкции или восстановления. В большей степени подходит для изготовителей промышленного оборудования, где новые модели обеспечивают незначительное увеличение производительности по сравнению с более ранними.

Примером могут служить программы американской корпорации Caterpillar Inc, крупнейшего в мире производителя спецтехники, по восстановлению, капитальному ремонту и модернизации машин, включающие в себя сертифицированные реставрации и ремонт компонентов у дилеров Cat, восстановление солнечных турбин и др. Финские компании Ponsse (специализируется на технике для лесной отрасли) и SR-Harvesting

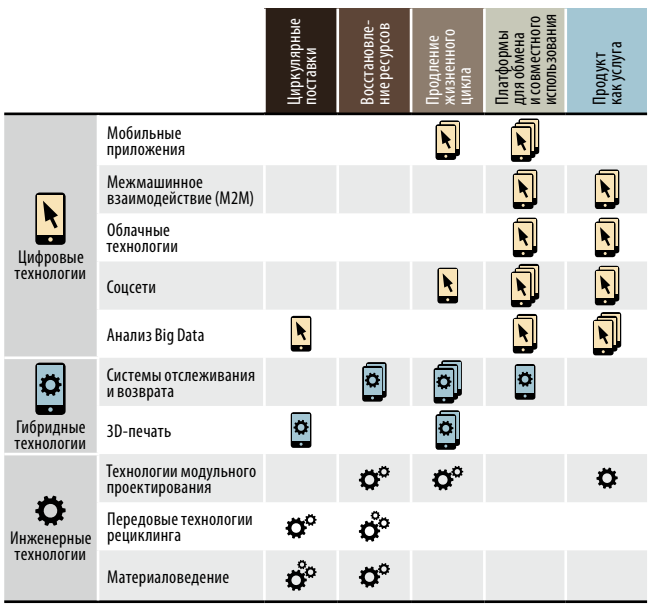


Рис. 2. Инновационные технологии, используемые для разработки и внедрения циркулярных бизнес-моделей

(тракторы Valtra и Valmet) покупают неисправные экземпляры, разбирают их и сохраняют пригодные детали, которые впоследствии очищаются, проверяются и продаются с гарантией. Те, что нельзя повторно применить, отправляются для дальнейшей переработки, и это позволяет продлить жизненный цикл материалов [5].

В Республике Беларусь подобная инициатива реализуется ЗАО «ПАТИО» (торговая марка «5 элемент»). Бытовая техника, приобретенная в ее розничной сети и возвращаемая покупателями в течение гарантийного срока, ремонтируется и продается по сниженным ценам в специализированном магазине.

Продукт как услуга – бизнес-модель, в рамках которой клиенты пользуются продукцией путем «аренды» с оплатой по факту применения. Выступает альтернативой покупки, например, через договор аренды, лизинга и т.п. В случае, когда производитель сохраняет право собственности на все материалы и оборудование, возникает стимул для создания продукта с длинным жизненным циклом, требующего минимального обслуживания (для сокращения накладных расходов на него и поддержки удовлетворенности клиентов), оптимизированного для повторного использования или утилизации отдельных его деталей по истечении срока службы.

Таким образом Philips реализует программу Circular Lighting, согласно которой компания предоставляет услуги освещения вместо осветительных приборов. Вышедшие из строя лампочки она забирает для переработки. С этой же целью компания Xerox продает ксерокопии, а не копировальные машины, и через программу арендованного оборудования стремится к 100%-ному его возврату по истечении сроков эксплуатации. Это позволяет клиентам избежать преждевременного устаревания своих устройств, благодаря гибкому обновлению программного и аппаратного обеспечения [8].

Проведенный анализ показал: несмотря на то, что переход к инновационным циркулярным бизнес-моделям приобретает глобальный характер, а конкурентные преимущества данной концепции становятся все более очевидными, в Республике Беларусь она все еще не получила широкого распространения.

Следует отметить, что практическая реализация рассмотренных подходов в контексте развития экономики замкнутого цикла была бы невозможна без новых инновационных технологий, особенно цифровых. Более того, разработка

циркулярных бизнес-моделей – это новый важный рубеж для них, когда физический и цифровой миры сливаются, а продукты начинают перемещаться между пользователями, рынками, и их жизненные циклы увеличиваются при очень низких транзакционных издержках.

Можно выделить 10 прорывных технологий, которые наиболее часто берутся на вооружение компаниями, следующими принципам ЦЭ *(рис. 2)*. Они делятся на три категории: цифровые (информационные), инженерные (физические) и их гибриды.

Цифровые технологии играют важную роль в налаживании обмена информацией в режиме реального времени между пользователями, машинами и системами управления. Это дает возможность улучшить визуализацию и контроль над активами, что особенно важно для бизнес-моделей *Продукт как услуга, Платформы для обмена и совместного использования и Продление жизненного цикла.* Изменяя способ взаимодействия компаний и потребителей с физическими и цифровыми активами и обеспечивая дематериализацию, цифровые технологии обеспечивают трансформацию цепочек создания стоимости таким образом, чтобы они не были связаны с необходимостью дополнительного расходования ресурсов для достижения роста.

Инженерные технологии позволяют производить новые товары из возобновляемых ресурсов, а также экономически эффективно осуществлять сбор, возврат и переработку товаров и материалов для повторного использования. Следовательно, они особенно важны для внедрения бизнес-моделей *Циркулярные поставки и Восстановление ресурсов.*

Гибридные технологии дают компании возможность в цифровом виде идентифицировать историю, местонахождение, статус и применение материалов и товаров и в то же время с помощью инженерных подходов осуществлять поддержку физического сбора, обработки и переработки отходов. Таким образом, они играют важную роль в реализации моделей *Циркулярные поставки, Восстановление ресурсов и Продление жизненного цикла,* выступая в качестве моста между цифровым и физическим мирами.

Обобщая, можно сделать вывод, что концепция экономики замкнутого цикла с каждым годом набирает популярность и становится все более распространенной. Это проявляется не только в широком применении бизнес-моделей ЦЭ среди компаний, но и в активизации научной деятельности в этом направлении. Однако, несмотря на все преимущества ЦЭ, линейная модель пока продолжает доминировать. Этот факт можно объяснить сложностью и комплексностью самого понятия «циркулярная экономика», а также отсутствием разработанных трансформационных механизмов перехода к циклической модели для разных видов деятельности. Все заинтересованные стороны, включая представителей бизнеса и политики на всех уровнях, нуждаются в более четком понимании того, каким образом данный подход применим в разных секторах экономики.

Summary. The article is devoted to the practical aspects of the implementation of the circular economy concept. The best practices of circular business models from foreign and domestic experience have been studied and systematized. It is concluded that they are not widely spread out in the Republic of Belarus with the predominance of the "Resources recovery" business model only, while the competitive advantages of using other circular business models are becoming more and more obvious all over the world. The role of digital, engineering and hybrid technologies in the practical implementation of the circular business models considered in the article is determined.

Keywords: circular economy, business models, innovation, resource efficiency, sustainable development, green economy.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-8-13

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10. 12. 2021 г. №710 / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2021 // https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100710&p1=1.
2. Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth – 2014 // https://www.accenture.com/t20150523T053139__w__/us-en/_acnmedia/ Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/ Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf.
3. Ботинки Timberland из переработанных шин собственной марки // http://green.glossy.ru/technologies/ recycled-Timberland-shoes-263/.
4. Циркулярная экономика: концептуальные подходы и инструменты их реализации. Монография для специалистов органов госуправления, бизнеса и заинтересованной общественности / Н. Батова [и др.]; под общ. ред. С. Дорожко, А. Шушкевича. – Минск, 2020.
5. Дирко С.В. Лучшие практики реализации модели циркулярной экономики / С.В. Дирко, Д.Д. Подгурская // Экономика. Общество. Человек: материалы национальной науч.-практич. конф. с международным участием, Белгород, 26–27 июня 2020 г. – Белгород, 2020.
6. Sharing economy logistics. Rethinking logistics with access over ownership / DHL Customer Solutions & Innovation. 2018 // https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/ documents/pdf/glo-core-sharing-economy-trend-report.pdf.
7. B2B Sharing: The next step for the Sharing // https://www.lead-innovation.com/english-blog/b2b-sharing.
8. Циркулярная экономика в контексте устойчивого развития // http://www.beroc.by/greeneconomy/events/conference-cirkulyarnaya-ekonomika-v-kontekste-ustoichivogo-razvitiya/.

Статья поступила в редакцию 25.02.2022 г.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Вадим Китиков,
директор Института жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор

Иван Барановский,
замдиректора по научной работе Института жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси, кандидат технических наук

Республика Беларусь стремится к тому, чтобы сократить объемы захоронения отходов и расширить их переработку. Решение этого вопроса принципиально важно с точки зрения обеспечения устойчивого развития. В нашей стране проводится политика, нацеленная на решение проблем утилизации ТКО, в том числе пластика. Стратегические подходы в этом направлении определены национальными программными документами [1, 2]. Так, Национальной стратегией по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами (ВМР) поставлена задача к 2035 г. перерабатывать 90% ТКО. Решить ее предполагается за счет внедрения современных технологий сбора и максимально возможного извлечения из отходов вторичного сырья, а также путем его рециклинга и вовлечения в хозяйственный оборот в качестве дополнительных материалов и иных изделий или продуктов для производства товаров (продукции).

Наиболее проблемны в плане сбора и переработки полимеры. На их долю в общем ежегодном объеме образования ТКО приходится 8%. Более 140,5 тыс. т составляют отходы упаковки, из них 32% изготовлены из неперерабатываемых и труднопереработываемых материалов.

Пластик содержит химические соединения, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. Токсичными являются бисфенол А, формальдегид, фталаты и многие другие элементы, загрязняющие природу, нарушающие экологический баланс и причиняющие вред здоровью человека [3, 4].

Пластик любого вида – весьма долговечный материал, разлагающийся очень долго (450–500 лет). По прогнозам экологов, в случае сохранения его текущего уровня потребления к тому времени, когда начнут разлагаться первые изделия, планета будет полностью покрыта полимерным мусором.

Невозможность биодеградации пластика в окружающей среде – основной фактор, создающий проблему загрязнения планеты и ухудшающий экологическую обстановку. При попадании его в почву вредные химические соединения

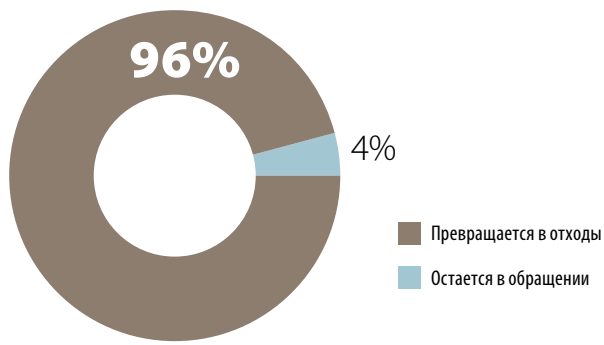


Рис. 1. Уровень переработки пластиковой упаковки в мире

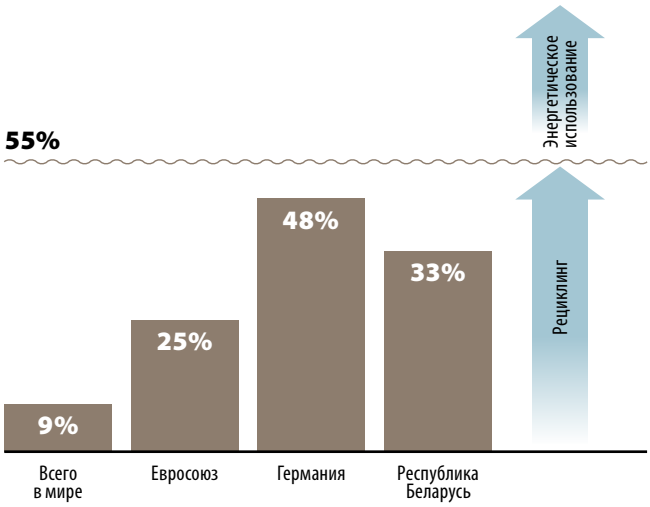


Рис. 2. Уровень использования (переработки) полимерных отходов в мире

накапливаются и приводят к постепенному изменению ее химических и физических свойств, снижают численность живых организмов, ухудшают плодородие. На свалках присутствуют различные виды пластмасс, процесс их разрушения ускоряют различные микроорганизмы. При этом выделяются парниковые газы, влияющие на глобальное потепление. Животные зачастую принимают полимеры за пищу, что приводит к их отравлению и гибели [3].

Отказаться от пластика на 100% не представляется возможным – многие сферы требуют применения полимерных материалов. Поэтому главной задачей остается предотвращение образования таких отходов, максимальное извлечение ВМР, их сбор и повторная переработка.

Ежегодно в европейских странах на одного жителя образуется около 31,1 кг пластикового мусора, в Германии эта цифра составляет 37,4 кг, в Беларуси – порядка 30,6 кг. Чаще всего проблема решается путем его захоронения и сжигания. С момента появления первых полимеров на Земле скопилось более 8,3 млрд т пластиковых отходов. Из них 79% находится на свалках или просто в природной среде, 12% подверглось сжиганию и лишь 9% переработано для повторного использования *(рис. 1, 2)*. В среднем в Евросоюзе около трети пластиковых отходов подвергается рециклингу, остальное экспортируется и сжигается, в том числе с целью получения энергии.

Захоронение – самый экологически неблагоприятный способ, означающий безвозвратную потерю ценных материалов и энергии, загрязнение окружающей среды.

Основной проблемой сжигания (термической утилизации пластиковых отходов на мусоросжигательных заводах при температуре более 1000 °С с целью получения тепловой и электрической энергии) является очистка дымовых газов, поскольку в процессе выделяются опасные для живых организмов токсичные соединения, такие как диоксины и фураны.

Наиболее приемлемый метод утилизации пластиковых отходов – их трансформация в сырье и новые материалы. В нашей стране перерабатываются прежде всего полиэтилентерефталат (ПЭТФ или ПЭТ), полимеры полиолефиновой группы, к которым относятся полиэтилен высокого (ПЭВД) или низкого давления (ПЭНД), полипропилен (ПП) и их различные модификации. В меньшей степени данный процесс затрагивает полистирольные (ПС) и поливинилхлоридные (ПВХ) пластики, в основном это чистые производственные отходы [5].

Полимерные отходы в Беларуси берут в работу более 100 предприятий, из них 19,5% – государственной формы собственности, 80,5% – частные. Наиболее крупные переработчики пластмасс – ОАО «Белвторполимер» (г. Гродно), иностранное предприятие «РеПлас-М» (г. Могилев), ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий» (г. Борисов), ООО «Логополимер» (г. Логойск), ООО «СКАР» (г. Калинковичи), СП ОАО «АМИПАК» и др.

Ежегодное увеличение объемов сбора полимерных отходов *(рис. 3)* требует соответствующего развития перерабатывающих мощностей. В соответствии с Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 гг. запланировано до 2025 г. создать 15 региональных объектов по сортировке и использованию твердых коммунальных отходов, суммарная мощность которых составит порядка 1,2 млн т ТКО в год. Среди них будут предприятия по углубленной переработке с получением высококачественных флексы и гранул.

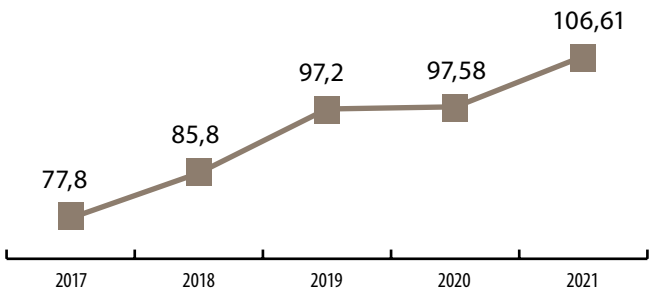


Рис. 3. Динамика сбора и переработки отходов пластмасс в Беларуси, тыс. т

Какие пластики не перерабатываются в Беларуси?

Несмотря на предпринимаемые усилия, пока более половины пластиковых отходов не могут подвергаться рециклингу по ряду причин. Не поддается переработке так называемый неликвидный пластик и некоторые другие предметы, в первую очередь вышедшая из употребления полимерная упаковка:

- *из пластика с маркировкой 3 (PVC или ПВХ) и 7 (OTHER);*
- *без маркировки или с невнятной маркировкой (случайные цифры без треугольника, например);*
- *контейнеры для охлажденных/замороженных продуктов с маркировкой PET (01) (исключение – PET бутылки) в связи со сложностью очистки от загрязнителей;*
- *смешанный пластик (с приставкой «С», например C/LDPE, C/HDPE, C/PP);*
- *эколин (упаковка для масла, творога);*
- *упаковка из вспененного полистирола (6 PS), например судочки для мяса (не путать с пенопластом). При этом гладкий прозрачный, белый или цветной полистирол годится в переработку;*
- *фольгированный пластик, блестящий внутри (к примеру упаковка от чипсов), даже если на нем есть маркировка;*
- *многокомпонентная упаковка, такая как дозаторы от жидкого мыла (содержат несколько видов пластика и металл);*
- *одноразовая пластиковая посуда и стаканчики, пластиковые столовые приборы (полистирол ПС (06), полипропилен ПП (05),);*
- *вакуумная упаковка (как для колбасной нарезки) и термоусадочная пленка (которая полностью «обтягивает» бутылку) (полистирол ПС (06), полипропилен ПП (05), полиэтилентерефталат ПЭТ (01) и многослойные пленки);*
- *фантики от конфет;*
- *чайные пакетики;*
- *упаковка из-под яиц из пенополистирола;*
- *мягкая упаковка «дой-пак» (для майонезов и соусов);*
- *CD/DVD диски;*
- *искусственные елки;*
- *смешанная упаковка для косметики;*
- *тубы из-под зубной пасты, кремов, мазей (кроме алюминиевых и в некоторых случаях с LDPE-маркировкой);*
- *блистеры от таблеток.*

Использование смешанных полимерных отходов из ТКО в качестве вторичного сырья представляет наибольшие трудности. Это связано с технологической несовместимостью полимеров, входящих в их состав, и их большой загрязненностью.

Как утилизируются неликвидные пластики?

Такие полимерные отходы в мировой практике, как правило, направляются на энергетическое использование – сжигание в специальных установках или для приготовления RDF-топлива. Его выпуск и использование до 235 тыс. т в 2025 г. запланированы в Беларуси Национальной стратегией – соответствующие производственные мощности будут созданы на региональных объектах по сортировке и применению ТКО.

В настоящее время реализуется пилотный проект по изготовлению и использованию RDF-топлива в Гродненской области. Он включает технологическую линию для его применения при выпуске клинкера «сухим способом» на филиале №1 «Цементный завод» ОАО «Красносельскстройматериалы» и объект, предусматривающий выработку RDF-топлива из ТКО на мусоросортировочном заводе в г. Гродно.

Кроме энергетических целей неликвидные пластики применяются для производства полимерпесчаных изделий – к примеру, на Биомехзаводе бытовых вторресурсов в Витебске, где освоен широкий ассортимент такой продукции. НИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (одобрена протоколом заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 02.05.2017 г. №10) // https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035–1.pdf.
2. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 июля 2017 г. №567 в ред. постановления Совета Министров от 26.06.2020 г. №373) // https://etalonline.by/document/?regnum=c22000373.
3. Вред пластика для окружающей среды и человека // https://green-club.su/plastik/.
4. Эндокринные заболевания и химические вещества, разрушающие эндокринную систему: обзор ситуации в Беларуси. Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. ГУ «РНПЦ медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения».– Минск, 2018.
5. Отчет о НИР по теме: «Провести исследование морфологического состава полимерных отходов в составе твердых коммунальных отходов и подготовку предложений по их вторичному использованию» (заключительный) / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси.– Минск, 2018. (№госрегистрации 20181168).
6. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 гг. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.01.2021 г. №50.) // https://economy.gov.by/ru/gos-progr-2021–25-ru/.

УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ЖКХ

Ирина Вага,
ученый секретарь Института жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Одна из наиболее актуальных проблем для многих стран мира – переработка и утилизация отходов. Образующиеся в больших объемах, они при размещении в окружающей среде являются источником ее загрязнения. Для их захоронения из хозяйственного оборота изымаются значительные площади земель, а экологически безопасный рециклинг и хранение требуют привлечения существенных материально-технических ресурсов.

В Республике Беларусь ежегодно образуется до 4 млн т твердых коммунальных отходов (ТКО), из которых порядка 38% по массе приходится на органические *(рис. 1)*.

Биологически разлагаемые органические отходы образуются в домовладениях, на предприятиях общественного питания и розничной торговли. К ним же относятся отходы предприятий по переработке продуктов, пищевые (появляются при приготовлении и после потребления еды, испорченные продукты питания без упаковки), а также древесно-растительные,

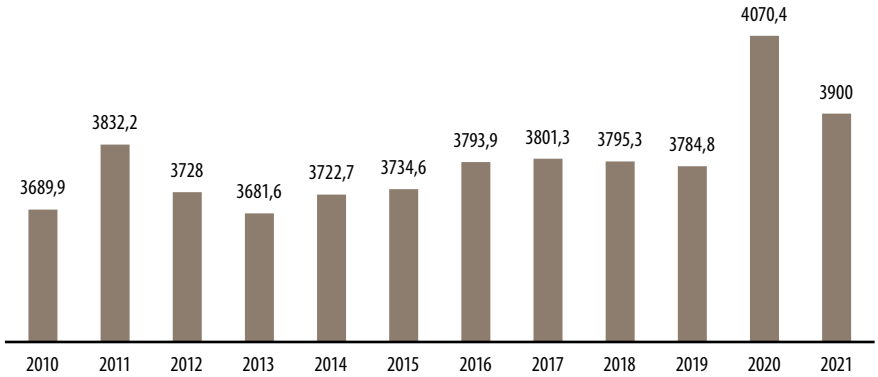


Рис. 1. Динамика образования твердых коммунальных отходов в Республике Беларусь, тыс. т

которые образуются в зеленых зонах, парках, скверах и на приусадебных участках домовладений,– опилки, стружки, щепа.

Органическая часть ТКО в нашей стране практически не используется, а захоранивается на полигонах, что влечет за собой ряд проблем. Это достаточно затратный способ, который не решает вопросов рационального использования ресурсов. Необходимо отметить, что поступающие на полигоны ТКО содержат в себе около 35–40% органики, которая выступает идеальной средой для размножения болезнетворных микроорганизмов, источает неприятный запах, несет опасность самовозгорания и служит источником выбросов парниковых газов.

Один из путей решения проблемы – использование органосодержащих отходов и целлюлозосодержащих материалов для получения компоста. Это наиболее экологичная и экономически обоснованная технология утилизации с целью получения удобрений высокого качества.

Органическая часть ТКО характеризуется многокомпонентностью состава и содержит такие ценные питательные вещества, как азот, фосфор и калий, которые в процессе минерализации становятся доступными для растений; она богата полезными для микрофлоры органическими соединениями – целлюлозой, лигнином и обладает гумусообразующим потенциалом, что свидетельствует о возможности ее применения в качестве удобрения.

Компостирование органической части ТКО и целлюлозосодержащих материалов позволяет получать биостабилизированные продукты, свободные от патогенов, семян и проростков сорных растений и обладающие полезными свойствами: способностью улучшать плодородие почвы, ее физико-химические и структурные свойства, водный и воздушный режимы, обогащать микробное сообщество, противодействовать эрозии, способствовать биоремедиации загрязненных земель. Получаемый в результате компост в зависимости от качества исходного сырья и принятой технологии может быть использован для различных нужд в жилищно-коммунальном, сельском хозяйстве и других областях деятельности. Компостирование также ускоряет естественные процессы разложения и возвращает органические материалы в почву.

Однако в настоящее время доля компостирования отходов в нашей стране не превышает 1,5%, в том числе осуществляемого на мусоросортировочных заводах (отделенная органическая фракция) и на создаваемых площадках в областных и крупных городах (опавшая листва и обрезки растительности) [1].

По информации Оператора вторичных материальных ресурсов, в республике уже организовано 106 площадок для компостирования органической части ТКО (включая обработку органики на Брестском, Витебском и Новополоцком мусороперерабатывающих заводах, СООО «Ремондис-Минск» и УП «Минскзеленстрой»). В 2021 г. порядка 218 тыс. т органики ТКО применено для рекультивации и пересыпки слоев мусора на полигонах.

Согласно концепции Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г., в стране необходимо увеличить уровень использования органической части ТКО к 2025 г. до 354 тыс. т, а к 2035 г.– до 535 тыс. т [2].

Практика передовых стран мира свидетельствует, что достижение высокого уровня переработки возможно посредством глубокого селективного сбора у источника образования

Рис. 2. Пакеты биоразлагаемые компостируемые для утилизации пищевых/органических отходов

и последующего решения проблем уже разделенных компонентов, в том числе и органической части. Такой сбор для дальнейшего компостирования – важнейший этап переработки. Эффективная утилизация органики поможет сохранить полезный ресурс полигонов и позволит обеспечить экологическую безопасность.

Компостирование органической части ТКО успешно практикуется в Европе, где их перерабатывается в среднем 17%: больше всего – в Австрии (40%), Италии (34%), Нидерландах (27%) и Бельгии (25%). В Германии с 1999 по 2003 г. производство компоста из ТКО возросло с 300 тыс. до 2 млн т, а количество крупных установок для компостирования – с 25 до 150.

Утилизация органической части ТКО

Для решения данной проблемы Институтом жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси в рамках ГП «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021–2025 гг. разрабатывается и внедряется технология производства органического удобрения на основе органической части твердых коммунальных отходов и целлюлозосодержащих материалов.

Для реализации данного мероприятия в 2021 г. в г. Слониме стартовал пилотный проект по раздельному сбору пищевых отходов для их совместного компостирования с органической частью ТКО, в котором принимают участие около 500 квартир 7 многоэтажных домов. Он осуществляется совместными усилиями ученых Института жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси и Института защиты растений. Заинтересованность жителей – самый важный аспект при планировании схемы для селективного сбора отходов. Поэтому на начальном его этапе была проведена информационная работа с жильцами. Для раздельного сбора пищевых отходов им раздали специальные биоразлагаемые компостируемые пакеты объемом 10 л *(рис. 2)* и полностью вентилируемые 6-литровые ведра для быстрого высыхания пищевых отходов и предотвращения появления запахов *(рис. 3)*, установили специализированные контейнеры.

Рис. 3. Вентилируемое ведро для сбора пищевых отходов

Каждому жильцу вместе с комплектом вручили памятку с основными правилами селективного сбора пищевых отходов, подходящих для процесса компостирования *(рис. 4)*.

Для взаимодействия с детьми и взрослыми, обратной связи и информирования сотрудниками Института жилищно-коммунального хозяйства были созданы аккаунты в различных популярных социальных сетях (TikTok, Instagram) и сообщество в Viber *(рис. 5)*.

Рис. 4. Памятка по организации раздельного сбора пищевых отходов, пригодных для процесса компостирования

Рис. 5. Аккаунты в социальных сетях

Для привлечения внимания детей к проблеме раздельного сбора пищевых отходов сотрудники нашего Института проводят различные акции *(рис. 6)*.

В качестве компонентов для органического удобрения использовали не только раздельно собранные жителями Слонима пищевые отходы, но и зеленую массу от скашивания растительности в городе, листву после уборки зеленых насаждений, солому зерновых с полей и древесные опилки после сортировки и измельчения древесных отходов. В 2021 г. заложили 4 бурта с различным содержанием органических компонентов, в том числе и пищевых отходов, на базе полигона Слонимского ГУП ЖКХ. Сотрудники Института защиты растений подбирают микробиологические препараты для ускорения созревания компоста, а по окончании процесса созревания компоста будет определено его качество.

Утилизация осадка сточных вод

Важнейшая проблема ЖКХ – выбор наиболее эффективных направлений утилизации осадков сточных вод (ОСВ), которые являются многокомпонентным и крупнотоннажным отходом, ежегодно образующимся в объеме около 2,2 млн т. Это источник химической и бактериологической опасности, зачастую содержащий патогенную микрофлору и яйца гельминтов, токсичные органические вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты. Преобладающая часть ОСВ коммунальных очистных сооружений страны для обезвоживания и сушки проходит обработку на объектах хранения. Там для долговременного складирования накоплено свыше 10 млн т указанных отходов, и только 4–5% этого объема используется в хозяйственной деятельности. При этом объекты хранения переполнены, а отвод новых земельных участков под их размещение не представляется возможным.

Однако наличие в составе ОСВ органического вещества, биогенных элементов и микроэлементов указывает на потенциальную удобрительную ценность данного вида отходов (при допустимых уровнях содержания в их составе загрязняющих веществ и санитарно-гигиенической пригодности).

Наиболее перспективна утилизация осадков городских сточных вод путем совместного компостирования их с органической частью ТКО, а также другими компонентами. В качестве наполнителей используют также торф, опилки, подстилочный навоз. Институт жилищно-коммунального хозяйства совместно с Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси проводят в этом направлении научные исследования, цель которых – разработка оптимальной технологии переработки ОСВ коммунальных очистных сооружений и органической части ТКО и обоснование дифференцированного применения полученной продукции.

В связи с тем, что ОСВ в Беларуси не являются объектом обязательного аналитического контроля нами была про-

Рис. 6. Мероприятие «Маленький вклад в большое дело» в г. Слониме

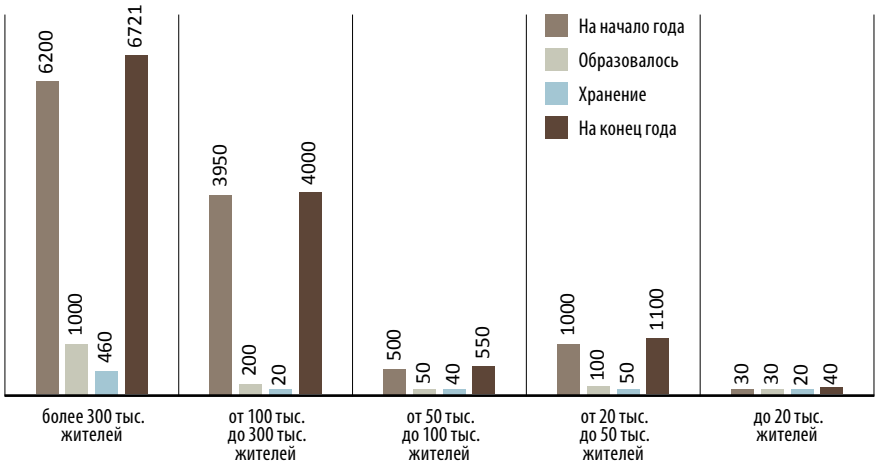


Рис. 7. Объем осадков сточных вод, образовавшихся и хранящихся на объектах хранения за 2020 г. в городах в зависимости от количества жителей, тыс. т

ведена оценка накопленных на объектах хранения и образующихся объемов осадков сточных вод коммунальных очистных сооружений (необходимая информация была представлена предприятием «БелНИЦ Экология»). Для этого принято разделение городов на 5 групп в зависимости от численности населения: 1 – более 300 тыс. жителей; 2 – от 100 тыс. до 300 тыс.; 3 – от 50 тыс. до 100 тыс.; 4 – от 20 тыс. до 50 тыс.; 5 – до 20 тыс.

Результаты анализа за 2020 г. показали, что по всем группам городов прослеживается тенденция к увеличению накопления объемов ОСВ на площадках хранения к концу года *(рис. 7)*. Так, на конец 2020 г. на объектах хранения в городах с населением более 300 тыс. жителей насчитывалось 6721,5 тыс. т ОСВ. В течение года в процессе очистки сточных вод было образовано 1062,2 тыс. т, на хранение отправлено 460,2 тыс. т, передано другим предприятиям для дальнейшего использования всего 605,5 тыс. т.

Такая же тенденция прослеживалась и с другими группами, что говорит о необходимости увеличения уровня использования и переработки ОСВ в нашей стране.

Однако для выработки наиболее эффективных способов обращения с ОСВ коммунальных очистных сооружений возникает необходимость в аналитических исследованиях химических, физических и биоэкологических характеристик данного вида отходов. С этой целью нами проведены обследование, сбор технической информации о коммунальных очистных сооружениях, отбор образцов ОСВ и органической части твердых коммунальных отходов в репрезентативных городах Беларуси *(рис. 8)*.

Рис. 8. Отбор образцов осадка сточных вод на объектах хранения г. Новополоцка

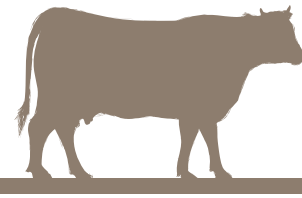
На основании полученных данных будут представлены оптимальные варианты переработки ОСВ и органической части ТКО для изготовления органического удобрения, почвогрунтов или субстратов для рекультивации полигонов.

Проблема обращения с органическими отходами в республике весьма актуальна. Совместное их компостирование позволит увеличить объем переработки органической части ТКО, сократить как количество ОСВ, направляемых на объекты хранения, так и время получения органического удобрения, снизить затраты, повысить урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшить площади под складируемыми ОСВ, минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Переработка органической части ТКО компостированием // https://ecologia.by/number/2021/4/Pererabotka_organicheskoj_chasti_TKO_kompostirovaniem/.
2. Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 28 июля 2017 г. №567 / Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. // https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22000373/.

Пиролизная и биогазовая технологии для переработки навоза крупного рогатого скота



Виталий Шаблов,
директор
ООО «Завод аэроэнергопром»,
главный конструктор,
доктор философии в области
информационных технологий
(экологической безопасности)

Поголовье крупного рогатого скота в мире составляет около 1,5 млрд особей. Ежегодно жвачные животные выделяют в атмосферу огромное количество метана – около 10% всей антропогенной эмиссии, связанной со сжиганием ископаемых топлив. По своей парниковой способности метан в 28 раз превосходит углекислый газ и находится в атмосфере около 10 лет.

За одни сутки взрослая корова выделяет 30–50 кг навоза, то есть на планете его образуется около 60 млн т (около 1 млн железнодорожных вагонов). За год полуторамиллиардное поголовье производит в среднем 21 млрд 600 млн т навоза. Сравним этот объем с мировой добычей угля: 10 крупнейших стран-лидеров в 2019 г. добыли 7 млрд 212 млн т этого полезного ископаемого, что в 3 раза меньше, чем образуется навоза. Встает вопрос о возможностях применения последнего.

Наиболее традиционные способы – в качестве удобрения для повышения плодородности почв и основного компонента субстрата для биогазовых комплексов. В малоразвитых странах навоз используют как строительный материал и твердое печное топливо.

К сожалению, объем переработки отходов животноводства столь ничтожен, что эта проблема занимает одно из первых мест в списке вопросов, тормозящих развитие животноводства и негативно влияющих на экологическую обстановку в мире.

Технологий, способных энергоэффективно, прибыльно и экологически чисто переработать огромное количество образующегося коровьего навоза, до недавнего времени не существовало. На сегодня проблему пытаются решать с помощью биогазовых установок, предназначенных для утилизации отходов животноводства и пищевой промышленности *(рис. 1)*. При этом на газопоршневых электростанциях происходит сжигание газа в двигателях с последующей выработкой электроэнергии, которая подается в сеть через отдельный счетчик учета и оплачивается государством по высокому тарифу. В основном на этом и зарабатывают биогазовые комплексы, все узлы и агрегаты которых потребляют электричество из государственных сетей по стандартному тарифу. Работа биогазового комплекса без дотаций государства убыточна.

Второй возможный источник дохода биогазовых комплексов – продажа соседним хозяйствам полученного жидкого удобрения. Но проблема здесь в том, что 40% субстрата до конца не перерабатывается бактериями, а температурный режим при мезофильном процессе (+37–40 °С) не способствует уничтоже-

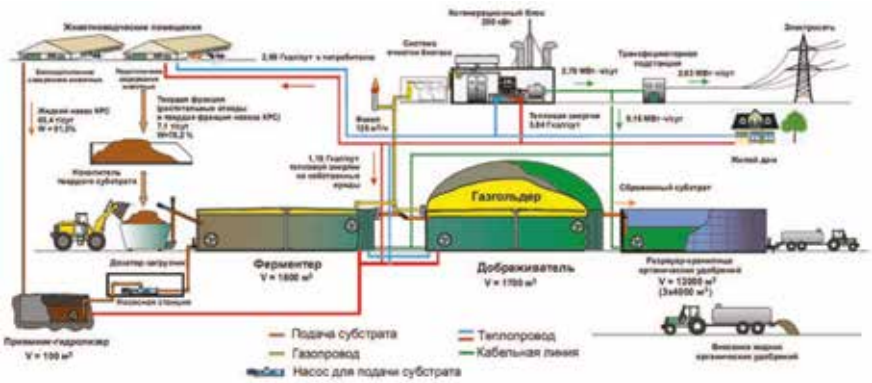


Рис. 1. Структурно-технологическая схема биогазового комплекса

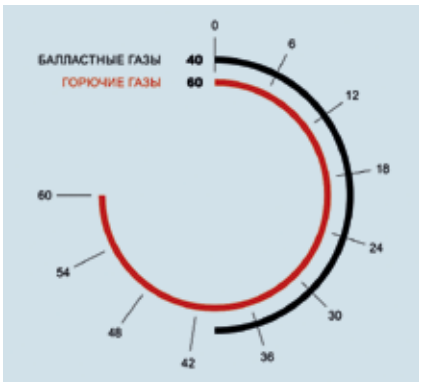


Рис. 2. Соотношение горючих и балластных газов биогазового комплекса

нию основных болезнетворных микроорганизмов. Данное обстоятельство препятствует сертификации в государственных органах отработанного субстрата в качестве удобрения.

Состав полученного биогаза можно условно разделить на энергетическую и балластную части *(рис. 2)*. В состав первой входит метан CH_4 (около 60%), во второй части имеются:

- *не горючая двуокись углерода CO_2 (до 38%);*
- *горючий сероводород H_2S, который желательно удалять из состава газа из-за негативного воздействия на газопоршневые станции и окружающую среду;*
- *горючий газ аммиак NH_3 (незначительное количество), имеющий достаточно высокую температуру воспламенения и негативно воздействующий на медные элементы двигателей.*

Газ, полученный на биогазовых комплексах, обладает низкой теплотворной способностью – около 22 МДж/м^3, поэтому на выработку 1 кВт его уходит значительно больше, чем природного (0,36–0,38 м^3).

Следует отметить, что удельные капитальные затраты на 1 кВт установленной мощности составляют от 3 до 5 тыс. евро без учета монтажа и пусконаладочных работ, а срок окупаемости биогазовых комплексов колеблется от 5 до 13 лет. Малоэффективные и дорогостоящие, они все же внедряются, чтобы хоть как-то уменьшить негативное воздействие навоза на окружающую среду, предотвратить гибель сельхозугодий, рек и озер, сократить вредные испарения в атмосферу и количество стоков. Можно ли решить проблему энергоэффективно, экологически чисто и прибыльно?

Как сделать так, чтобы навоз из проблемы превратился в постоянно возобновляемый источник энергии и дохода для человечества? Научно-исследовательская инжиниринговая группа «Завод аэроэнергопром» предлагает инновационное техническое решение задачи.

Разработанный нами метод подразумевает высокотемпературный пиролиз специально подготовленного свежего навоза с высокой степенью влажности. В отличие от классических технологий при этом не предполагается сушка навоза, сопряженная с потерями большого количества газа, растворенного в навозной жиже.

Рассмотрим пиролизный комплекс контейнерного типа производительностью 30 т в сутки *(рис. 3)*.

Навоз из коровников поступает в блок сепарации, где происходит отделение излишков воды. После этого, частично обезвоженный, он подается в навозоприемник для накопления, затем –

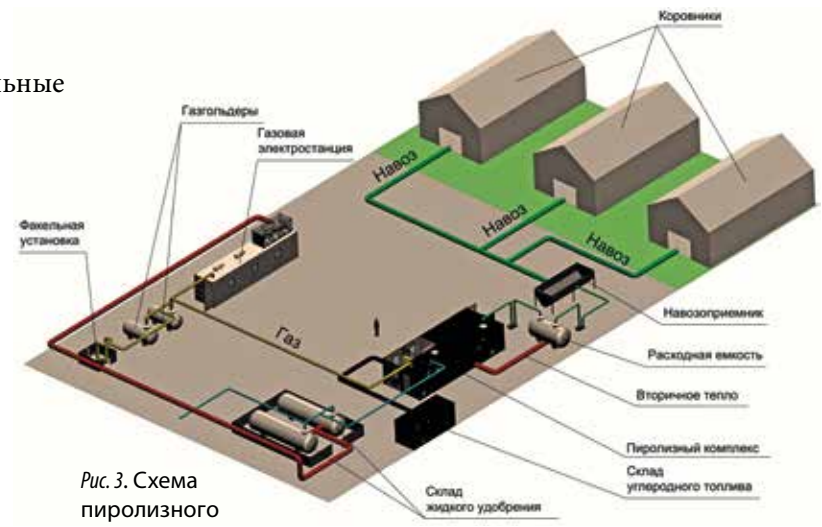


Рис. 3. Схема пиролизного комплекса

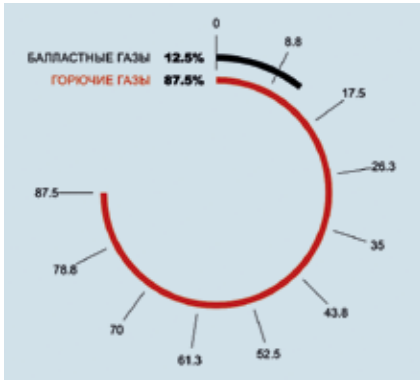


Рис. 4. Соотношение горючих и балластных газов пиролизного комплекса

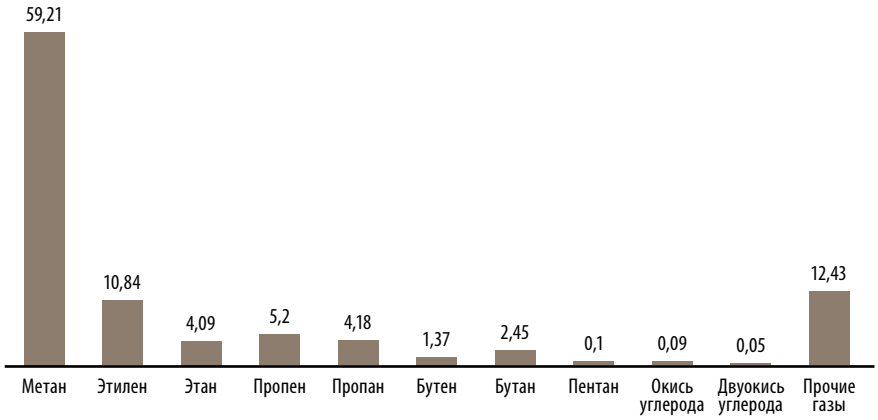


Рис. 5. Состав пиролизного газа, %

в промежуточную расходную емкость с системой подогрева и перемешивания, далее – в пиролизный реактор непрерывного типа работы. В реакторе при температуре до 1000 °С навоз разлагается на газ, пиролитическую воду и углеродный остаток. Далее пиролизный газ подвергается 100%-ной очистке и поступает в газгольдеры, а оттуда – на газопоршневую электростанцию. При необходимости его можно экологически чисто сжечь на факельной установке.

В его составе, как и у биогаза, имеются энергетическая и балластная части *(рис. 4)*. Первую составляет смесь метана и других высококалорийных углеводородных газов, доля которых в общем объеме превышает 87%; балластная часть крайне мала (10–12%) *(рис. 5)*. Газ, полученный в процессе пиролиза навоза, обладает высокой теплотворной способностью: 43,14 МДж/м^3, что сопоставимо с параметрами природного газа.

Показатели	Фактическое значение
Плотность при 20 °С, г/см^3	1,0
Водородный показатель pH	4,8
Взвешенные частицы, мг/дм^3	700
Азот аммонийный, мг/дм^3	221,7
Хлорид-ион, мг/дм^3	386,0
Сульфат-ион, мг/дм^3	9,1
Минерализация, г/л содержание неорганических солей – бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия	6,2
Фосфор общий, мг/дм^3	<0,025
Химическое потребление кислорода (ХПК), мг O_2/дм^3	35680

Таблица 1. Химический состав пиролитической воды

Жидкий продукт пиролиза навоза – вода, содержащая растворенные в ней органические и неорганические вещества,– поступает на склад накопления жидких удобрений, а затем потребителю *(табл. 1)*. Химический анализ показал наличие в ней азотсодержащих соединений, минералов, неорганических солей.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что пиролитическая вода может являться товарным продуктом – жидким концентратом комплексного минерального удобрения для внесения в различные виды почв под сельскохозяйственные культуры. Следует отметить, что он по своему составу аналогичен жидкой фракции навоза, при этом в концентрате отсутствует патогенная микрофлора, гибнущая в процессе высокотемпературного пиролиза, а важнейшие питательные элементы (азот, калий, фосфор и т.д.) сохраняются. Это коренным образом отличает его от жидкой фракции навоза, которая, согласно санитарным правилам, должна пройти процедуру обезвреживания путем продолжительного (порядка 12 месяцев) компостирования. При этом предприятия должны вносить плату за негативное воздействие на окружающую среду.

Как показали результаты исследований, остаток, образующийся после переработки навоза, содержит 64,81% углерода, обладает высокой теплотворной способностью, сопоставимой с таковой у бурого угля и дров, и может быть использован в качестве сырья для твердотопливных котлов или с целью получения генераторных газов, основными компонентами которого являются водород и угарный газ. Твердая фракция остатка содержит также ряд полезных элементов (железо, фосфор, калий, титан, магний, марганец, кальций, кремний, натрий),

Технология пиролизной переработки свежего навоза КРС (Пульсар)	Переработка свежего навоза КРС на биогазовых комплексах (мезофильный процесс)
Цикл переработки	
1 час	10 дней (среднее значение)
Выработка газа, м³	
80,83	40–50
Расход газа на поддержание техпроцесса,%	
15–20	до 20
Степень разложения биомассы,%	
100	40
Время получения газа после 1-го пуска оборудования	
2 ч	30–50 суток
Выход газа на 1 кг сухого вещества, м³	
0,28	0,25–0,34
Теплота сгорания выработанного газа, МДж/м³	
43,2	22,0
Расход газа на выработку 1 кВт/ч электроэнергии, м³	
0,3	0,36–0,38
Биологическая опасность твердых остатков производства	
100%-ное обезвреживание углеродного остатка от патогенной флоры и гельминтов	Осадки не обезвреженные, содержат большое количество гельминтов
Требования к кислотности и наличию питательных веществ в субстрате	
Нет требований	Требуется следить за оптимальной кислотностью и достаточным количеством питательных веществ и микроэлементов
Требования к перерабатываемому сырью	
Нет требований	Тщательный подбор субстратов для обеспечения выхода биогазов
Требования к температурному режиму	
Широкий температурный диапазон, более + 600 °С	Узкий температурный диапазон, + 10 °С
Попутное производство питьевой воды из атмосферного воздуха, т/сут	
До 35 т	Невозможно
Проектные работы и капитальное строительство	
Не требуется (мобильное исполнение)	Требуется (капитальные строения)
Удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности, евро	
1200–1900 (включая монтаж и пусконаладочные работы)	3000–5000 (без монтажа и пусконаладочных работ)

Таблица 2. Сравнительный анализ технологий переработки навоза. Из расчета на 1 т перерабатываемого свежего навоза

что позволяет применять его в качестве микроудобрения (аналогично древесной золе) с целью повышения продуктивности почв и минерального питания сельскохозяйственных культур.

Образующийся в процессе работы комплекса излишек тепла можно направлять на технологические и бытовые нужды исходя из потребностей заказчика.

Комплекс оборудования пиролизной переработки навоза может изготавливаться в двух вариантах: стационарном и мобильном (с высокой степенью готовности и быстрым наращиванием производительности). Для установки требуется только ровная площадка с твердым покрытием *(табл. 2)*.

Результаты практических опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ говорят о том, что разработанная технология по всем показателям превосходит биогазовую. При этом процесс пиролиза занимает непродолжительное время и не требует значительных энергетических затрат. Производственный комплекс не нуждается в капитальном строении, не требует проектирования и работает на полном самообеспечении, а избыток тепла и электроэнергии поступает потребителю. Важно, что при этом не загрязняется воздух: в конструкции оборудования нет дымовой трубы, так как реактор нагревается за счет выработанной электроэнергии из полученного высококалорийного пиролизного газа. При переработке навоза отсутствуют отходы – образуются только полезные продукты: газ, твердое топливо, концентрат жидкого минерального удобрения, тепловая и электрическая энергия, питьевая вода, сконденсированная из атмосферного воздуха, а твердые остатки и концентрат жидкого удобрения на 100% обезвреживаются от патогенной микрофлоры. Монтаж и пусконаладочные работы комплекса занимают не более 7 дней.

В связи с тем, что навоз является постоянным возобновляемым источником сырья, на ООО «Завод аэроэнергопром» проводятся также исследования других его типов – свиного, конского, овечьего и куриного. Кроме того, научно-исследовательская инжиниринговая группа предприятия занимается разработкой технологии получения зеленого водорода, подпадающего под раздел «Возобновляемый водород» согласно Стратегии по развитию производства чистого водорода Clean Hydrogen Alliance, углерода и наноуглерода. И

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БЕЛАРУСИ — ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сергей Абламейко,
профессор механико-математического факультета БГУ, академик НАН Беларуси

Как научная дисциплина искусственный интеллект является так называемой зонтичной дисциплиной, которая включает множество направлений, таких как представление данных, доказательство теорем, компьютерное зрение, машинное обучение, робототехника, обработка естественного языка, многоаспектные системы и т.п. При этом каждая из названных ветвей, в свою очередь, подразделяется на десятки других, что особенно актуально для робототехники.

Использование ИИ в различных сферах жизнедеятельности положительно влияет на развитие общества. Так роботизация и применение систем ИИ в промышленности позволили оптимизировать многие процессы, уменьшить сроки выполнения работ, исключить необходимость присутствия человека на вредных производствах, сократить уровень травматизма. Наиболее стремительное использование искусственного интеллекта наблюдается в медицине при обработке изо-

бражений (снимков), распознавании и синтезе речи, что впоследствии позволяет более достоверно диагностировать заболевания – к примеру, более точно выявлять процент поражения легких при COVID-19.

Практика показывает, что ИИ постепенно вытесняет человека из производственной сферы и сферы услуг. Отсюда повышенная озабоченность общества относительно того, не заменит ли он людей в некоторых профессиях, в частности в медицине, журналистике, правоохранительных органах. Во благо либо во вред будут эти изменения? Ведь кроме положительных факторов использования искусственного интеллекта, есть и негативные, такие как несанкционированный доступ к модификации заложенных программ, угроза сбоев.

Осмысление развития ИИ, философская рефлексия относительно проблем сосуществования людей и роботов сегодня приобретает особую актуальность. Назрела потребность в правовом и этическом регулировании данной сферы, которые отстают от насущных потребностей, что, впрочем, объяснимо. С одной стороны, реальность такова, что сначала идет внедрение тех или иных технологий – продукта правового регулирования – и только затем разработка нормативных правовых актов. С другой – развитие ИИ настолько бурное, что оперативное принятие соответствующих документов с учетом длительности процедур их прохождения практически невозможно, поэтому в большинстве стран они и отсутствуют [2].

В последние годы огромное внимание государства стали уделять обучению основам ИИ в вузах и даже школах. К примеру правительство Российской Федерации в 2021 г. выделило 600 млн руб. в качестве грантов высшим учебным заведениям для подготовки студентов по профилю «искусственный интеллект». Планируется, что через 3 года у них будет не менее 10 программ бакалавриата и 40 в магистратуре. За этот период более 3 тыс. преподавателей высшей школы пройдут дополнительную профильную переподготовку [3]. Студентов МГУ уже обязали изучать курс по искусственному интеллекту [5]. Что касается учащихся старших классов ряда образовательных учреждений РФ, то уже с 1 сентября 2021 г. они постигают азы машинного обучения, аналитику больших данных, язык программирования Python, а также этические проблемы использования ИИ [4].

Это говорит о необходимости более пристального внимания к развитию искусственного интеллекта и в нашей стране.

ОТ УЗКОГО К ОБЩЕМУ ИИ

Для использования и развития искусственного интеллекта необходимы три составляющие: высокая вычислительная мощность, большие объемы данных и интеллектуальные алгоритмы. Поскольку доступность этих ресурсов сегодня резко возросла, то ИИ переживает настоящий бум. Он получает знания, умения и навыки не так, как мы. Его способность к обучению пока ограничена одной конкретной областью (которую выбрали программисты), он не может самостоятельно постичь что-то еще: созданный для движения робот не начнет «вдруг» читать, пока в дело не вмешается обслуживающий его персонал, то есть человек.

ИИ позволяет автоматизировать повторяющиеся процессы обучения и поиска за счет использования данных. Однако его цель – не автоматизация ручного труда, а надежное и непрерывное выполнение многочисленных крупномасштабных компьютеризированных задач, что требует участия человека для первоначальной настройки системы и правильной постановки вопросов. Но это все относится к созданию «узких» систем ИИ, способных решать достаточно ограниченную функцию

эффективно, например поставить диагноз какого-либо вида рака по изображению больного органа после проведенного ранее обучения.

В последние годы ученые работают над созданием общего (сильного) искусственного интеллекта (AGI), под которым понимают человеческий интеллект, наделенный сознанием, то есть естественный интеллект [6]. Все ныне существующие формы ИИ чаще относят к слабому интеллекту.

Природа общего ИИ трактуется как коллективная, распределенная, тогда как в классическом значении она понималась как индивидуальная, сосредоточенная [7]. В [8] показано, что как только ученым удастся создать AGI, тот мгновенно эволюционирует до уровня суперинтеллекта, а значит, станет мыслить лучше и быстрее человека. Он сможет выполнять разноплановые задачи и переносить свои знания из одной сферы в другую, мыслить критически, кооперироваться между собой или с людьми для достижения поставленных целей. В результате человечество вынуждено будет выстраивать отношения с искусственным интеллектом. Удастся ли разработать такую технологию, пока неизвестно, но если это произойдет, мир сильно изменится.

Вопрос создания общего ИИ, равного человеческому, давно будоражит умы и воображение исследователей. Одним из препятствий на этом пути является недостаточное понимание природы человеческого разума. Вполне вероятно, что она такова, что «прояснить» механизмы, свести деятельность интеллекта к некоторому набору функций или операций в принципе невозможно. Но все же плоды создания AGI очень важны, ведь это позволило бы сразу решить неограниченное число прикладных задач [9].

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ IT-ОТРАСЛИ В БЕЛАРУСИ

К концу советского периода БССР имела устойчивый имидж высокотехнологичной республики, где работала огромная армия ученых и практиков в сфере кибернетики и вычислительной техники. К сожалению, в 90-е гг. прошли сильные сокращения, часть специалистов уехала за рубеж либо ушла в другие государственные структуры, в IT-бизнес. Благодаря людям, ранее работавшим в сфере математики, кибернетики и вычислительной техники, появились и расцвели частные IT-компании, такие как IBA, EPAM Systems и др.

Надо заметить, что всего за 25–30 лет в условиях жесточайшей конкуренции отечественный IT-сектор сумел заявить о себе и принять участие в многочисленных международных проектах. Белорусские программисты занимались разработкой, внедрением и сопровождением информационных систем для ведущих компаний мира.

В 2005 г. был учрежден Парк высоких технологий (ПВТ). Первыми его резидентами стали немногочисленные на тот момент работающие в Беларуси IT-компании. С учетом специфики рынка – наличия существующих универсальных программных продуктов для массового потребления, создание которых под силу крупнейшим корпорациям, и специализированных, решающих «узкие» проблемы,– они работали больше по аутсорсинговой модели. Это было правильно и понятно, потому что только так можно было набрать некоторую критическую массу для дальнейшего развития. В результате они завоевали репутацию первоклассных разработчиков, способных создавать и собственные программные продукты. Этому способствовал высокий уровень подготовки студентов, понимание со стороны руководства вузов, в первую очередь БГУ, что нужны не только сильные математические знания, но и навыки, и умения в создании стартапов, поиске инвесторов и др. И это дало свои результаты [10].

Целенаправленная подготовка специалистов для компаний IT-сектора ведется на базе фундаментального математического и естественно-научного университетского образования. На момент написания статьи в нашей стране в сфере информационно-коммуникационных технологий, по разным данным, было занято около 100 тыс. человек, из которых около 50 тыс.– в сегменте IT-продуктов и услуг. Среди них 76% с высшим образованием, тогда как в среднем в экономике их число составляет не более 30%. Другой характеристикой сектора является молодость: 57% штата компаний – резидентов ПВТ имеют возраст до 30 лет. Карьерный путь в индустрии обычно начинается до 25 лет. Около 12% занятых в IT-отрасли – студенты [11].

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И НАУКА

Сложно сказать, когда появились первые исследования по искусственному интеллекту

в мире. По одной из версий, все началось в 1950-е гг., когда британский ученый Алан Тьюринг в статье «Может ли машина мыслить» в журнале Mind предложил «тест Тьюринга».

В СССР искусственным интеллектом занялись в 60-е гг. Целая плеяда ученых Академии наук, МГУ и других вузов страны добилась успехов по таким направлениям, как автоматический поиск доказательства теорем. Среди них – В. Пушкин, Д. Поспелов, М. Цейтлин, С. Маслов, В. Турчин.

Новый расцвет наступил в 2000-х гг., когда ряд математиков и программистов предложили алгоритмы ИИ, названные методами глубинного обучения и «обучения на базе многообразий». К 2012 г. Дж. Хинтон, А. Крижевский и И. Сацкевер из Торонто (Канада) вдохнули в них новую жизнь, связав эти методы с нейронными сетями. В результате они могут решать задачи, которые предыдущему ИИ были не под силу: распознавать речь, изображения, предсказывать катастрофы [12].

Белорусские ученые еще в советское время успешно развивали такие направления, как распознавание изображений, распознавание и синтез речи, компьютерная графика, машинное обучение и т.п. Они участвовали в международных проектах, конференциях, публиковались в рейтинговых изданиях. Организовывалось немало конференций по тематике ИИ, многие из них проводятся до сих пор:

- *«Pattern recognition and information processing» под эгидой Международной ассоциации по распознаванию образов проходит каждые 2–3 года в БГУ, БГУИР и ОИПИ НАН Беларуси;*
- *«Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» и «Big data and advanced analytics» в БГУИР;*
- *«Нейронные сети и искусственный интеллект» – БГУИР, БГТУ и ОИПИ НАН Беларуси;*
- *«Компьютерный анализ данных и моделирование» КАДМ (CDAM) и «Веб-программирование и интернет-технологии (WebConf)» – БГУ.*

Кроме того, в 2017 г. на базе БГУ состоялся 12-й Международный симпозиум по биоинформатике (предыдущие проходили в США, Англии, Китае), в 2018 г. – 15-й Международный симпозиум по нейронным сетям.

С 2015 г. на базе Объединенного института проблем информатики и Института физиологии НАН Беларуси действует Межведомственный исследовательский центр искусственного интеллекта. Он объединяет усилия специалистов в области медицинских, биологических, информационных, технических и физико-математических наук для создания передовых и конкурентоспособных технологий ИИ и обеспечивает условия для выполнения научно-исследовательских проектов в этой области, реализуемых как в рамках государственных программ научных исследований, так и с привлечением негосударственных инвестиций.

В 2018 г. создано Белорусское общественное объединение специалистов в области искусственного интеллекта, которое возглавляет председатель Правления профессор БГУИР В.В. Голенков.

Среди наиболее известных авторов книг и статей в области искусственного интеллекта можно отметить В.В. Краснопрошина, В.В. Голенкова, В.А. Головко, М.А. Журавкова, А.В. Тузикова, С.В. Абламейко, В.В. Старовойтова, Б.М. Лобанова, А.М. Недзьведя и др.

Все это свидетельствует о достаточно высоком уровне исследователей и исследований, проводимых в Беларуси в сфере ИИ.

ИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

Отечественное математическое и физическое образование сохранило те сильные черты фундаментальности, которые во многом утеряны в других постсоветских странах в попытках успеть за постоянно меняющимися практическими приложениями и сокращением сроков обучения. Перед белорусской высшей школой стоит очень сложная задача – найти баланс между теорией и практикой. И, надо сказать, нам в какой-то степени это удается. Выпускники естественно-научных факультетов нарасхват во всех аспирантурах мира, легко находят себе работу в крупных международных компаниях.

В БГУИР еще в 1995 г. открыта кафедра «Интеллектуальные системы», где ведется подготовка студентов по специальности «Искусственный интеллект». По данному профилю обучают в 3 вузах страны: Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники, Брестском государственном техническом университете, Гродненском государственном университете им. Я. Купалы [13].

В БГУ был создан Центр инновационных идей и проектов Start-Up, а также Дом информационных технологий (IT House) Центра информационных ресурсов и коммуникаций БГУ. Его деятельность сконцентрирована на развитии инновационного потенциала студентов. Потребность в специалистах сформировала новые профессии, такие как инженер по машинному обучению, специалист по глубокому обучению.

Основной проблемой подготовки специалистов по ИКТ остается сохранение и воспроизводство педагогических кадров. Очевидна необходимость в ближайшие несколько лет совместными усилиями государства и частных предприятий – резидентов ПВТ создать устойчивую систему моральных и материальных стимулов для педагогов, участвующих в подготовке кадров для данной отрасли.

Актуальными направлениями по развитию образовательной деятельности в этой сфере являются создание современных моделей профессионального образования, опережающего характера образовательных программ в области ИКТ, развитие кооперации с ведущими зарубежными вузами, научными и образовательными центрами; согласование перечня квалификаций с международными стандартами, внедрение новых форм обучения на основе модульной технологии организации учебного процесса.

ИИ И ПРОИЗВОДСТВО

В 2017 г. инвестор и IT-предприниматель Алексей Мельничек составил список компаний, ведущих разработки в области искусственного интеллекта в Беларуси, в который включил более 70 частных фирм [14]. Надо отметить, что в ноябре упомянутого года резидентами ПВТ было 192 компании и ИП, и более 30% из них занимались ИИ. Успешно развиваются компании, применяющие ИИ в области здравоохранения (Flo, doc, Lung Passport), сельского хозяйства (OneSoil, Zoner.ag), ритейла, промышленного производства, финансов, транспорта, защиты окружающей среды. Ряд крупных международных IT-гигантов имеет исследовательские офисы в Минске: Profitero, IHS Markit, WorkFusion, «Яндекс», Teqniksoft, Viber. Известны успешные примеры развития ИИ-стартапов из Беларуси: AIMatter, которая перешла под контроль Google, MSQRD – куплена Facebook, Zoner.ag, Juno –объединилась с Gett, Apalon – перешел под контроль IAC Applications. О возможностях белорусских программистов красноречиво свидетельствуют их известные на весь мир продукты – «Мир танков» (Wargaming), «Вайбер» (Viber), «Маскарад» и др.

В 2018 г. в нашей стране был открыт фонд Bulba Ventures, специализирующийся на искусственном интеллекте и машинном обучении. Фонд проинвестировал 3 проекта: Friendly Data, Rocket Body и Wannaby. При этом последний привлек заметную сумму в 2 млн долл. (кроме Bulba Ventures в раунде также принимала участие компания Haxus, специализирующаяся на компьютерном зрении и дополненной реальности для шопинга). Аналогичную сумму удалось собрать приложению для родительского контроля Nicola компании FaceMetrics от белорусского фонда VP Capital и российского Larnabel Ventures.

ИИ-продукты, разработанные в Беларуси, применяются в области здравоохранения, автомобильной промышленности, сельского хозяйства. Американский стартап Flo (приложение для контроля за женским здоровьем) основан белорусами и за два года привлек 18 млн инвестиций от партнеров фонда Mangrove Capital и фонда Flint Capital. В настоящее время приложение доступно на 20 языках на iOS и Android, а 60% его пользователей находятся в США и Европе.

Серьезных успехов добились инженеры компании MapData, минского R&D-офиса компании MapBox: они используют компьютерное зрение в задачах распознавания дорожной обстановки на видеопотоке. В минском офисе компании «Яндекс» разрабатывают решения для беспилотных автомобилей, распознавания речи, поисковых технологий. Стартап OneSoil помогает фермерам увеличить эффективность использования посевных площадей, планировать сельскохозяйственную деятельность и прогнозировать урожайность. Для этого задействуются нейронные сети, компьютерное зрение и алгоритмы машинного обучения, которые анализируют спутниковые снимки. За один год компания привлекла 500 тыс. долл. инвестиций от фондов Haxus, Bulba Ventures и инвесторов Юрия Мельничка и Лео Лознера [15].

Но особенно приятным является то, что в последние годы белорусами создаются высокоинтеллектуальные конкретные

практические продукты в очень сложных сферах, которые успешно продаются на мировом рынке. Вот некоторые примеры, касающиеся компьютерного зрения и графики. Известна компания AIMatter, один из продуктов которой – обработка изображений с помощью нейронных сетей, позволяющая выделить человека из фона с возможностью замены фона изображения. Компания MSQRD сделала приложение для наложения масок на лица в реальном времени. Это компьютерная графика. Такие разработки невозможно выполнить без серьезной математической подготовки.

Завершенных продуктов, разработанных отечественными IT-компаниями, становится все больше и больше, несмотря на трудность их построения. Во многом это работы в области компьютерной графики и обработки изображения, основанные на достаточно сложной математике. В этом успехе просматривается прочная связь трех важнейших компонентов: образования, современных научных результатов и развитой производственной базы. Если хотя бы одна из них будет отсутствовать, ничего не получится. Известно, что передовая наука требует больших денег, и ее могут себе позволить большие страны. Но мы стараемся в наших условиях проводить научные исследования в IT-сфере на мировом уровне.

Однако и без государственной поддержки и координации исследований по искусственному интеллекту не обойтись. Поэтому, на наш взгляд, стоит подумать о создании в Беларуси комитета или агентства по робототехнике и искусственному интеллекту. Эта структура может быть учреждена в составе НАН Беларуси или ГКНТ и могла бы осуществлять контрольно-надзорные функции в области робототехники и искусственного интеллекта, вести учет и статистику развития данной сферы.

Вместе с тем необходимо заняться формированием законодательной базы. Учитывая сложность проблемы внедрения систем ИИ в жизнь, на первой стадии развития законодательства в сфере искусственного интеллекта целесообразно разработать закон, касающийся робототехники, а на второй – внедрения систем ИИ. При этом следует учитывать этические нормы систем искусственного интеллекта. Следующим этапом должно стать принятие основ законодательства в данной сфере, например, в формате специального закона «О развитии ИИ (или робототехники)». После чего потребуются «пакетные» изменения в конкретных отраслях, где внедряются или ожидается внедрение роботов.

При разработке законодательства важно строить ИИ, который демонстрирует этичное поведение. Нужно понять и признать потенциальные этические и моральные риски, которые могут возникнуть при внедрении и использовании систем искусственного интеллекта.

Кроме того, для реализации обозначенных замыслов необходим междисциплинарный подход к изучению философских, экономических, правовых, политических и социальных аспектов применения ИИ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е издание,– М., 2016.
2. М.С. Абламейко, С.В. Абламейко. Правовое регулирование взаимодействия систем искусственного интеллекта и человека // «Наука и инновации». 2020. №1 (203). С. 40–44.
3. Российские вузы получат 600 млн руб. на обучение специалистов по искусственному интеллекту // https://academia.interfax.ru/ru/news/articles/6589/.
4. Курсы по искусственному интеллекту появятся в российских школах // https://academia.interfax.ru/ru/news/articles/6590/.
5. Студентов МГУ обязали проходить курс по искусственному интеллекту // https://www.rbc.ru/rbcfreenews/613b602d9a7947624274622 1?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com.
6. Д.И. Дубровский. Задача создания Общего искусственного интеллекта и проблема сознания // Философские науки. 2021. Т. 64. №1. С. 13–44.
7. Волобуев А.В., Воеводина Е.В., Ореховская Н.А., Иоселиани А.Д. Философские проблемы развития искусственного интеллекта. ГОРОД 2019.
8. Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии.– М., 2016.
9. Сильный искусственный интеллект. На подступах к сверхразуму / А.А. Ведяхин и др.; науч. ред. А.С. Потапов.– М., 2021.
10. С.В. Абламейко, М.А. Журавков. Математика и математики БГУ и Беларуси. 100 лет развития // https://elib.bsu.by/handle/123456789/264446.
11. IT-рынок Республики Беларусь // https://bikratings.by/wp-content/uploads/2020/12/it-rynok-respubliki-belarus-2.pdf.
12. П. Потапейко. Развитие искусственного интеллекта в ЕАЭС: взгляд из Беларуси // https://eurasia.expert/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-eaes-vzglyad-iz-belarusi/.
13. Толковый словарь «профессии/квалификации и специальности» //https://kudapostupat.by/speciality/id/498.
14. «Столица европейского AI»: в Беларуси больше 70 проектов в области искусственного интеллекта // https://dev.by/news/ne-tolko-maski-na-polnoy-karte-belorusskih-ii-proektov-bolshe-70-kompaniy.
15. Forbes: Беларусь становится мировым центром по разработке ИИ // https://tvnews.by/tech/13604-forbes-belarus-stanovitsja-mirovym-centrom-po-razrabotke-ii.html.

Статья поступила в редакцию 13.09.2021 г.

EdTech

ИМПЕРАТИВ БУДУЩЕГО

Образование – один из крупнейших в мире сегментов экономики, на долю которого приходится более 6% ВВП. К 2025 г. его совокупный объем на глобальном рынке, по прогнозу аналитиков ведущей международной платформы Holon IQ, изучающей рыночную конъюнктуру, составит 7,3 трлн долл. В эту сферу стремительно врываются новые технологии – Education Technologies (EdTech). Их часто отождествляют с онлайн-образованием, однако на самом деле данное понятие гораздо шире и включает в себя набор разнообразных цифровых инструментов, направленных на повышение эффективности получения знаний. Среди них следует назвать онлайн-школы и курсы; профильные приложения для смартфонов; VR-тренажеры; платформы корпоративного обучения; электронные системы, которые используются в образовательных программах; обучающее оборудование и технологии (интерактивные доски, компьютерные тренажеры-симуляторы для онлайн-программ); аналитику эффективности образования, данные для которой собираются высокотехнологичными способами [1].

Несмотря на многообразие и колоссальный потенциал EdTech-технологий, их составляющая в сферу образования пока невелика – всего около 4%. В числе крупнейших компаний следует назвать 2U, Alphabet, China Education Group, Coursera, Duolingo, Gaotu Techedu, Hope Education Group, Instructure, Microsoft, Age of Learning, Blackboard, Byju's, Huikedu Group и др.

По данным аналитического ресурса GlobalData, в 2019 г. этот рынок увеличился более чем на 10%, и в дальнейшем его доходы будут ежегодно расти такими же темпами. Как подтверждает практика, роль новых технологий в обучении – не краткосрочная альтернатива традиционному образованию, а фундаментальный долгосрочный императив, доказавший свою жизнеспособность.

Проблемы EdTech

При многих положительных моментах, растущей популярности и расширяющихся возможностях EdTech на пути их внедрения возникает немало проблем. Основная из них – аффирмация ценности онлайн-образования, поскольку бытует мнение, что оно поверхностно, менее содержательно, чем полученное в очной школе, и, соответственно, менее престижно. Однако, как свидетельствует опыт наиболее авторитетных компаний этого сегмента рынка, EdTech-проекты неуклонно совершенствуются и гарантируют полноценный кейс знаний для студентов и школьников, а также высокий уровень повышения квалификации и даже возможность смены профессии. Но чтобы завоевать доверие потребителей, нужно приложить немало усилий для укрепления авторитета онлайн-образования, иначе ему будет сложно удерживать свои позиции на рынке.

Вторая проблема – необходимость постоянного совершенствования форм передачи знаний. Если в первое время EdTech-проекты были всего лишь онлайн-вариантом классического обучения, то сегодня приходится постоянно искать новые способы взаимодействия преподавателя со студентами, используя элементы геймификации, интерактивы, симуляторы и другие новации.

На повестке дня также остро встает вопрос о социализации обучающихся, так как они лишены важной части образовательного процесса – общения со сверстниками. Поэтому основной задачей EdTech-проектировщиков становится создание комьюнити и организация новых форматов коммуникации между слушателями курса, потоками и другими группами обучающихся. Для этого школы используют чаты Дискорд или Слак, а также улучшают возможности собственных образовательных систем.

Поскольку социальные сети и электронные игры прочно завладели вниманием аудитории практически всех возрастных групп, EdTech-компаниям необходимо вырвать их из среды развлечений и мотивировать на онлайн-учебу. Причем процесс получения знаний должен быть интересным и увлекательным, а результат – качественным.

Серьезная проблема, которую предстоит решить,– повышение количества студентов, про-

шедших полный курс обучения. Этот показатель называют метрикой прохождения или Completion Rate, и он напрямую связан с недоработками онлайн-платформ. Важно сделать цифровые ресурсы максимально эффективными и доступными, чтобы привлекать как можно больше клиентов и избегать их оттока. При этом необходимо руководствоваться постулатом о том, что выпускник, завершивший программу, скорее всего продолжит свое образование в дальнейшем, а тот, кто бросил его на полпути, вряд ли еще раз обратится за поддержкой к EdTech [2].

Тренды в сфере EdTech

Пандемия и последующая за ней самоизоляция населения способствовали появлению множества новых цифровых образовательных продуктов, нацеленных на разную аудиторию. К примеру, для взрослых были разработаны курсы повышения квалификации, программы, помогающие сменить сферу деятельности, для школьников – новые формы онлайн-обучения с игровыми элементами, для пенсионеров – продукты, способные повысить их цифровые навыки. EdTech-индустрия претерпевает постоянные изменения, особенно это касается образовательных платформ. Если раньше для проведения занятий достаточно было видеозаписи с «говорящей головой», то теперь этот процесс становится более разносторонним и многофункциональным. Нередко его переводят в мобильную плоскость, проводя онлайн-уроки на экране смартфона. Там же с использованием специальных приложений можно сдавать и промежуточные тесты, с помощью которых легко отслеживать уровень полученных знаний, включаться в соревнование по успеваемости с другими учащимися, а также получать уведомления с напоминаниями и советами. Собственные приложения есть у таких игроков рынка, как Skysmart, Coursera, Фоксфорд, English Dom и др.

Очевидный тренд, отмеченный экспертами: образование стало модным. В период пандемии у людей появилось свободное время, и они стали тратить его на получение новых знаний, что нашло соответствующий отклик в сфере предложений – многие компании в ответ на усиливающийся спрос запустили новые образовательные платформы. В данный момент эта экспонента находится на подъеме, демонстрируя хорошие показатели роста.

Дистанционные школы, предлагающие качественный и ценный образовательный продукт, начинают конкурировать с традиционным обучением и репетиторами, увеличивается количество детских обучающих онлайн-платформ, ставших хорошим подспорьем для многих родителей во время действия карантинных ограничений. Полезные занятия для малышей от 2 лет приобрели заслуженную популярность, и спрос на них сохраняется, поэтому, по оценкам специалистов, уже в ближайшем будущем нас ждет дальнейшее развитие таких приложений.

С приходом в сферу EdTech крупных игроков, таких как холдинг Mail.ru Group и медиагигант Яндекс, началось создание многопрофильных обучающих платформ. Если раньше онлайн-школа специализировалась на одном направлении, например программировании или иностранных языках, то сегодня количество EdTech-продуктов значительно увеличилось. Крупные проекты поглощают более мелкие, компании сливаются (например, Skillbox и GeekBrains скоро станут одним глобальным университетом), открываются новые курсы. Скорее всего, в этой конкуренции выживут сильные игроки, освоившие несколько дисциплин и способные быстро реагировать на запросы рынка.

Еще одна важная тенденция, наметившаяся в EdTech-сфере – слияние онлайн- и офлайн-формата в одном образовательном продукте и развитие смешанного обучения. За время пандемии многие устали от дистанционки и с радостью возобновили занятия в классах. В то же время педагогами и учениками отмечены широкие возможности технологий EdTech-обучения, которые будут в дальнейшем использоваться на обычных занятиях. Бесспорно одно: преимущества обоих способов передачи знаний значительно усилят образовательную компоненту и обеспечат более гибкие и привлекательные методы работы с аудиторией.

Персонализация образования также будет активно применяться в EdTech, ведь у каждого студента своя скорость изучения материала, поэтому онлайн-школы должны учитывать эту особенность. Искусственный интеллект и технологии машинного обучения уже помогают пользователям выбирать подходящие фильмы и музыку, а скоро смогут формировать индивидуальные образовательные траектории под каждого студента.

Кроме перечисленных, в сфере EdTech прослеживается тенденция к образовательным развлечениям и обучению на протяжении всей жизни. Это означает, что продукты онлайн-школ должны не только соответствовать современным и актуальным профессиям, но и предлагать в понятном и доступном формате очередной курс. Другими словами, их задача – не заставить студента учиться

самостоятельно, а предоставить ему возможности для развития и совершенствования. Современные EdTech-платформы являются такими площадками, а в ближайшее время они продолжат трансформироваться с учетом запросов потребителей.

Новые образовательные инструменты

Платформа GlobalData выделила технологии, которые больше остальных влияют на сферу образования:

- *искусственный интеллект: помогает создавать контент, настраивать процессы обучения, оценивать успеваемость, обеспечивать общение в реальном времени. Технологии ИИ лежат в основе многих учебных процессов – проверке домашних заданий, настройке индивидуальных уроков, наставничестве, отслеживании успеваемости и прогнозировании проблем;*
- *управление данными: при онлайн-обучении они приобретают первостепенное значение для преподавателя, поскольку живое общение с учениками невозможно. Инструменты обратной связи и коммуникации, встроенные в системы управления образованием (LMS) в сочетании с аналитикой, позволяют лучше оценивать результат и оптимизировать процесс;*
- *гибридное обучение: переход в смешанный формат обеспечивает оперативное реагирование на возможность сбоев в работе цифровых платформ, а также гибкость проведения занятий;*
- *программное обеспечение для инклюзивного образования: весьма востребовано для учащихся с особенностями и инвалидностью. Согласно отчету Британского педагогического колледжа, 66% из них не участвуют в онлайн-обучении из-за нехватки мотивации и самоорганизации, а также необходимости логопедической коррекции;*
- *кибербезопасность: переход на дистанционное обучение выявил серьезную угрозу хакерских атак на образовательные учреждения, в связи с чем необходимы технологии, повышающие онлайн-защищенность;*
- *виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальности: многие обучающие программы могут перейти к экспериментальным формам работы с использованием этих технологий, создавая привлекательную среду для учащихся, вводя условные элементы и ситуации. Это помогает преподавателям и учащимся выполнять задачи виртуально, а не пытаться визуализировать теоретические концепции;*
- *управление пулом технологий: обеспечение поддержки, доступа и новых функциональных требований, включая базы данных и облачные сервисы;*
- *технологии прокторинга: необходимы для процедуры контроля за ходом дистанционного испытания при проведении онлайн-экзаменов. Многие такие системы используют автоматическое распознавание или обнаружение лиц, часто в сочетании с видеонаблюдением из разных источников [3].*

Кроме отмеченных EdTech в сферу образования все активнее проникают облачные приложения и вычисления. Подключение и совместная работа, обеспечиваемые ими, позволяют образовательным компаниям и учреждениям настраивать и совместно использовать файлы, приложения и ресурсы мультимедиа для обеспечения наиболее результативной работы. Для поддержания интереса, повышения мотивации и вовлеченности учащихся в процесс обучения необходимо расширять использование робототехники и игрового программного обеспечения. С их помощью развиваются визуальные навыки, а также активизируется общение со сверстниками. Казалось бы, такая далекая от сектора образования технология, как блокчейн, тоже найдет здесь применение как жизнеспособная и экологичная альтернатива бумажным копиям дипломов. Не стоит исключать из арсенала EdTech и такие, казалось бы, привычные девайсы, как электронные книги, носимые технологии, персональные устройства. Оснащенные множеством интерактивных функций, они по-прежнему выступают в качестве эффективных учебных ресурсов обучения.

Эксперты и аналитики сходятся во мнении, что к изменениям индустрию подталкивают глобальные вызовы, и пандемия – не единственный из них. Так, известно, что к 2050 г. в мире будет на 2 млрд больше выпускников школ, вузов и других учреждений, чем сегодня. Без фундаментальных изменений в области подходов, инфраструктуры и бизнес-моделей образовательная система не справится с растущей из года в год нагрузкой, и онлайн-обучение и другие сегменты EdTech продолжат экспоненциальный рост в течение ближайших лет. НИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Edtech – Thematic Research // https://store.globaldata.com/report/edtech-thematic-research/.
2. Тренды EdTech: платформы, проекты, продукты // https://ratingoff-schools.com/blog/trendy-edtech-platformy-proekty-produkty.
3. Дайджест EdTech // https://sberuniversity.ru/edutech-club/pulse/tekhnologii/21226/?utm_source=email&utm_medium=organic&utm_campaign=edutech-digest&utm_content=20&utm_term=31_03_2022.

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

СТИМУЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ АНАЛИЗ

Лариса Тригубович,
проректор по учебной работе Республиканского института повышения квалификации и переподготовки работников Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, кандидат экономических наук, доцент

УДК 338.001.36

Реализация стратегии инновационного развития национальной экономики неизбежно сопровождается существенными преобразованиями в социальной структуре общества, политических решениях, психологической оценке действительности, повседневной жизнедеятельности граждан. Пандемия коронавируса COVID-19 и сопровождающий ее экономический кризис наглядно продемонстрировали зависимость экономического благополучия стран и их населения от готовности к новым технологическим вызовам и от характера использования современных технологий. В этой связи представляет интерес исследование изменений мировых инновационных приоритетов, определение общих тенденций государственной инновационной политики, проявившихся в современных условиях, а также анализ инструментов управления, эффективных для обеспечения инновационного развития экономики в новых реалиях.

Современные подходы к стимулированию инновационных процессов

Как известно, фундамент инновационной экономики формирует конкурентоспособная и динамично развивающаяся наука, которая генерирует новые знания, открывает новые технологические возможности, выступает важнейшим источником информации. При этом и мировой опыт, и отечественная практика показывают, что для обеспечения заданной инновационной траектории важен не столько масштаб исследовательских и научно-технологических работ, сколько качество и эффективность взаимодействия науки с промышленной и социальной сферой, восприимчивость которой к инновациям обеспечивает рост производительности труда и повышение уровня жизни населения. Другими словами, результативность мер стимулирования инновационных процессов в экономике проявляется в текущей деятельности предприятий и организаций, в их готовности и активности к внедрению в реализуемые процессы научно-технических достижений, инновационных технологий и методов. Именно этот фактор позволяет занимать и удерживать передовые позиции в условиях гиперконкуренции, обусловленной стремительным развитием научно-технического прогресса.

Особенно остро задача повышения эффективности использования инновационных идей, технологий и процессов встает в кризисных условиях, когда на первый план выходят критические вопросы обеспечения стабильности и безопасности функционирования экономики. Примером может служить специфика инновационного поведения государств и венчурных инвесторов в период эпидемии коронавирусной инфекции и связанного с ней глобального экономического кризиса. Многие страны вкладывают многомиллиардные инвестиции в «инновационный рывок», в растущие технологические области науки (медицину, биотехнологии, информационные технологии, робототехнику, атомную, альтернативную и возобновляемую энергетику). Причем данные вложения в качестве ключевой антикризисной меры рассматривают не только ведущие страны мира (США, Япония), но и активно развивающиеся (Китай, Бразилия, Индия).

Как отмечают международные эксперты, «коронавирус стал триггером, который запустил те общемировые проблемы, которые накапливались на протяжении некоторого времени. Поэтому те тектонические сдвиги, которые происходят, несут более долгосрочный характер, чем пандемия» [1].

Анализ международной практики управления инновационным развитием экономики показал, что в различных странах государством используются разные инструменты стимулирования инновационных процессов, но имеются и общие черты. Так, базовым фактором для создания инноваций выступает перспективный спрос, а сами они стали в большей степени ориентированы на рынок, на производство новых или повышение потребительской ценности наиболее востребованных товаров и услуг (в Европейском союзе на улучшенные продукты приходится более 30% оборота). Прямое государственное финансирование преимущественно направлено на решение критических задач и на рискованные крупномасштабные проекты, имеющие важное социальное значение. Кроме того, активно применяются меры по расширению и углублению взаимодействия и сотрудничества между участниками инновационных процессов, в первую очередь между наукой и промышленностью [2].

Согласно нашим исследованиям, важнейшим фактором, влияющим на формирование системы управления инновационной экономикой, является стратегическое видение государства необходимости трансформации национальной экономической системы в рамках международного сотрудничества с учетом специфики функционирования реальных и потенциальных партнеров. Этот процесс предопределен усилением глобализации и интеграционными процессами. При этом считаем важным отметить тот факт, что целевые установки развития стран направлены не только и не столько на достижение лидерства, сколько на планомерное обновление технологической и организационной структуры экономики при активной роли государства и заинтересованном участии бизнеса и общества. Следовательно, можно утверждать, что современные модели управления инновационными процессами ориентированы на такую трансформацию социально-экономической системы, которая обеспечивает интенсификацию интеллектуального и технологического насыщения производственной

и социальной сферы при сохранении социальной значимости человеческого потенциала.

В ходе исследования нами была предпринята попытка выявить общие принципы построения инновационной политики и инструменты стимулирования инноваций в странах мира в зависимости от уровня развития экономики. Гипотеза о существовании такой зависимости не подтвердилась. Сформированные к настоящему времени национальные НИС имеют существенные отличия, в них используются принципиально разные подходы к созданию инноваций и управлению реализацией инновационных циклов в зависимости от собственного стратегического видения и приоритетов, с учетом экономико-географического положения, инфраструктурного и институционального потенциала, участия в международных цепочках создания стоимости и др. При этом государства с существенно разным уровнем ВНД на душу населения и затратами на НИОКР сопоставимы по объему высокотехнологичного экспорта (например, согласно данным Всемирного банка за 2018 г., Вьетнам при ВНД на душу населения 2540 долл. и наукоемкостью ВВП 0,4% обеспечивает экспорт высокотехнологичной продукции в объеме 9 млрд долл., или 40,4% всего экспорта страны; в Голландии соответствующие величины составляют 53 200 долл.; 2,2%; 8,71 млрд долл., или 23% экспорта; в Малайзии – 11 200 долл.; 1,3%; 8,66 млрд долл., или 51,8% экспорта) [3].

Анализ тенденций развития международного инновационного пространства демонстрирует существенную неоднородность и дифференцированность стран по степени участия в инновационных процессах и динамике расходов на исследования и разработки. В частности, странами экономического авангарда реализуются звенья инновационной цепочки с наибольшей добавленной стоимостью, а то время как развивающиеся страны используются в основном как источники дешевых ресурсов. Ключевую роль в формировании инновационной картины мира играют транснациональные корпорации (ТНК), что обусловливает усиление интернациональной составляющей НИОКР, значимости международного аутсорсинга инноваций, прямых иностранных инвестиций [4].

Ключевую роль в управлении инновационным развитием экономики играет повсеместное внедрение информационно-коммуникационных технологий, которые определяют специфику производства товаров и услуг и изменяют требования к квалификации работников. Применение ИКТ повышает производительность в различных видах экономической деятельности, сокращает транзакционные издержки, упрощает сотрудничество участников инновационных процессов за счет возможностей сетевого взаимодействия. Соответственно, именно в эту область вкладывается наибольший объем инвестиций (США, Япония, Ирландия). В странах ОЭСР наблюдается стимулирование государством технологической интенсификации сектора услуг, в первую очередь ИКТ. Речь идет о насыщении информационными новациями таких секторов, как финансовые и бизнес-услуги, транспорт, логистика, оптовая и розничная торговля, связь. Данные тенденции значительно усилились в 2020–2021 гг. Вторым значимым направлением инвестирования в мире являются нематериальные активы (сфера образования, НИОКР), что закономерно, так как разработка и использование новых технологий требуют соответствующего кадрового обеспечения.

Пандемия коронавируса COVID-19 стала причиной беспрецедентного спада в глобальной экономике, при этом прорывные технологии сохранили свой инновационный потенциал. Основные изменения связаны с ранжированием мировых инновационных приоритетов с точки зрения их критической значимости для форсированного роста секторов и видов экономической деятельности. Так, фармацевтика и биотехнологии наряду с ИКТ вышли на первые позиции и стали крупнейшими направлениями инвестирования в НИОКР для активизации развития здравоохранения. Цифровые технологии в условиях пандемии коренным образом изменили потребительские предпочтения в таких традиционных отраслях, как образование, торговля, общественное питание, туризм. Соответственно, масштабное использование инноваций влечет за собой реструктуризацию производственных процессов и трансформацию не только внутреннего, но и мирового рынка труда.

Изучение научной литературы, посвященной межстрановым сопоставлениям реализации инновационных процессов, показало, что в мире существенно изменилась география

инноваций. Так, в предыдущий период экономического развития общий тон задавали передовые государства, крупнейшие компании которых с целью снижения себестоимости размещали свои научно-конструкторские разработки и производственные мощности в развивающихся странах. Выпускаемая в них инновационная продукция предопределила рост образовательного, научного и исследовательского капиталов и привела к созданию новых центров инновационного потенциала. Главными условиями его раскрытия в данном случае стали наличие и доступность необходимой инфраструктуры, а также международная кооперация. Именно эти факторы, наряду с созданием эффективной нормативно-правовой базы и механизмов стимулирования инноваций, определяют «правила игры» и обеспечивают эффективность во взаимодействии экономических субъектов, в том числе в привлечении необходимых ресурсов и поддержке инновационных процессов со стороны международных финансовых институтов [5].

Представляет интерес исследование специфики стимулирования инновационных процессов в отдельных странах – лидерах мирового рейтинга Глобального индекса инноваций, которые не снизили своих позиций в условиях коронакризиса и постковидной экономики.

Соединенные Штаты Америки

Ключевыми принципами инновационной политики США, предопределившими ее эффективность, являются адресность поддержки субъектов хозяйствования, многообразие инструментов прямого и косвенного стимулирования инноваций, а также особое внимание, которое сосредоточено правительством страны на инфраструктурной составляющей инновационного развития. Функционирование механизма диффузии инноваций как основного фактора экономического роста обеспечивает программа поддержки промышленности Manufacturing USA. В ее рамках посредством скоординированной деятельности трех министерств (Министерства торговли, Министерства обороны и Министерства энергетики) и 14 частных институтов определяются направления инвестирования и объемы финансирования совместных межотраслевых проектов, обеспечивается результативность взаимосвязей и стимулирования субъектов экономики, организуется обучение населения необходимым новым производственным навыкам. Всего в реализации программы задействовано около 2 тыс. предприятий крупного и малого бизнеса, научных и образовательных учреждений. Это позволяет решать сложные и актуальные задачи, стоящие перед экономикой, в том числе связанные с изменением рынка труда и сокращением занятости в промышленности, обусловленными внедрением новейших разработок и ростом производств с высокой степенью наукоемкости. В целом такой подход стимулирует развитие конкуренции участников НИС и снижает зависимость их деятельности от проявления экономических дисбалансов.

Эффективность управления инновационными процессами в США подтверждается динамикой показателей, характеризующих экономический рост. Так, при том, что доля национальной промышленности в стране планомерно сокращается (с 16,2% в 2010 г. до 14,2% в 2019 г.), а в мировой экономике колеблется незначительно (16,3–16,6%), вклад этого сектора в ВВП страны вырос в 1,2 раза (с 7861,8 млрд долл. в 2010 г. до 9278,1 млрд в 2019 г.). Стабильную динамику роста демонстрирует и показатель промышленности на душу населения (соответственно 7861,8 и 9278,1 долл.) [6].

По данным исследования, проведенного совместно аналитиками PwC и CB Insights, даже на фоне кризиса, вызванного COVID-19, и существенного снижения в мире инновационной активности венчурные инвестиции в США в 2020 г. составили 130 млрд долл. (заключено 6022 сделки), что на 14% больше, чем годом ранее. В 2018 г. они были 122 млрд долл. (7052 сделки), в 2019 г.– 111,8 млрд (6599 сделок). Интересной тенденцией является готовность венчурных инвесторов к реализации масштабных рисковых проектов (с объемом финансирования от 100 млн долл.), в то время как общее количество сделок уменьшается (2020 г.– 318, 2019 г.– 220, 2018 г.– 200). В 2020 г. на гигантские проекты было потрачено более 63 млрд долл., что составило почти половину от всех выполненных проектов [1].

Европейский союз

Основным инструментом реализации инновационной политики ЕС является инно-

вационный потенциал стран-участниц и развитие в Европе трансграничных высокотехнологичных кластеров, в рамках которых происходит обмен опытом, объединение знаний, выявление партнеров для выхода на новые рынки. В качестве примеров эффективной реализации кластерной политики можно назвать совместную программу Швейцарии, Германии и Франции Bio Valley Basel в области биотехнологий.

Германия, лидер Инновационного индекса Bloomberg в 2020 г., традиционно основную роль в инновационном развитии экономики отводит производственному сектору, в первую очередь автомобильной промышленности (на ее долю приходится около трети расходов на исследования и разработки). В то же время в изменившихся условиях страна учитывает риски дальнейшего углубления избранных компетенций, поскольку интересы мирового сообщества повсеместно смещаются на проблемы сферы услуг, загрязнения окружающей среды, повышение качества жизни стареющего населения. Соответственно, в Германии государственные интересы фокусируются на формировании благоприятной среды для инноваций в сфере высшего образования. Ключевой задачей признано обеспечение взаимосвязанности и взаимообусловленности образовательной, исследовательской и инновационной политики. Это отражено в стратегических целях инновационного развития страны, изложенных в Стратегии высоких технологий 2025 (HTS2025), где предусмотрено увеличение расходов на НИОКР в ВВП до 3,5% к 2025 г. и на 10% – на образование. В настоящее время Германия занимает 1-е место из 189 в мировом рейтинге по индексу уровня образования [7].

В Швеции главным инструментом стимулирования инновационных процессов выступает их прямое финансирование, о чем свидетельствует стабильно высокий уровень вложений в НИОКР (3-е место в мировом рейтинге ГИИ 2019 г. по данному показателю). Особенностью инновационной политики государства является опора на интернационализацию деятельности и создание транснациональных компаний, что в полной мере позволяет реализовать инновационный потенциал в зарубежных филиалах за счет привлечения дополнительных природных, финансовых и трудовых ресурсов, не доступных в своей стране. Именно на ТНК (Alfa Laval, Electrolux, Ericsson, IKEA, Scania, Tetra Pak, Volvo) приходится значительная доля затрат на НИОКР. Активно участвуют в создании инноваций и субъекты банковского сектора (Skandinaviska Enskilda Banken, Handelsbanken, Swedbank).

Значимыми инструментами стимулирования инновационных процессов в Швеции являются госзакупки, государственные гарантии, реализация различных грантов и программ, что способствует установлению доверия к государству как гаранту инновационной деятельности при выполнении долгосрочных проектов. Налоговые льготы и каникулы, кредиты для научных и инновационных организаций, широко представленные в других странах, здесь используются в гораздо меньшей степени, чем прямое стимулирование инноваций.

В качестве драйвера формирования и развития банка инновационных идей в Швеции рассматривается целенаправленное совершенствование системы профессионального образования. По его уровню страна занимает 10-е место из 189 в рейтинге Education Index 2020. Специфика шведского подхода в данном случае заключается не только в повышении качества образовательных программ подготовки и переподготовки кадров, соответствующих проводимым инновационным преобразованиям в различных видах экономической деятельности, но и в создании систем мотивации персонала, формирующих его потребность в непрерывном обучении и самообразовании. Такая направленность государственной политики стимулирует предпринимательскую активность, создание и продвижение инновационных идей [8].

Израиль

В инновационной политике страны основное внимание уделяется:

- *активной прямой поддержке НИОКР и международных научно-экономических проектов (объем расходов на НИОКР составляет 5% ВВП – 1-е место мирового рейтинга);*
- *формированию наукоемких образовательных программ в университетах страны (это повышает престиж научной деятельности, активизирует научный поиск, способствует выявлению и поощрению индивидуальных способностей талантливой молодежи и реализации большого количества стартапов);*

- *непосредственному участию армии Израиля в проведении научных исследований.*

Стимулирование инновационной деятельности в стране базируется на создании и развитии научных парков и технологических бизнес-инкубаторов с государственным и частным финансированием, а также сетей консультационных услуг. Их деятельность курируется техническим комитетом в составе руководителей профильных предприятий, а также представителей заинтересованных высокотехнологичных отраслей промышленности, ведущих ученых университетов и научно-исследовательских институтов. Такой формат позволяет находить наиболее перспективные сферы вложения капитала и обеспечивает тесное взаимодействие субъектов инновационной инфраструктуры с конкретной областью производства и общественной жизни. Как правило, в каждом инкубаторе одновременно реализуется 10–15 проектов.

Высокую эффективность инновационной политики Израиля предопределяет активное использование новейших достижений науки для обеспечения нужд и развития армии и адаптация военных технологий к потребностям гражданской сферы. Страна – ведущий мировой производитель современного военного оборудования, и активная работа по совершенствованию вооружений здесь выступает катализатором технического прогресса. При этом правительством осуществляется тесная межотраслевая взаимосвязь, что позволяет использовать разработки, выполненные по заказу военного ведомства, в народном хозяйстве. Кроме того, понимание важности реализуемых НИОКР и значимость решения военно-технических задач формирует специфическую культурную среду и способствует поддержанию высокого уровня гражданского производства.

Данный фактор находится в основе стратегии формирования внешнеторговой политики Израиля. Среди ключевых экспортируемых продуктов гражданского назначения, созданных на базе успешных военных разработок, следует назвать аэрокосмические устройства, устройства для систем телекоммуникации, охранное, медицинское оборудование (эндоскопические аппараты, приборы инвазивной диагностики, диагностические камеры-таблетки) и др. [9].

Япония

Особенностью государственной политики по стимулированию инноваций, реализуемой этой страной, являются жесткие меры по защите интеллектуальной собственности и недопущению утечки инновационных идей и кадров за рубеж. Данный принцип лежит в основе японской модели достижения технологического лидерства: за счет активного целенаправленного развития конкретных технологий и их широкого внедрения в народное хозяйство обеспечиваются конкурентные преимущества и достигается целевой уровень технологического превосходства. При этом государственная поддержка предусматривает сжатые сроки инженерно-конструкторских разработок и производственного освоения, а также обеспечение высочайшего качества выпускаемой продукции.

При этом стимулирование инновационных процессов осуществляется в косвенной форме – посредством налоговых льгот, государственных заказов, низких процентных ставок по кредитам на НИОКР. Только 19% выполняемых НИОКР в стране финансируется за счет средств госбюджета. В основном это фундаментальные исследования и проекты, имеющие высокую социальную значимость.

Стратегическое видение инновационного преобразования национальной экономики определено документом «На пути к процветающей и энергичной Японии», принятым в 2015 г. В нем в качестве базовых факторов инновационной активности определены не прорывные, а долгосрочные инновации, на которых основана программа развития промышленности. Целенаправленный рост экономики обеспечивается за счет жесткого централизованного контроля выполнения плановых задач в рамках принятых инновационных программ. Ежегодный мониторинг их реализации позволяет своевременно при необходимости модифицировать временные рамки и бюджеты выполняемых проектов. Также данный документ предусматривает инвестирование в творческие инициативы детей и молодежи для формирования инновационной культуры общества. С этой целью в школьных и университетских программах обучения предусмотрена система мер по реализации и поддержке творческих инициатив с их экспертизой и оценкой, что содействует выявлению выдающихся

талантов, значимых идей, развитию междисциплинарных и комплексных областей знания. Это позволяет диверсифицировать исследовательские запросы общества и планомерно формировать карьерные интересы молодых новаторов.

Стимулируется инновационная активность в Японии и с помощью мер по устранению межведомственных барьеров для работников научных учреждений и университетов, участвующих в проектах, финансирования государственными и общественными фондами исследовательской деятельности, а также обеспечения тесной кооперации органов государственной и ведомственной власти по инкорпорации идей, проектов, разработок и результатов НИОКР при формировании и корректировке соответствующих бюджетов [10, 11].

Пандемия 2020 г. стала самым серьезным вызовом для экономики Японии со времен Второй мировой войны. Пакет антикризисных мер, разработанный правительством, является одним из крупнейших в мире по затратам, составившим около 1,1 трлн долл. Предпринятые мероприятия предусматривают не только экстренную поддержку экономики в период глубокого кризиса, но и фазу восстановления, в рамках которой планируется стимулировать спрос в условиях происходящих структурных изменений экономики, обусловленных эпидемией и кризисом. В качестве магистральной траектории развития инновационной сферы страны выбраны индустрия робототехники (мировой объем производства Японией промышленных роботов составляет более 50%, 1-е место в мире), а также жизнесберегающие (профилактика, диагностика и лечение заболеваний, геронтология) и зеленые инновации (развитие энергосберегающих технологий и альтернативных видов энергетики) [12].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. В современных условиях эффективность реализации экономической политики в странах мира обеспечивается согласованностью управленческих действий, касающихся инновационного, экспортного и социального развития. Совокупность таких решений определяет как место государства в международном распределении инновационного потенциала, так и готовность общества к осуществлению деятельности в новых условиях. Пандемия коронавируса и связанный с ней мировой экономический кризис актуализировали значимость новых факторов, которые оказывают существенное влияние на результативность мер управленческого воздействия в инновационной сфере: во-первых, это безусловное решение критических задач, являющихся базой устойчивого функционирования экономики и обеспечения национальной безопасности; во-вторых, интернациональная природа научно-технического прогресса; в-третьих, социально-психологический характер диффузии инноваций. Влияние данных слагаемых определяет интенсивность инновационных процессов, характер социально-экономического развития страны, что, в свою очередь, объективно требует поиска новых методов, стратегий и направлений совершенствования инновационного механизма в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Венчурные инвестиции в США // https://www.tadviser.ru/index.php.
2. В.Э. Соколенко. Опыт развития инновационной деятельности в странах ОЭСР // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Том 8, №9 А. С. 293–308.
3. Статистическая база данных Всемирного банка // http://www.worldbank.org/.
4. Смирнов Е.Н. Инновационный механизм развития экономики Европейского союза: автореф. дисс. … д-ра экон. наук: 08.00.14.– М., 2015.
5. Ерошкин А.М., Петров М.В., Плисецкий Д.Е. Финансирование инновационного развития [текст]: теория и практика.– М.; С-Пб, 2012.
6. Ланьшина Т.А. Эволюция национальной инновационной системы США и особенности ее развития в XXI веке: автореф. дисс. канд. экон. наук: 08.00.14. – М., 2017.
7. Hightech-Strategie 2025 // https://www.hightech-strategie.de/de/hightech-strategie-2025–1726.html.
8. Н.В. Захарова, А.В. Лабудин. Формирование инновационной экономики в Швеции: особенности и перспективы // Управленческое консультирование. 2019. №10. С. 37–48.
9. С.Н. Ефимушкин, Г.А. Сажаева. Инновационный путь развития экономики Израиля (мировой опыт) // Вопросы инновационной экономики. 2016. Т. 6, №4. С. 387–397.
10. Н.П. Климова. Финансовое стимулирование инноваций: опыт Японии // Научный альманах. 2015. №8 (10). С. 215–218.
11. В.Г. Швыдко. Изменения в системе государственной поддержки науки и инноваций в Японии // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №9(40). С. 76–79.
12. Перцова В. Невидимая революция: как пандемия стала «новым Чернобылем» для развития робототехники // https://www.forbes.ru/forbeslife/416517-nevidimaya-revolyuciya-kak-pandemiya-stala-novym-chernobylem-dlya-razvitiya.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

Алексей Чечко,
заместитель директора
по научно-инновационной работе
Центра системного анализа
и стратегических исследований
НАН Беларуси,
кандидат экономических наук

Организация научной и научно-технической деятельности определяется характером инновационного развития как процесса, изменяющего структуру экономических отношений и условия для расширенного воспроизводства экономических систем. Ее способы, формы и интеграции со звеньями инновационного цикла во многом определяют выбор эффективных государственных механизмов регулирования научной сферы, направленных на изменение масштабов, структуры, географии и уровня результативности в инновационном секторах.

По данным международных исследований, глобальные расходы на научно-технологические разработки за 2006–2018 гг. имеют положительную динамику роста. Согласно результатам проведенного анализа, в странах с высоким уровнем развития происходит устойчивое увеличение объемов НИОК(Т)Р. Несмотря на некоторое замедление динамики в 2010, 2011 и в 2013 гг., наблюдается общая тенденция увеличения валовых расходов на НИОК(Т)Р с 1,1 трлн долл. по паритету покупательной способности в 2006 г. или 1,98% к мировому ВВП, до 2,27% мирового ВВП или 2,23 трлн долл. в 2018 г. [1–3]. Следовательно, высокий уровень экономического развития в сочетании с фактором увеличения расходов на науку обусловливает рост результативности в инновационной сфере. На это указывают результаты рейтингов инновационных экономик мира Bloomberg Innovation Index и Глобальный индекс инноваций (ГИИ) *(табл. 1)*.

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют, что страны, занимающие наиболее высокие позиции (Германия, Южная Корея, Сингапур, Финляндия, Швейцария, Израиль и др.), обеспечивают более эффективное управление процессом преобразования научного и научно-технического потенциала в результаты инновационной деятельности. Это приводит к выводу, что расширение высокотехнологического сектора в национальной экономике является следствием эффективной организации научной деятельности и ее интеграции со звеньями инновационного цикла. Результаты исследования «Глобальные лидеры

инноваций» (Global Innovation 1000 Study) на протяжении трех пятилетних периодов в 2003–2007, 2008–2012 и 2013–2017 гг. также подтверждают эту тенденцию [6]. Согласно прогнозу международных организаций, рост глобальных расходов на НИОК(Т)Р должен сохраниться. Это объясняется инвестиционной привлекательностью сферы НИОК(Т)Р как основы инноваций в перспективе.

Таким образом, влияние фактора повышения качества организации научной деятельности в современных условиях на процессы интеграции научной и инновационной сфер отражается в новых возможностях для коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности и создании условий для дальнейшего развития инновационного бизнеса, а также производства продукции с высокой долей добавленной стоимости. Исходя из этого приобретают особую актуальность направления исследований, связанные с выбором организационных форм научной деятельности.

Методический инструментарий, отвечающий требованиям интегрированности в систему управления научной сферой и адаптации

Страны	Индекс инноваций Bloomberg					Глобальный индекс инноваций				
	2016 (из 50 стран)	2017 (из 50 стран)	2018 (из 60 стран)	2019 (из 60 стран)	2020 (из 60 стран)	2016 (из 128 стран)	2017 (из 127 стран)	2018 (из 126 стран)	2019 (из 129 стран)	2020 (из 131 страны)
Австрия	13	12	12	12	11	20	20	21	21	19
Бельгия	16	13	14	13	14	23	27	25	23	22
Великобритания	17	17	17	18	18	3	5	4	5	4
Германия	2	3	4	2	1	10	9	9	9	9
Дания	9	8	8	11	8	8	6	8	7	6
Израиль	11	10	10	5	6	21	17	11	10	13
Ирландия	15	16	13	14	16	7	10	10	12	15
Италия	26	24	20	21	19	29	29	31	30	28
Нидерланды	18	15	16	15	13	9	3	2	4	5
Норвегия	14	14	15	17	17	22	19	19	19	20
Финляндия	7	5	7	3	7	5	8	7	6	7
Франция	10	11	9	10	10	18	15	16	16	12
Швейцария	5	4	5	4	4	1	1	1	1	1
Швеция	3	2	2	7	5	2	2	3	2	2
Австралия	20	18	18	19	20	19	23	20	22	23
Сингапур	6	6	3	6	3	6	7	5	8	8
Южная Корея	1	1	1	1	2	11	11	12	11	10
Япония	4	7	6	9	12	16	14	13	15	16
Канада	19	20	22	20	22	15	18	18	17	17
США	8	9	11	8	9	4	4	6	3	3
КНР	21	21	19	16	15	25	22	17	14	14
Республика Беларусь	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	79	88	86	72	64
Российская Федерация	12	26	н/д	27	26	43	45	46	46	47
Республика Казахстан	48	50	н/д	н/д	59	75	78	74	79	77

Таблица 1. Динамика рейтингов инновационных позиций отдельных стран в 2016–2020 гг.
Примечание: составлено автором на основе [4, 5]

к имеющейся институциональной среде Республики Беларусь, сформирован на основе, включающей подходы к формированию информационной базы и информационно-коммуникационных каналов в системе оценки организационной эффективности управления научной деятельностью, обусловливающих выбор форм межсубъектных взаимодействий в рамках звеньев инновационного цикла. Для формирования информационной базы используется рейтинговый подход ГИИ и цифровой конкурентоспособности страны. Выбор форм организации научной, научно-технической и инновационной деятельности определяется преимуществами формирования и развития кластеров. Предлагаются следующие методические подходы.

Формирование информационной базы для оценки организационной эффективности управления научной деятельностью в целях инновационного развития

Наиболее дифференцированную оценку результативности управления научной, научно-технической и инновационной деятельностью обеспечивает подход экспертов Всемирной организации интеллектуальной собственности, Международной бизнес-школы INSEAD (Франция), Корнеллского университета (США). По результатам их оценок ежегодно публикуется доклад «Глобальный индекс инноваций», где позиция страны определяется на основе совокупности показателей ее развития, инновационности и технологичности. Таким образом обеспечивается проведение рейтинговой оценки инновационных систем 131 страны [7]. Показатели агрегированы в модель расчета двух субиндексов:

- *ресурсов (затрат) инноваций, включающий такие группы показателей, как «институциональная среда», «человеческий капитал и исследования», «инфраструктура», «уровень развития рынка» и «уровень развития бизнеса». Показатели этого субиндекса характеризуют ресурсный потенциал для осуществления инновационной деятельности в стране;*
- *результатов инноваций, включающий группы показателей «прогресс технологий и экономики знаний», «развитие креативной (творческой) деятельности». Данный субиндекс отражает результаты инновационной деятельности конкретной экономики [7].*

ГИИ, рассчитываемый как взвешенная сумма оценок на основе двух групп показателей: располагаемых ресурсов и условий для проведения инноваций и достигнутых практических результатов, позволяет проанализировать структурные сдвиги в географии инноваций. В частности, в изданиях ГИИ 2019 и 2020 гг. отмечаются сдвиги в группе стран со средним уровнем дохода. Однако, концентрация основных ресурсов инновационной деятельности сохраняется в странах с высоким уровнем дохода (Швейцария, Швеция, США, Нидерланды, Германия, Израиль и др.) [7, 8]. Это подтверждает динамика результатов инновационной деятельности *(табл. 2)*.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что в странах со средним уровнем дохода более высокие темпы инновационной активности. Согласно Отчету ГИИ 2020 г. их уровень инновационной результативности превышает среднее значение – 30,94 баллов [7]. Так, Китай переместился с 22 места в 2017 г. на 14 в 2020 г., Таиланд – с 51 на 44, Индия – с 60 на 48, Филиппины с 73 на 50 соответственно. При этом Китай на протяжении ряда лет лидирует среди стран среднедоходной группы, сохраняя в ней первое место в 2017–2020 гг. Республика Беларусь также значительно улучшила свой рейтинг, поднявшись с 88 места в 2017 г. на 64 в 2020 г.

Предлагаемый методический подход базируется на выборе показателей и их агрегировании для сравнительных расчетов с использованием принципов построения рейтинга «Глобальный индекс инноваций». Данный выбор связан с наличием выявленной зависимости между успешностью (доходностью) экономики, факторами инновационного потенциала и благоприятностью условий его использования. Это дает возможность определить критериальные ориентиры для оценки тесноты связи между качественным уровнем организации и управления научной сферой и звеньями инновационного цикла.

Практическое применение этого подхода в условиях инновационного развития Республики Беларусь требует учета некоторых особенностей управления научной сферой. Во-первых, организационная эффективность для практического использования в секторах национальной экономики увязывается с результативностью научно-исследовательской инфраструктуры. Во-вторых, она оценивается с позиции наибольшего эффекта не только от затрат на научно-исследовательскую деятельность и коммерциализацию результатов научных исследований, но и от увеличения

Страны	2017			2018			2019			2020		
	ГИИ	Innovation Input	Innovation Output	ГИИ	Innovation Input	Innovation Output	ГИИ	Innovation Input	Innovation Output	ГИИ	Innovation Input	Innovation Output
Страны с высоким уровнем дохода												
Швейцария	1	3	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Швеция	2	2	3	3	3	3	2	4	3	2	3	2
США	4	5	5	6	6	7	3	3	5	3	4	5
Великобритания	5	7	6	4	4	6	5	6	4	4	6	3
Нидерланды	3	9	2	2	9	2	4	11	2	5	11	4
Дания	6	6	12	8	7	13	7	5	11	6	5	9
Финляндия	8	4	13	7	5	8	6	7	6	7	8	8
Сингапур	7	1	17	5	1	15	8	1	14	8	1	15
Германия	9	17	7	9	17	5	9	12	8	9	14	7
Республика Корея	11	16	9	12	14	12	11	10	12	10	10	10
Франция	15	15	18	16	16	16	16	16	13	12	16	12
Израиль	17	20	14	11	19	11	10	17	7	13	17	13
Япония	14	11	20	13	12	18	15	14	16	16	12	18
Канада	17	10	23	18	10	26	17	9	22	17	9	22
Люксембург	12	24	4	15	25	4	18	23	11	18	24	14
Австрия	20	18	21	21	20	28	21	19	25	19	18	23
Норвегия	19	14	22	19	13	24	19	13	27	20	15	28
Страны с уровнем дохода выше среднего												
КНР	22	31	11	17	27	10	14	26	5	14	26	6
Малайзия	37	36	39	35	34	39	35	34	39	33	34	36
Таиланд	51	65	43	44	52	45	43	47	43	44	48	44
Бразилия	69	60	80	64	58	70	66	60	67	62	59	64
Беларусь	88	63	109	86	60	110	72	50	95	64	67	61
Страны с уровнем дохода ниже среднего												
Украина	50	77	40	43	75	35	47	82	36	45	71	37
Индия	60	66	58	57	63	57	52	61	51	48	57	45
Филиппины	73	83	65	73	82	68	54	76	42	50	70	41
Тунис	74	81	71	66	77	63	70	74	65	65	78	59

Таблица 2. Динамика результатов инновационной деятельности по отдельным странам различных уровней дохода, место в рейтинге
Примечание: составлено на основании [7, 9-11]

производства добавленной стоимости в национальной экономике. Это дает возможность интегрировать качественно и количественно определяемые результаты взаимодействия управляемой и управляющей подсистем, а также различных компонентов управления в организации научной деятельности, то есть отражает интегрированный результат взаимодействия всех элементов системы управления научной сферой и инновационным развитием национальной экономики.

Формирование информационно-коммуникационных каналов на основе факторов цифровой конкурентоспособности страны

В рамках этого методического подхода рассматриваются возможности создания новых и расширения имеющихся коммуникационных каналов для развития научной деятельности. Он учитывает факторы цифровой конкурентоспособности инновационно-ориентированной экономики и комплексного внедрения информационно-коммуникационных технологий в систему управления научной сферой. Совокупный результат использования механизма этой взаимозависимости прослеживается в уровневых изменениях различных видов конкурентоспособности. Такая методика использована в разработке бизнес-школой IMD (Швейцария) нового глобального Мирового рейтинга цифровой конкурентоспособности. Рейтинговая таблица охватывает 63 страны и формируется путем объединения 52 критериальных показателей по 3 группам:

- *«Знания» (как необходимое условие для разработки, понимания и создания новых технологий); включены показатели качества обучения, образования, науки;*
- *«Технологии» (как общей предпосылки, контекста и компонента научно-технологического пространства для развития цифровых технологий); охватывает показатели состояния интернет- и коммуникационных технологий, обеспеченности IT-сферы финансовым капиталом, прогрессивности институциональной среды для цифровизации и инновационной экономики;*
- *«Готовность к будущему» (как соответствие организационной зрелости системы управления экономикой к проведению цифровых трансформаций); сформирована показателями уровня готовности использовать цифровую трансформацию экономики во всех секторах, включая научную сферу (табл. 3).*

Согласно данным Мирового рейтинга цифровой конкурентоспособности 2020 г., позиции стран в 2017–2020 гг. распределились следующим образом *(табл. 4)*.

Представленные в таблице 4 данные демонстрируют готовность стран использовать цифровые технологии как в экономике, так и в системе управления научной сферой. В 2020 г. лидер – США. В разрезе групп показателей ее позиции распределились следующим образом: «Знания» – 1-е место, «Технологии» – 7-е, «Готовность к будущему» – 2-е. Сингапур в рейтинге занимает 2-е место, Дания – 3-е. Также высокие позиции у Швеции, Швейцарии, Нидерландов,

Группы факторов	Компоненты обеспечения цифровой конкурентоспособности
Знания	Интеллектуальные ресурсы и творческий потенциал
	Подготовка научных кадров и образование
	Концентрация финансовых ресурсов на приоритетных направлениях проведения научных исследований
Технологии	Нормативно-правовая база для развития цифровых технологий
	Финансовые и инвестиционные ресурсы для разработки новых технологий, цифровой трансформации производства и интеллектуализации управления (финансовый потенциал научной и инновационной сферы)
	Технологическая платформа
Готовность к будущему	Адаптивные установки для интегрированного развития научной, инновационной и IT-сферы
	Восприимчивость бизнеса к процессам цифровой трансформации (гибкость бизнеса в условиях цифровизации экономики и интеллектуализации управления)
	IT – интеграция в организационный механизм управления научно-технологическим развитием

Таблица 3. Факторы обеспечения цифровой конкурентоспособности как интегрированной оценки качества регулирования научной сферы

Примечание: составлено на основе [12]

Страны	2017				2018				2019				2020			
	Итоговый рейтинг	Знания	Технологии	Готовность к будущему	Рейтинг	Знания	Технологии	Готовность к будущему	Рейтинг	Знания	Технологии	Готовность к будущему	Рейтинг	Знания	Технологии	Готовность к будущему
Страны с высоким уровнем дохода																
Швейцария	8	4	8	13	5	6	9	10	5	2	10	10	6	3	11	5
Швеция	2	2	5	5	3	7	5	5	3	4	7	6	4	4	6	7
США	3	5	6	2	1	4	3	2	1	1	5	1	1	1	7	2
Великобритания	11	10	16	9	10	10	13	3	15	14	18	13	13	13	16	13
Нидерланды	6	11	9	3	9	12	8	4	6	13	6	3	7	14	8	4
Дания	5	8	10	1	4	8	10	1	4	6	11	2	3	6	9	1
Финляндия	4	9	4	4	7	9	4	8	7	9	8	7	10	15	10	9
Сингапур	1	1	1	6	2	1	1	15	2	3	1	11	2	2	1	12
Германия	17	13	21	18	18	14	21	20	17	12	31	16	18	12	31	19
Республика Корея	19	14	17	24	14	11	17	17	10	11	17	4	8	10	12	3
Франция	25	19	22	28	26	20	19	27	24	20	16	29	24	20	15	31
Израиль	13	7	27	11	12	2	25	7	16	8	30	19	19	9	32	23
Япония	27	29	23	25	22	18	23	25	23	25	24	24	27	22	26	26
Канада	9	3	13	8	8	3	12	9	11	5	13	18	12	5	13	15
Люксембург	20	27	12	23	24	32	15	21	21	34	12	17	28	35	17	27
Австрия	16	12	28	15	15	13	26	14	20	10	32	23	17	11	28	16
Норвегия	10	15	2	12	6	16	2	6	9	16	3	8	9	16	3	6
Страны с уровнем дохода выше среднего																
КНР	31	23	36	34	30	30	34	28	22	18	26	21	16	8	27	18
Малайзия	24	17	18	27	27	17	22	29	26	19	19	28	26	19	20	32
Таиланд	41	44	30	45	39	44	28	49	40	43	27	50	39	43	22	45
Бразилия	55	55	55	44	57	62	55	47	57	59	57	43	51	57	57	43
Беларусь	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Страны с уровнем дохода ниже среднего																
Украина	60	45	62	61	58	39	61	61	60	40	61	62	58	38	59	61
Индия	51	37	59	51	48	46	53	48	44	38	49	46	48	39	50	56
Филиппины	46	53	51	43	56	50	58	52	55	51	55	54	57	62	53	54

Таблица 4. Мировой рейтинг цифровой конкурентоспособности за 2017–2020 гг. по отдельным странам различных уровней дохода, место в рейтинге

Примечание: составлено автором по [12]

Финляндии, Норвегии, Южной Кореи. США и Швеция придерживаются сбалансированного принципа в создании коммуникационной платформы развития научной и инновационной сферы национальной экономики. Они используют научный потенциал по всем трем группам критериев, в то время как Сингапур, Дания и Швейцария отдают приоритет одной или двум.

При практическом применении данного методического подхода к использованию современных коммуникационных возможностей в управленческом механизме научной сферы необходимо учитывать, что отражаемая рейтинговая позиция цифровой конкурентоспособности страны является относительной характеристикой, так как ее изменение за несколько периодов фиксируется относительно динамики показателей цифровизации других экономик и не всегда является следствием внутренних эволюционных процессов инновационной системы страны. Это важно принимать во внимание при анализе причин изменений места страны в рейтинге. Практическим примером применения этого подхода стала реализация крупных проектов создания «информационного города»: «телепорты» (Мец, Амстердам, Роттердам), «города телематики и коммуникации» (Барселона, Кельн).

Определение ориентиров для выбора форм организации научной, научно-технической и инновационной деятельности с использованием преимуществ формирования и развития кластеров

Суть этого подхода базируется на преимуществах кластерной организации с учетом возможности использования факторов научного и научно-технического потенциала путем концентрации ресурсов (финансовых, трудовых, материально-технических, информационных и др.) в ведущих научных организациях (ВНО) и распределении их по приоритетным направлениям с одновременным обеспечением благоприятных условий для создания перспективных технологических продуктов. В мировой практике ВНО отводится роль структурообразующего элемента в формировании и развитии научно-технических и инновационных кластеров (кластер «Токио-Йокогама», Япония; кластер «Сеул», Республика Корея; кластер «Шанхай», Китай и др.) [7].

Соответственно оценка организационной эффективности управления научно-инновационной сферы в мировой практике связывается с результатами функционирования ведущих научных организаций, выполняющих структурообразующие функции в научно-технических и инновационных кластерах. Например, в рамках докладов «Глобальный индекс инноваций» 2018–2020 гг. составлен специальный рейтинг, касающийся создания и функционирования таких организаций [7, 10, 11]. В его основе – показатели числа научных публикаций и международных патентных заявок, опубликованных в системе Договора о патентной кооперации, за период 2013–2017 гг. и по итогам 2018 г. В частности, в рейтинге ГИИ 2020 лидирующие позиции заняли кластеры: Токио-Йокогама, Япония (1-е место), Шэньчжэнь/Гонконг, Китай (2-е), Сеул, Республика Корея (3-е), Пекин, Китай (4-е), Сан-Хосе/Сан-Франциско, США (5-е), Осака-Кобе-Киото, Япония (6-е), Бостон/Кембридж, США (7-е), Нью-Йорк, США (8-е), Шанхай, Китай (9-е), Париж, Франция (10-е). Исходя из этого, можно констатировать, что показатели деятельности ведущих научных организаций таких стран как Япония, США, Китай, Южная Корея, Франция могут использоваться в качестве ориентиров для измерения организационной эффективности управления научной и научно-технической деятельностью в развитии инновационных процессов. Например, кластер «Токио/Йокогама», Япония, характеризуется тем, что в рассматриваемом периоде в нем подготовлено 143 822 научные публикации, из них 10,4% представлено Токийским университетом, который в мировом рейтинге университетов (QS World University Rankings 2021) занимает 24-ю позицию [13]. На кластер «Токио/Йокогама» приходится 113 244 международных патентных заявок, из которых 8,79% подано корпорацией Mitsubishi Electric. В США в кластере «Сан-Хосе/Сан-Франциско» подготовлено 89 974 научных публикаций, из которых 28,83% – в Калифорнийском университете. В рейтинге Times Higher Education: The World University Rankings 2021 он занимает 7-ю позицию [14]. Из числа 39 748 международных патентных заявок, приходящихся на кластер «Сан-Хосе/Сан-Франциско», 8,61% осуществила компания Google. Именно поэтому 23,28% от всех поданных заявок этого кластера касаются компьютерных технологий. Также в кластере «Бостон/Кем-

бридж», США, из 128 964 научных публикаций 38,37% приходится на Гарвардский университет (3-е место в QS World University Rankings 2021).

Таким образом, результаты проведенного исследования приводят к выводу, что качественный уровень управления научно-инновационной сферой обеспечивается созданием новых и совершенствованием имеющихся эффективных форм организации научной деятельности на основе формирования необходимых условий для их развития (функционирование рынка новых и новейших технологий; активизация процессов научно-технического сотрудничества в создании наукоемкой и экспортоориентированной продукции; синхронизация в процессах наращивания экспортного, научного и научного-технического потенциалов и др.).

Распределение стран по классификации Всемирного банка позволило получить качественную оценку динамики инновационной деятельности в разрезе рейтингов инновационности и цифровой конкурентоспособности. Это является обоснованием для выбора форм организации научной деятельности в условиях инновационного развития. Выявлена следующая взаимозависимость в странах с высоким уровнем дохода: чем значительнее затраты на НИОК(Т)Р, тем выше уровень инновационной активности. Это отражают позиции стран с различным уровнем дохода в рейтингах ГИИ и цифровой конкурентоспособности.

Обобщение опыта стран в области повышения эффективности организации научной деятельности позволило отметить наличие связи между занимаемыми позициями в рейтингах ГИИ и цифровой конкурентоспособности. В частности выявлено, что страны, занимающие лидирующие позиции в первом, имеют соответствующие места и во втором.

Установлено, что в странах-лидерах инновационного развития и цифровизации экономики организационная эффективность управления инновационной деятельностью определяется качеством научно-инновационного взаимодействия между участниками инновационного цикла. Это обеспечивается принципами кластеризации. В странах-лидерах кластерная форма взаимодействия выделена как наиболее эффективная, поскольку структурообразующим элементом в ней выступает субъект, имеющий статус ведущей научной организации. Преимуществом таких кластеров является ускоренное распространение инноваций в отраслях экономики благодаря проявлению мультипликативного эффекта, а также формированию базы для будущего инновационного развития и экономического роста на качественно новом уровне.

Таким образом, предложенные методические подходы к выбору эффективных форм организации научной деятельности в условиях инновационного развития способствуют повышению качества регулирования научной сферой. Количественное выражение результативности управления и организации в научной-инновационной сфере позволяет выявить резервы для улучшения рейтинговых позиций страны в ГИИ и мировом рейтинге цифровой конкурентоспособности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Science, technology and innovation // UNESCO // http://data.uis.unesco.org/.
2. The 2016 Global R&D funding forecast // R&D Magazine. – 2016. – Suppl. // https://www.yumpu.com/en/document/read/55817540/2016-global-rd/.
3. The 2019 Global R&D funding forecast // R&D Magazine. – 2019. – Suppl. // https://www.rdworldonline.com/2019-rd-global-funding-forecast/.
4. Украина опустилась в рейтинге инновационных экономик // ЛІГА. Бизнес // https://biz.liga.net/all/all/novosti/ukraina-opustilas-v-reytinge-naibolee-innovatsionnykh-ekonomik.
5. Analysis: explore the interactive database of the gii 2020 indicators // Global Innovation Index // https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator.
6. Jaruzelski B. What the top innovators get right / B. Jaruzelski, R. Chwalik, B. Goehle // https://www.strategy-business.com/feature/What-the-Top-Innovators-Get-Right?gko=e7cf9.
7. About the global innovation index // https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2020_Full_body_R_58.pdf.
8. Глобальный инновационный индекс 2019 г.: к здоровому образу жизни: будущее медицинских инноваций: гл. выводы // Global Innovation Index // https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII2019-keyfinding-R-Web.4.pdf.
9. The global innovation index 2017: innovation feeding the world // Cornell Univ., INSEAD, World Intellectual Property Org.; ed.: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. – 10th ed. – Geneva; Nev Delhi, 2017 // https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf.
10. Global innovation index 2018: energizing the world with innovation // Cornell Univ., INSEAD, World Intellectual Property Org.; ed.: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. – 11th ed. – Geneva; Nev Delhi // https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf.
11. Global innovation index 2019: creating healthy lives – the future of medical innovation / Cornell Univ., INSEAD, World Intellectual Property Org.; ed.: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. – 12th ed. – Geneva; Nev Delhi // https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019.pdf.
12. World digital competitiveness ranking: measuring the capacity and readiness of economies to adopt and explore digital technologies for economic and social transformation // https://www.imd.org/centers/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness/.
13. QS World university rankings // https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2021.
14. World university rankings 2021 // https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2021/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats.

Статья поступила в редакцию 24.09.2021 г.

ИНСТИТУТ БЕЛОРУССКОЙ КУЛЬТУРЫ (1922-1928): В НАПРАВЛЕНИИ К РЕОРГАНИЗАЦИИ В БЕЛОРУССКУЮ АКАДЕМИЮ НАУК

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

Новые ипостаси Инбелкульта

В процессе необратимого и неуклонного роста Инбелкульт стал средоточием формирования исторической, социально организованной памяти, а также центром международного и внутреннего политического влияния.

Еще в июне 1924 г. Историко-археологическая секция подняла вопрос о праздновании 400-летия выхода первой печатной книги на белорусском языке, изданной Франциском Скориной. В феврале 1925 г. Институт принял решение о придании этому празднику широкого – «государственного», то есть республиканского характера. В 1925–1926 гг. юбилей отмечался повсеместно в форме разнообразных мемориальных акций. О значимости 400-летней годовщины белорусской печати говорит тот факт, что она праздновалась вместе с 7-летием образования БССР [1, с. 5–6].

В лице Инбелкульта белорусская наука достигла первых успехов в международном признании. 14–21 ноября 1926 г. Институтом была проведена Академическая конференция по реформе белорусского правописания и азбуки. В ней приняли участие ученые не только из Беларуси, но также из РСФСР, УССР, Германии (Макс Фасмер), Польши (Юзеф Голомбек), Литвы (Миколас Биржишка) и Латвии (Ян Райнис, Эрнест Блэссе), представители белорусских национальных меньшинств из Литвы, Латвии и Чехословакии [7, с. V и др.]. Эта конференция, по признанию одного из ее участников, стала первым научным выходом Беларуси на международную арену; страна показала, что она подготовлена к научным выступлениям международного характера [4, с. 8–9].

Мероприятие имело и большое политическое значение как «факт национальной политики пролетариата» [5, с. 168]. По признанию Бюро ЦК КП(б)Б, конференция, оправдав себя «как со стороны политической, так и со стороны деловых итогов работы», содействовала «ознакомлению прибывших заграничных ученых делегатов с хозяйственными и культурными достижениями БССР», «усилению в глазах заграничных делегатов значения Минска как единственного культурного и политического центра всей Белоруссии, в котором ведется усиленная работа по экономическому и культурному подъему Белоруссии, а также содействовала большему пониманию того, что СССР создает условия и гарантии для правильного разрешения национального вопроса для угнетенных ранее национальностей», «укреплению позиций партии среди интеллигенции, работающей в БССР, как в близкой к партии ее части, так и в ее колеблющейся части» [5, с. 175].

По мнению исследователей, после Академической конференции ускорился процесс пересмотра многими деятелями белорусской эмиграции своих политических позиций, была распущена Рада БНР, а Минск признан единственным центром консолидации белорусского народа и возрождения его национальной культуры [6, с. 10].

Новый рывок

Создание и существование Инбелкульта стали местом консенсуса интеллектуальной, национально-культурной элиты Беларуси, советских и партийных властей республиканского и союзного уровня. Для этих властей, придававших большое значение символотворчеству, Институт обладал значительным символическим капиталом и политическим ресурсом, поскольку он возник и существовал на волне государственного подъема, социалистического и культурного строительства, которое возглавляли компартия и советская власть.

Идея создания на основе Инбелкульта белорусской академии наук – одной из первых в СССР – стала еще одним фактором и символом, содействовавшим росту и развитию учреждения.

Цепь событий, связанная с образованием академии, была запущена 8 октября 1924 г., когда впервые в докладе заместителя наркома просвещения А.В. Балицкого на заседании СНК БССР было сказано, что Инбелкульт «разворачивается в постоянно действующее научное учреждение с тенденцией постепенного превращения в Белорусскую Академию наук» [3, с. 58].

В июне 1926 г. председатель ЦИК БССР А.Г. Червяков в докладе Президиуму ЦИК СССР выделил Институт и отметил все более видное его место в системе учреждений БССР. По его словам: «Уся дзейнасьць Інстытуту даводзіць, што ён пусьціў глыбокія карэньні ў Беларусі і што грунтоўны характар і зьмест яго працы вядзе да далейшага яго разгортваньня і аформленьня ў выглядзе Беларускай Акадэміі Навук» [12, с. 25–26]. В резолюции, принятой Президиумом ЦИК СССР по этому докладу, указывалось, что правительство БССР смогло правильно решить важнейшие вопросы национальной политики, а Инбелкульт, который имеет большое значение в решении данных вопросов, в своем дальнейшем развитии должен превратиться в белорусскую академию наук [12, с. 26; 3, с. 196; 2, с. 10].

10 июля 1926 г. СНК БССР, заслушав доклад В.М. Игнатовского о деятельности Института, постановил: «У звязку з агульнадзяржаўным уздымам Беларусі і буйным развіццём яе эканамічнага і культурнага будаўніцтва, лічыць неабходным з 1926–27 акадэмічнага года надаць Інстытуту беларускай культуры напрамак да паступовага ператварэння яго ў Беларускую акадэмію навук, не пакідаючы пры гэтым прынцыпу сувязі яго праз Нацыянальныя аддзелы, секцыі, навуковыя таварыствы і Бюро краязнаўства з шырокімі працоўнымі масамі» [3, с. 150].

С этого времени Инбелкульт вступил в самый напряженный период своего развития, связанный с подготовкой его к реорганизации в академию.

Планы и реальность

Существовало стремление форсировать создание белорусской академии. В проекте производственного плана Института на 1926/1927 академический год указывалось:

«…У працягу году рэфармаваць Інстытут Беларускае Культуры ў Беларускую Акадэмію Навук, у зьвязку з чым:

а) Злажыць статут Акадэміі Навук і зацьвердзіць яго заканадаўчым парадкам;

б) злажыць штаты Акадэміі Навук;

в) падабраць неабходны лік навуковых працаўнікоў для прызначэньня іх на сталыя штатныя пасады Акадэміі Навук;

г) пераглядзець у мэтах выяўленьня кваліфікацыі склад правадзейных членаў і членаў-супрацоўнікаў ІБК, а таксама членаў сэкцый і Камісій» [10, л. 120].

Но 15 января 1927 г. Бюро ЦК КП(б)Б постановило считать в данный момент несвоевременным «переконструирование» Института в академию наук [3, с. 176; 2, с. 12].

Резолюция коллегии отдела пропаганды и агитации ЦК КП(б)Б по докладу Инбелкульта

Президиум Инбелкульта. А.А. Смолич, Я.П. Кореневский, В. Фришман (стоит), В.М. Игнатовский, Н.И. Белуга, А.И. Цвикевич, Я.А. Витковский. Фото 1926 г. (Цьвікевіч А.І. Інстытут беларускае культуры (Інбелкульт). Гісторыя ўзьнікненьня. Сучасная структура. Навукова-дасьледчая дзейнасьць. Менск, 1926. С. 27)

от 31 декабря 1926 г. может прояснить причины данного решения: это – «неспрыяючыя ўмовы для разгортвання і пашырэння працы, невысокая навуковая кваліфікацыя значнай часткі навуковых працоўнікоў, малы лік штатных правадзейных членаў ІБК, малы будынак» [3, с. 169].

Информация, представленная Институтом в Национальную комиссию ЦИК БССР о деятельности и недостатках в работе, от 12 сентября 1926 г. уточняет данные сведения: «Галоўным недахопам у працы трэба лічыць: 1) неабсталяванасць некаторых органаў ІБК патрэбнымі прыладамі і 2) неадпаведнасць і наогул нястачу памяшкання Інбелкульта. Трэба ясна і катэгарычна зазначыць, што сучаснае памяшканне ІБК абсалютна не адпавядае яго назначэнню. Гэта не памяшканне для спакойнай, акадэмічнай працы, але якісьці праходны калідор. Цэламу шэрагу камісій няма дзе сесьці… Прэзідыум ІБК вельмі занепакоены гэтым фактам і ўзнімае прад адпаведнымі органамі пытанне аб пераходзе ў другое памяшканне…» [3, с. 153–154].

Бюро ЦК КП(б)Б, решив в январе 1927 г., что в данный момент преобразование Инбелкульта в академию наук не является своевременным, приняло тем не менее следующие решения:

«…2. Взять курс на создание Академии наук в БССР, путём развития и углубления научной работы ИБК, в частности: а) Путём привлечения научных работников извне БССР для научной работы в ИБК. б) Путём дальнейшего отбора научных работников из среды работающих в БССР.

Здание бывшего Дворянского собрания в Минске. Фото 1925–1930 гг. Во времена Инбелкульта в нем находился Центральный Коммунистический клуб им. Карла Маркса. В этом клубе 14–18 ноября 1926 г. прошли торжественное открытие и заседание Академической конференции по реформе белорусского правописания и азбуки

Минск, ул. К. Маркса, д. 39 (справа). Фото 2021 г. На этом месте находился Центральный Коммунистический клуб им. Карла Маркса

3. Признать необходимым переорганизацию Научного совета Инбелкульта в Академический совет, который должен сконцентрировать в себе научную работу, объединяя работников наиболее близких по научным заслугам к званию академиков.

4. Провести в ИБК в печати кампанию за углубление научной стороны работы Инбелкульта (под углом деполитизации), приурочив её, в частности, к факту организации Академического совета ИБК и пересмотра состава членов ИБК» [3, с. 176; 2, с. 12–13].

Партийный контроль

Идея Инбелкульта и его преобразования в белорусскую академию первоначально эксплуатировались СНК БССР. С 10 июля 1926 г., когда правительство Беларуси приняло постановление о придании Институту на 1926/1927 академический год направления к постепенному превращению его в академию наук, эта идея была подхвачена и компартией.

Докладная записка ЦК КП(б)Б в ЦК ВКП(б) от 8 октября 1927 г. показывает, какое большое «демонстративно-показательное» значение, если пользоваться понятиями того времени, имела для компартии создаваемая академия: «Белорусская академия наук будет первой, пока что единственной академией, которая создана руками Компартии и Советской власти, академией, которая не имеет традиции доок-

тябрьского времени… Переименование ИБК в БАН будет иметь политическое значение для усиления нашего влияния в Западной Белоруссии и Польше. Это окончательно подчеркнет наши достижения в области наук и искусства и укрепит за нами симпатии культурников и активистов Западной Белоруссии» [3, с. 198].

Партия приписывала себе заслуги в привлечении в Инбелкульт новых научных сил, открытие типографии, придание ему с 1926/1927 гг. академического направления работы [3, с. 197]. «Партыя і вызначыла яму гэтую працу»,– писал бывший Президент Инбелкульта и один из партийных лидеров В.М. Игнатовский [2, с. 12].

Как только Инбелкульт с 1926 г. взял курс на преобразование в академию наук, вопрос о его реорганизации стал определяться политическими задачами, в частности степенью контроля деятельности учреждения со стороны компартии. А этот контроль был еще слаб. В составе Института активных коммунистов было мало, их роль была невелика. В то же время существенная часть беспартийных сотрудников находилась под «значительным влиянием национал-демократических настроений» (в докладе секретного отдела ГПУ БССР в ЦК КП(б)Б от 29 октября 1925 г. Инбелкульт назван «гнездом белорусских эсеров и шовинистов» [5, с. 42]). Они проводили значимую научную работу и пользовались большим авторитетом среди сотрудников. Компартия опасалась, что эти беспартийные сотрудники могут оказаться во главе враждебного ей политического движения интеллигенции. Когда правящая партия в будущем перейдет к репрессивным методам борьбы с идейными и политическими оппонентами, некоторые из этих беспартийных деятелей созданной Белорусской академии наук будут сняты с должностей и высланы из Беларуси. Пока же компартии приходилось мириться с их существованием, поскольку именно эта беспартийная часть Инбелкульта задавала тон работе учреждения, символизировавшего успехи революции, партии и советской власти. Правда, при этом она принимала меры к усилению своих позиций.

4 февраля 1926 г. Бюро ЦК КП(б)Б констатировало:

«Отмечается стремление определённой части интеллигенции к проникновению в наши культурные и советские учреждения, в целях захвата в них идейного влияния и превращения их в центры, организующие и распространяющие враждебные партии национал-демократические идеи.

Необходима мобилизация партийных сил вокруг этих учреждений в повседневной практической работе их, с сосредоточением внимания на основных вопросах и текущих задачах социалистического строительства…» [3, с. 146].

По Инбелкульту отмечалось, что работа и положение в нем требовало «серьезного внимания партии». Предлагалось, в частности, укрепить коммунистами «руководящую головку, обеспечив возможность практического руководства всеми отраслями работы»; поручить фракции Института совместно с Агитационно-пропагандистским отделом пересмотреть состав коммунистов – членов Инбелкульта, обеспечив участие их в работе секций и комиссий; обеспечить в краеведческой работе внимание и влияние партийных, профессиональных и советских организаций [3, с. 147].

Ситуация с контролем за деятельностью Института со стороны правящей партии незначительно изменилась к концу года. Комиссия ЦК КП(б)Б по интеллигенции в декабре 1926 г. докладывала:

«1. Правадзейных членаў ІБК і членаў супрацоўнікаў 157, з якіх членаў і кандыдатаў [у члены] КПБ – 67. Фармальны працэнт (43,8) партыйцаў здавальняючы, але, прымаючы пад увагу, што з 67 членаў і кандыдатаў у члены партыі прымае які-небудзь удзел [у працы] толькі 16 асоб, па сутнасці гэты працэнт змяншаецца да 10. Пры дадзеных умовах гэты працэнт неабходна лічыць нездавальняючым.

2. Палітычны настрой беспартыйнай часткі характарызуецца досыць значным удзелам нацыянальна-дэмакратычных настрояў… Пэўна,

Отдел языка и литературы. Сидят: В.В. Чержинский, А.К. Гурло, Б.И. Эпимах-Шипилло, К.М. Мицкевич (Якуб Колас), И.И. Замотин, С.М. Некрашевич. Стоят: Н.Я. Байков, Я.П. Плащинский, В.Ф. Мочульский. Фото 1926 г. (Музей истории НАН Беларуси. Ящик 1. №4775)

што ўсе іншыя [асобы] у той ці іншай меры лаяльныя ці спачуваюць нацыянальна-дэмакратычным настроям.

Неабходна падкрэсліць, што гэтыя беспартыйныя займаюць адказныя пасады па ІБК, карыстаюцца вялікай папулярнасцю сярод інтэлігенцыі і вядуць адказную навуковую работу.

Такім чынам, аб'ектыўна і суб'ектыўна гэта група відных беларускіх дзеячаў імкнецца стаць палітычным і арганізацыйным цэнтрам нацыянальна-дэмакратычнага руху сярод інтэлігенцыі.

3. Ранейшымі [праведзенымі] мерапрыемствамі асноўныя кіруючыя пасады заняты партыйцамі (старшыня ІБК і яго намеснік, старшыня ЦБК і яго намеснік, кіраўнікі польскім і яўрэйскім аддзеламі), але замацаванне партыйнымі сіламі асноўнай работы Інбелкульта праведзена нездавальняюча, што відаць з наступных лічбаў: з усіх 19 камісій партыйцамі кіруецца толькі 4, з 8 секцый партыйцы кіруюць 5 секцыямі, з 4 аддзелаў партыйцы кіруюць 2. Яшчэ горш справа абстаіць з штодзённым удзелам партыйцаў у рабоце ІБК…

5. Ацэньваючы сааднашэнне культурных сіл партыйцаў і беспартыйных членаў у рабоце ІБК, неабходна падкрэсліць, што яны ў практычнай рабоце ІБК склаліся не на карысць партыі. Гэта выклікае неабходнасць узмацнення партыйцамі кіраўнічых пасад па секцыях і аддзелах…

6. Неабходна пераглядзець склад беспартыйных работнікаў з пункта погляду палітычнай і дзелавой важнасці. Гэту работу правесці на працягу першых 3-х месяцаў 1927 г., прыстасоўваючы да агульнага перагляду членаў ІБК…

8. Неабходна паставіць пытанне адносна цэнтралізацыі навукова-грамадскай работы пры ІБК вышэйшых навучальных устаноў і секцый навуковых работнікаў…» [3, с. 163–164].

В резолюции коллегии отдела пропаганды и агитации ЦК КП(б)Б от 31 декабря 1926 г. было указано, что постановление Бюро ЦК КП(б)Б относительно активного участия фракции в работе Инбелкульта не выполнено. В ней предписывалось:

«2. Пераглядзець склад фракцыі ІБК з мэтай вылучэння актыва і выключэння са склада неактыўных членаў фракцыі, а таксама палітпрацаўнікоў – камуністых, якія не вядуць навуковай працы.

3. Уцягнуць у фракцыю актыўных і дзейных членаў партыі, якія працуюць у навучальных і навуковых установах (настаўніцтва, лектары і прафесары)…

4. Дзеля большай забяспекі поўнага кіраўніцтва партыі ў апараце прэзідыума ІБК, павялічыць актыўнасць членаў партыі ў дзейнасці ІБК шляхам утварэння патрэбных умоў для іх працы (падрыхтоўка ў якасці аспірантаў, паасобныя навуковыя заданні, навуковыя камандзіроўкі за межы і ў СССР), а таксама перараз меркавання іх па кіруючых ролях ІБК.

Лічыць неабходным замяніць навуковага сакратара…

8. Правесці дэградацыю і размеркаванне членаў ІБК, палажыўшы ў аснову гэтай працы кваліфікацыю навуковых працаўнікоў і іх актыўнасць, а таксама ўліць у ІБК максімум навуковых працаўнікоў БССР з тым, каб партыя магла аперціся на блізкія ёй безпартыйныя элементы, працівапаставіўшы іх нацыянал-дэмакратычным элементам» [3, с. 169–170].

Партия стремилась занять главенствующие позиции в идейном и политическом планах. Однако ситуация с контролем за деятельностью Инбелкульта с ее стороны к началу 1927 г. изменилась незначительно.

Первые структурные изменения

Ориентиры и установка на постепенное превращение Инбелкульта в академию наук обусловили и трансформации в структуре учреждения. Однако, взяв курс на преобразование, Институт не имел готовых образцов переустройства. Осенью 1926 г. шли дискуссии об условиях, формах и возможном сроке реорганизации [3, с. 154]. Первые изменения имели временный характер. В проекте производственного плана учреждения на 1926/1927 академический год значится: «Організаваць часовыя Аддзелы: Мовы і Літаратуры, Прыроды і Тэхнікі і Соцыяльна-Гісторычны, уключыўшы ў іх адпаведныя Камісіі, якія знаходзіліся пры Прэзыдыуму ІБК» [10, л. 120–120 об.]. Эти отделы должны были стать промежуточным звеном между существующими секциями и комиссиями, с одной стороны, и будущими структурами – с другой. Отчет Отдела языка и литературы за 1926/1927 академический год объясняет причины этих изменений: необходимость сокращения чрезмерно боль-

шого количества самостоятельных учреждений и введения одного объединяющего центра.

Вот что говорится в данном отчете: «Да пачатку 1926/27 акад. году пытаньнямі дасьледаваньня мовы, літаратуры і этнографіі ведалі наступныя самастойныя ўстановы Інбелкульту: 1) сэкцыі: а) мовазнаўчая, б) літаратурная і в) этнаграфічная і 2) камісіі: а) для складаньня слоўніка жывой беларускай мовы, б) тэрмінолёгічная і в) камісія для выданьня твораў беларускіх пісьменьнікаў. Аднак, практыка працы паказала, што такі вялікі лік самастойных устаноў пры адсутнасьці аднаго аб'яднаўчага цэнтра зусім распыляў і без таго малы лік навуковых працаўнікоў, па вышэй зазначаных дысцыплінах, шкодна адбіваючыся на працы гэтых устаноў. Каб ухіліцца гэтай распыленнасьці і згуртаваць у адно навуковыя сілы, Прэзыдыум Інбелкульту з пачатку 1926/27 акад. году організаваў Аддзел мовы і літаратуры, у склад якога ўвайшлі вышэй зазначаныя тры сэкцыі і тры камісіі. Пасколькі-ж агульныя сходы Аддзелу сталі замяняць працу і ранейшых сэкцый, то апошнія зусім адпалі, і такім чынам у складзе Аддзелу засталіся толькі тры ранейшых камісіі. Для дасьледаваньня пытаньняў дыялектолёгіі і фольклёру была заснавана новая Фольклёрна-дыялектолёгічная камісія. Такім чынам, у мінулым акад. годзе ў Аддзел мовы і літаратуры ўваходзіла чатыры сталыя Камісіі…

Гадавая практыка Аддзелу паказала, што зробленая рэформа была ў поўнай меры мэтазгоднай» [9, л. 28].

Итак, в 1926/1927 академическом году в состав Отдела языка и литературы входили следующие комиссии: по составлению словаря живого белорусского языка, Правописно-терминологическая, Фольклорно-диалектологическая и по изданию произведений белорусских писателей (5 октября 1926 г. Правописно-терминологическая комиссия была переименована в Главную терминологическую комиссию [8, л. 95; 9, л. 32, 145, 145 об., 147]; Фольклорно-диалектологическая комиссия была создана 1 ноября 1926 г. [9, л. 33]).

Как может следовать из источников, вопреки планам был создан лишь Отдел языка и литературы. Это произошло в начале 1926/1927 академического года.

Согласно плану на этот год, 11 штатных сотрудников Инбелкульта должны были приступить «да акадэмічнай навукова-даследчай работы на новых прынцыпах. Група гэтых працаўнікоў, па мыслі Прэзідыума, павінна з'явіцца першай ячэйкай будучай Акадэміі» [3, с. 154]. Не имеется ли тут в виду работа Отдела языка и литературы? Скорее всего – да.

Из этого высказывания также следует, что руководство Института проводило четкую границу между принципами работы существующего учреждения и будущей академии.

В 1926/1927 академическом году Инбелкульт жил ожиданиями реорганизации, примерял на себе образ и роль Белорусской академии наук. В обиход вошли понятия с эпитетом «академический»: типография «академического типа» [3, с. 151], «академическая работа» [3, с. 153], «академическая конференция».

Новый Устав Инбелкульта

В 1927 г. с целью преобразования Инбелкульта в академическое учреждение был подготовлен новый – «академический» устав [11, л. 106], который во многом походил на уставы АН СССР и Всеукраинской академии наук (основана в 1918 г.). 29 июня 1927 г. он был утвержден СНК БССР.

Составители Устава нашли целесообразным включить в раздел о задачах Института, кроме указания о плановом исследовании Беларуси и об объединении в Инбелкульте всей научной работы в стране, еще три пункта: «пашырэнне і ўдасканальванне навуковых дысцыплін, якія належаць да яго кампетэнцыі, абагачаючы іх новымі выкрыццямі і метадамі даследавання», «дапасаванне навуковых твораў і вынікаў навуковых доследаў да практычнага

В зале заседания Академической конференции по реформе белорусского правописания и азбуки. Фото 1926 г. (Музей истории НАН Беларуси. Ящик 1. №3430/6)

ўжывання ў прамысловасці і культурна-эканамічным будаўніцтве БССР» [3, с. 183], «навуковыя ўстановы і паасобныя даследчыкі, якія вядуць экспедыцыйныя доследы на тэрыторыі Беларускай Савецкай Сацыялістычнай Рэспублікі, павінны ўзгадняць сваю працу з Інстытутам беларускай культуры» [3, с. 184]. Все эти пункты отражали актуальные требования, предъявляемые Институту.

Статут расширил личный состав Инбелкульта. В этот состав входят не только действительные («правадзейныя») члены, члены-корреспонденты и научные сотрудники, но также и почетные («пачэсныя») члены [3, с. 185–187]. Правда, требования к членам-корреспондентам изменились. Если по Уставу 1922 г. их представляли «жывыя сілы з шырокіх колаў беларускага грамадзянства» [3, с. 27] (Положение об Инбелкульте 1924 г. об этом прямо не говорит, но подразумевает), то, согласно новому Уставу, ими должны быть выдающиеся ученые БССР и других стран [3, с. 186].

Статут ввел следующие руководящие органы Института: Академический совет, Президиум и Секретариат.

Академический совет, возглавляемый Президиумом Инбелкульта, состоит из членов Президиума, действительных членов и директоров научных учреждений Института. Он разрабатывает и утверждает общий план научных работ на академический год и издательский план Инбелкульта; рассматривает и утверждает планы отделов и национальных секторов; заслушивает отчеты указанных отделов и научных учреждений; назначает премии за лучшие научные и литературные работы; избирает членов Инбелкульта, членов Президиума; утверждает председателей отделов и секторов, а также руководителей научных учреждений; рассматривает все общие вопросы, касающиеся Института [3, с. 187–188].

Президиум избирается Академическим советом в составе Президента, вице-президента, неизменного («неадменнага») секретаря, председателей отделов и национальных секторов. Он претворяет в жизнь постановления Академического совета; следит за правильным ходом деятельности Инбелкульта; руководит текущими научными делами; утверждает избранных отделами научных сотрудников; принимает через председателей отделов и национальных секторов отчеты о работе членов Института; подает на утверждение Академического совета кандидатуры в члены Инбелкульта; утверждает аспирантов Института [3, с. 189–190].

Секретариат рассматривает и решает дела, связанные с административно-хозяйственной жизнью Института. Он состоит из вице-президента, неизменного секретаря и председателя того отдела или сектора, дело которого рассматривается [3, с. 190].

Новый Устав преобразовал структуру Института. Создаются два отдела – Отдел гуманитарных наук и Отдел природоведческих и хозяйственных наук, и два национальных сектора – Еврейский и Польский, а также Кафедра истории Литвы и Комиссия по изучению культуры латышей. Отделы объединяют в себе классы. Отдел гуманитарных наук делится на Класс филологии и Класс истории. Отдел природоведческих и хозяйственных наук – на Класс природы и Класс хозяйства. Классы включают кафедры; кафедры – комиссии, институты, кабинеты, музеи, лаборатории и общества; национальные секторы делятся на комиссии.

В непосредственное подчинение Президиуму поставлены Центральное бюро краеведения, Библиографическая комиссия, Комиссия по изучению Западной Беларуси, Военно-терминологическая комиссия, Комиссия по изучению природных производительных сил, библиотека и типография [3, с. 192–194].

Продолжение следует

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А. Груша. Увековечение памяти о Франциске Скорине в Беларуси (1924–1990) // Бібліотечний віснік. 2017. №3. С. 3–11.
2. У.М. Ігнатоўскі. Ад Беларускай тэрмінолёгічнай камісіі да Беларускай акадэміі навук // Наш Край. 1928. №12. С. 6–17.
3. Інстытут беларускай культуры. 1922–1928. Дакументы і матэрыялы / укл.: В.У. Скалабан, М.У. Токараў. – Мінск, 2011.
4. С. Некрашэвіч. Акадэмічная конфэрэнцыя па рэформе правапісу і графікі і вынікі яе працы // Наш Край. 1927. №1. С. 3–9.
5. Перед крутым поворотом: тенденции в политической и духовной жизни Беларуси (1925–1928): Отражение времени в архивных документах / авт.-сост.: Р.П. Платонов и др.; под ред. Р.П. Платонова. – Минск, 2001.
6. Платонаў Р.П. Прадмова // Беларусізацыя. 1920-я гады. Дакументы і матэрыялы / У.К. Коршук, Р.П. Платонаў, І.Ф. Рамановскі, Я.С. Фалей; пад агульнай рэд. Р.П. Платонава і У.К. Коршука. – Мінск, 2001.
7. Працы акадэмічнае конфэрэнцыі па рэформе беларускага правапісу і азбукі, 14–21 лістападу 1926 году / пад рэд. С. Некрашэвіча, У. Ігнатоўскага. – Менск, 1927.
8. Центральный научный архив Национальной академии наук Беларуси (ЦНА НАН Беларуси). Ф. 67. Оп. 1. Ед. хр. 20 (Планы работ института, тезисы, проект, договора).
9. ЦНА НАН Беларуси. Ф. 67. Оп. 1. Ед. хр. 23 (Проекты постановлений Н.К. БССР по докладу ИБК. Отчет о работе ИБК).
10. ЦНА НАН Беларуси. Ф. 67. Оп. 1. Ед. хр. 24 (Уставы, производственные планы и отчёты членов ИБК).
11. ЦНА НАН Беларуси. Ф. 67. Оп. 1. Ед. хр. 33 (Планы работ за 1927–28).
12. Цьвікевіч А.І. Інстытут беларускае культуры (Інбелкульт). Гісторыя ўзьнікненьня. Сучасная структура. Навукова-дасьледчая дзейнасьць. – Менск, 1926.

СОНЕЧНЫЯ ЎЗОРЫ РУХАЎСКІХ ДЫВАНОЎ

Яўген Сахута,
вядучы навуковы супрацоўнік Цэнтра даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры НАН Беларусі, доктар мастацтвазнаўства, прафесар

На пасяджэнні Беларускай рэспубліканскай навукова-метадычнай рады па пытаннях гісторыка-культурнай спадчыны ў 2019 г. статус гісторыка-культурнай каштоўнасці Рэспублікі Беларусь быў нададзены яшчэ не так даўно даволі папулярнай, але апошнім часам амаль забытай традыцыі аздаблення насценных дываноў у тэхніцы аплікацыі саломай на тканіне, што лакалізуецца ў Старадарожскім раёне Мінскай вобласці. Гэтым было засведчана афіцыйнае прызнанне адметнай з'явы ў традыцыйнай мастацкай культуры беларусаў, дэкларавана неабходнасць яе адраджэння, збераження, уключэння ў сучасныя культурныя працэсы.

Калі весці размову менавіта пра саламяную аплікацыю, то можа скласціся ўражанне, што ў гэтага віду народнай мастацкай творчасці гісторыя зусім не багатая: пачынаецца з 2–3-й чвэрці XX ст. На першы погляд, уяўляецца нейкай выпадковай кароткачасовай з'явай у традыцыйнай культуры з яе шматвяковымі традыцыямі. Калі ж глядзець шырэй, то аказваецца, што карані гэтай з'явы вельмі глыбокія, і зыходзяць яны з тых часоў, калі нашыя продкі-земляробы нажалі першы жытні сноп, а пасля яго абмалоту салому выкарыстоўвалі ў розных побытавых, абрадавых і мастацкіх мэтах. З саламяных жгутоў, змацаваных лазовымі стужкамі, выраблялі разнастайны гаспадарчы посуд для захавання сыпкіх прадуктаў: кублы, шыяны, меркі, сявалкі. Залацістыя

саломінкі спляталіся ў доўгую плоскую стужку, якую сшывалі ў традыцыйны атрыбут летняга мужчынскага адзення – капялюш-брыль. З нарэзаных саломінак, нанізаных на нітку, збіралі «павукоў» – адмысловыя крышталічныя канструкцыі, якія падвешваліся да столі на покуці, каб аберагаць жыллё і яго насельнікаў ад «злых духаў». З гранёных пляцёнак і рамбічных уставак майстравалі розныя куфэркі і скарбонкі. Унікальная з'ява ў сусветнай культуры – выкарыстанне саломы для вырашэння манументальна-дэкаратыўных задач: у некаторых цэрквах Прыпяцкага Палесся ў канцы XVIII – пачатку XIX ст. з саломы выпляталі іканастасы і іншае ўбранства інтэр'ера.

Больш позняя па часе аплікацыя саломай на плоскай паверхні звязана ўжо з чыста дэкаратыўнымі задачамі і пашырэнне на нашых землях набыла недзе з канца XIX ст., калі курныя сялянскія хаты саступілі месца «чыстым», якім ужо патрабавалася нейкае аздабленне інтэр'ера. Да вышываных ручнікоў і тканых узорыстых посцілак натуральна і гарманічна дадаліся вырабы, аздобленыя выклеенымі саламянымі ўзорамі. Саломінкі разразалі ўздоўж, разгладжвалі, наразалі ромбікамі, зубчыкамі, палоскамі, з якіх выклейвалі адмысловыя ўзоры на драўляных, таніраваных у чорнае ці карычневае куфэрках, сальнічках, рамках. Падобным чынам аздаблялі і вялікія насценныя дываны, што мацаваліся на сцяне над ложкам: і прыгожа, і душу радуе, і выдатна спалучаецца з ткацтвам, вышыўкай, плеценымі карункамі. Стары, яшчэ даваенных часоў, дыванок з залацістым саламяным букетам, фігуркамі аленяў, вавёрак, галубкоў на чорным палатняным фоне і сёння можна спаткаць у вясковай хаце пад Смаргонню ці Ашмянамі, амаль такі ж самы – дзе-небудзь на Пружаншчыне ці Любаншчыне. Салома натуральная, нефарбаваная, пацямнелая, нібы старое золата, малюнкі звычайна даволі наіўныя, нібы дзіцячыя: рабілі ж, як хто ўмеў, характэрныя традыцыі адносна новага віду народнай мастацкай творчасці яшчэ не выпрацаваліся.

Інтэр'ер дома М. Русаковіч

У пасляваенныя часы, калі ручное жніво стала набыткам мінулага, займацца саломапляценнем практычна перасталі. У той жа час мастацтва выклейвання дываноў, наадварот, ажывілася і пашырылася: пасляваенная вёска інтэнсіўна адраджалася, забудоўвалася, яркія, дэкаратыўныя, жыццярадасныя дываны як нельга лепш падыходзілі ў якасці аздобы новага жылля, тым больш што дываны прамысловага вырабу былі практычна недаступныя. На гэтай хвалі і расквітнеў талент асобных майстроў, якія

колішні хатні аматарскі занятак узнялі на ўзровень сапраўднага мастацтва, часам нават давалі імпульс для развіцця сапраўднага асяродка гэтага віду народнай мастацкай творчасці.

Бадай, найбольш адметным такім асяродкам па праве лічыцца вёска Рухава (Старадарожскі раён). Яго развіццё звязваецца з імем мясцовай майстрыхі Кацярыны Русаковіч (1925–1997), якая аддала любімаму занятку амаль усё жыццё, а закладзеныя ёю традыцыі падхапілі яе вучаніцы і, як каштоўны мастацкі набытак, данеслі да нашых дзён.

Характэрна, што ў аповедах самой майстрыхі ўсё выглядала як быццам вельмі проста, амаль выпадковасцю: «Неяк пасля вайны чалавек мой дровы рэзаў на Любаншчыне. Прыязджае дадому ды расказвае, якое дзіва там бачыў: дываны на сценах, але не тканыя, а саломай выклееныя. Блішчаць, свецяцца… Я і прычапілася: завязі ды завязі паглядзець. Пасадзіў на матацыкл, павёз… Што выпытала там, пра што сама дадумалася. Прыехала – і за работу! Але ж і радасці было, як першы дыван зляпіла! Прачнуся ноччу – а мае наклеечкі свецяцца, зіхацяць. І так ужо мне хораша…».

Пэўна, майстрыха і сама шчыра верыла ў такі шчаслівы выпадак. Але ж калі б так было, то многія маглі б заняцца гэтым мастацтвам, падзівіцца на якое збягаліся з усёй вёскі. Але ўсур'ёз захапіліся творчасцю хіба толькі Ніна Пілюк ды Надзея Русаковіч. Відаць, трэба мець той асаблівы мастацкі дар, тую цягу да харaства, якімі шчодра надзяліла прырода майстрыху. Яна і ткачыха была выдатная, і вышывальшчыца, яе дом нагадваў музей народнага мастацтва. У гэты створаны чалавечымі рукамі шматфарбны жыццярадасны свет арганічна ўключыліся і саламяныя дываны, якія, як відаць, былі зусім не выпадковасцю, а заканамерным развіццём мясцовых мастацкіх традыцый і сапраўдных творчых, мастацкіх здольнасцей.

Ткачыха, вышывальшчыца, майстрыха аплікацыі Марыя Русаковіч

Кампазіцыя, каларыстыка, матывы дэкору саламяных дываноў – практычна тыя ж, што ў тагачасных тканых, вышываных, маляваных вырабах. У цэнтры – пышны букет кветак, навокал – раслінная гірлянда, як на вышываных накідках ці тканых вырабах мінулага стагоддзя, знаёмыя васьміканцовыя разеткі, як на посцілках-перабіранках, кветкі і лістота больш мяккіх абрысаў, як у папулярнай тады паліхромнай раслінай вышыўцы. Многія матывы стылізаваны так, нібыта прызначаны для ткацтва з яго перпендыкулярным размяшчэннем нітак. Ды і любімая майстрыхай паліхромія таксама выдае яўны ўплыў ткацкіх традыцый. Можна было б папракнуць яе, што фарбавала анілінам салому, прыгожую саму па сабе, што дываны залішне стракатыя і таму нібыта горшыя за ранейшыя манахромныя. Але гэта не адсутнасць густу, а зноў жа міжвольны ўплыў іншых відаў тагачаснага народнага мастацтва з яго імкненнем да сакавітасці, шматфарбнасці, жыццярадаснасці.

Тэхналагічныя прыёмы аплікацыі саломай на тканіне даволі простыя. Разгладжаныя саламяныя стужачкі наклейваюцца адна да адной на тонкую паперу, і з такой нарыхтоўкі нажніцамі выразаецца пэўны элемент будучай кампазіцыі: лісток, кветкавы

пялёстак, сілуэт птушкі і інш. На кавалку чорнай тканіны, нацягнутай на раму, кампануецца і выклейваецца любы ўзор. З часам саламяная аплікацыя падсыхае, узоры злёгку выпучваюцца, глядзяцца нібы рэльефная чаканка.

Нейкіх папярэдніх эскізаў ці замалёвак майстрыха не рабіла, вобраз будучай работы сам па сабе нараджаўся і выспяваў у галаве. Нешта складвалася ва ўяўленні ў час працы за кроснамі, давалі плён і клопаты па гаспадарцы, у полі, лесе. «Пасу кароў ці раблю што ў двары, а сама прыглядаюся да лісця, кветак, галінак. Сарву лісток, прыкладу, намалюю, а потым клею…». Прыкладна тое ж кажуць у розных кутках Беларусі і іншыя майстрыхі – ткачыхі, вышывальшчыцы, маляваль-шчыцы. Як відаць, прынцыпы творчасці аднолькавыя, і для ўсіх прырода – асноўная крыніца натхнення.

На жаль, «мода» на саламяныя дываны (як і на ткаными, вышываныя, маляваныя, набіваныя іголкай) была нядоўгай. Ужо ў 80-я гады попыт на іх знік, вырабляць іх перасталі, і толькі Кацярына Русаковіч не кідала сваё прыгожае рамяство, якім займалася ўжо проста «для душы». Шкада, што ёй так і не давялося стаць сведкаю адраджэння цікавасці да арыгінальнага віду народнай мастацкай творчасці, які прынёс шырокую вядомасць яе роднаму паселішчу і наваколлю, склаў яркую старонку ў гісторыі традыцыйнай культуры Беларусі.

Прыкметны рост цікавасці да набыткаў традыцыйнай культуры, характэрны для апошняга часу, вярнуў з нябыту многія заняпалыя ці забытыя віды народнай мастацкай творчасці. Сярод іх аказаліся і саламяныя дываны ў Рухаве і ваколіцах, за што перш за ўсё трэба сказаць словы ўдзячнасці работнікам культуры Старадарожчыны. Яны і ўзяліся за адраджэнне адметнага, але амаль забытага мясцовага рамяства. Адшукалі ў Рухаве майстрыху – Марыю Русаковіч, якая зрэдку па традыцыі прадаўжала займацца калісьці засвоеным мастацтвам саламянай аплікацыі, знаходзіла гэтым творам месца ў інтэр'еры сваёй вялікай хаты, дзе яны арганічна «ўжываюцца» і з саматканымі посцілкамі, і з вышываными падушкамі, і, як ні дзіўна на першы погляд, з дываномі прамысловай вытворчасці і іншымі атрыбутамі сучаснага побыту.

Майстрыха ахвотна занялася творчасцю з мясцовай дзятвой. Адроджаная традыцыя стала

Дыван работы М. Русаковіч

пашырацца, набіраць папулярнасць, асяродкам яе неўзабаве стаў Старадарожскі цэнтр рамёстваў. Сёння тут дзейнічае вялікая пастаянная экспазіцыя – і сабраных у навакольлі старых дываноў, і створаных юнымі майстрамі-гурткоўцамі. Гэта не толькі каштоўны метадычны фонд, але і папулярны турыстычны аб'ект. Прызнанне арыгінальнага віду народнай мастацкай творчасці гісторыка-культурнай каштоўнасцю Беларусі, несумненна, яшчэ больш паспрыяе пашырэнню вядомасці адроджанага мастацкага рамяства.

Апошні факт мае на мэце вырашэнне дзвюх асноўных задач. Першая і галоўная – афіцыйнае, на дзяржаўным узроўні, прызнанне мясцовай мастацкай традыцыі нацыянальна-культурным набыткам, які патрабуе да сябе належнай увагі, падтрымкі ў сваім аўтэнтычным выглядзе, музеефікацыі колішніх узораў, паўтарэння і прадаўжэння традыцыі сучаснымі майстрамі. У гэтых адносінах старадарожскія энтузіясты выяўляюць належную актыўнасць.

У той жа час відавочна, што жыццёвасць традыцыі ў значнай ступені забяспечваецца яе актыўным уключэннем у сучасныя культурныя працэсы. Калі ў сваім аўтэнтычным выглядзе яна сёння ўжо не можа быць запатрабаванай – значыць, трэба шукаць новыя формы і віды мастацкага вырашэння, магчымыя спосабы прымянення ў сучасным асяроддзі. У гэтым напрамку ёсць нямала ўдалых распрацовак, якія дэманструюць творчае развіццё традыцый рухаўскіх дываноў. Найбольш характэрнай ілюстрацыяй можа быць творчасць майстрыхі з Салігорска Раісы Раманені, якая распрацавала новы, сучаснага гучання, напрамак развіцця даўно вядомага ёй рамяства ў суседнім раёне. У яе ўжо не дываны на тканіне, а невялікія пано, выклееныя на цвёрдым таніраваным кардоне (ДВП). Узбагацілася кампазіцыя, у цэнтры якой ужо можна бачыць не толькі традыцыйных галубкоў або аленяў, але і лебедзяў, паўлінаў, зуброў, букет кветак, нацюрморт з прадметаў побыту. Спачатку майстрыха традыцыйна падфарбоўвала салому, але з часам вырашыла максімальна выяўляць натуральную прыгажосць гэтага прыроднага матэрыялу – скажам, прыпальваць саломінкі да залаціста-карычневых адценняў, а цвёрдую аснову таніраваць з расцяжкай колераў. Такое вырашэнне надае яе творам сучаснае гучанне, а выдатная стылізацыя матываў і ювелірнае выкананне пераводзяць іх у разрад твораў дэкаратыўна-прыкладнога мастацтва. Невялікія, прыгожыя, з густам зробленыя пано Раісы Раманені – выдатная аздоба любога сучаснага інтэр'ера. Распрацаваная ёю стылістыка аплікацыі – узор для многіх прыхільнікаў гэтага віду мастацкай творчасці ў розных кутках Беларусі, а ў самой майстрыхі ўжо шмат вучаніц, перш за ўсё выпускнікоў студыі дэкаратыўна-прыкладнога мастацтва «Беларускі сувенір» Салігорскага цэнтра дзіцячай творчасці, якой яна даўно і плённа кіруе.

Пошукі шляхоў забеспячэння жыццёвасці мясцовай славутасці на новым узроўні, уключэння яе ў сучасныя культурныя працэсы звязваецца перш за ўсё, зноў жа, з дзейнасцю Старадарожскага раённага цэнтра рамёстваў. Захаванне аўтэнтычнасці і прадаўжэнне традыцыі гарантуецца добра наладжанай сістэмай гурткавай работы. Што да распрацовак сучаснага гучання, якія маглі б знайсці сваё месца ў сённяшняй практыцы, то мясцовыя спецыялісты і майстры актыўна шукаюць варыянты вырашэння гэтай праблемы. У сувязі з актывізацыяй турызму адным з такіх рэальных напрамкаў можа стаць распрацоўка сувенірнай прадукцыі па матывах рухаўскай аплікацыі. Гэта могуць быць розныя вырабы бытавога, мастацкага, сувенірнага прызначэння, аздобленыя як непасрэдна саламянай аплікацыяй, так і яе матывамі ў друкарскім выкананні: каляндарыкі, магніцікі, віншавальныя паштоўкі, сумачкі, футаралы, торбачкі і інш. Уключэнне рухаўскай аплікацыі саломай на тканіне ў Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь прыкметна актывізавала мясцовых спецыялістаў і майстроў на творчыя пошукі ў гэтым напрамку. Можна спадзявацца, што традыцыйнае мастацкае рамяство, яшчэ нядаўна амаль забытае, але апошнім часам адроджанае, будзе жыць, развівацца і пашырацца як адметная з'ява ў сучаснай нацыянальнай культуры Беларусі.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ:

1. Я. Сахута. Сонечныя ўзоры // Мастацтва Беларусі. 1987. №11. С. 62–64.
2. Сахута Я. М. Народнае мастацтва Беларусі. – Мінск, 1997.
3. Сахута Я. М. Беларускае народнае мастацтва. – Мінск, 2011.

ТРИАДА КОМПОНЕНТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. *Анализируется стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 г. как совокупность принципов и требований к социально-экономической и политической системам государства. Обоснована необходимость комплексного сбалансированного и целенаправленного совершенствования трех компонентов устойчивости: человека – экономики – экологии.*

Ключевые слова: *устойчивое развитие, человек, конкурентоспособная инновационная экономика, экология, качество окружающей среды, гармония.*

Для цитирования: *Ходько Е. Триада компонентов устойчивого развития Республики Беларусь // Наука и инновации. 2022. №5. С. 62–66. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-62-66.*

УДК 378.1 (476)

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

Стратегической целью устойчивого развития Республики Беларусь является обеспечение высоких жизненных стандартов населения и условий для гармоничного развития личности в рамках перехода к высокоэффективной экономике, основанной на знаниях и инновациях, при сохранении благоприятной окружающей среды для нынешних и будущих поколений.

Поставленная стратегическая цель предусматривает два этапа реализации. Приоритеты нашего государства закреплены в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (НСУР-2030) и Программе социально-экономического развития на 2016–2020 гг. [2, 3].

Первый этап (2016–2020 гг.) – переход к качественному сбалансированному росту экономики на базе ее структурно-институциональной трансфор-

мации с учетом принципов «зеленой» экономики, обеспечивающему увеличение доли высокотехнологичных видов деятельности, которые станут основой для повышения конкурентоспособности экономики страны и качества жизни населения.

Второй этап (2021–2030 гг.) – поддержание стабильной устойчивости развития: рост духовно-нравственных ценностей, активизация наукоемких производств и услуг, дальнейшее становление «зеленой» экономики и формирование дополнительных условий для возобновления устойчивого экономического роста. Социальная, экономическая и экологическая сферы (человек – экономика – экология), соответствующие им виды деятельности и государственный курс обеспечивают стабильное и гармоничное движение вперед.

ЧЕЛОВЕК

Один из главных критериев оценки эффективности социальной политики – позиция государства в мировом рейтинге по индексу человеческого развития. Цель нашей страны – достижение не ниже 40-го места в 2030 г. (против 53-го в 2015 г.). В качестве первостепенных определены следующие направления:

Воспроизводство населения и укрепление института семьи. Задача демографической политики – стабилизация численности населения на уровне 9,4–9,5 млн чел. и увеличение ожидаемой продолжительности жизни.

В прогнозный период предусматривается:

- *повышение суммарного коэффициента рождаемости (число детей, рожденных женщиной в фертильном возрасте) в 2030 г. до 1,798 (в 2015 г. – 1,685);*
- *увеличение ожидаемой продолжительности жизни при рождении до 77,0 лет (2015 г. – 73,2 года);*
- *оптимизация внутренних и внешних миграционных процессов и стимулирование притока в страну высококвалифицированных кадров.*

Приоритетные позиции в области стимулирования рождаемости: развитие и укрепление семейных ценностей, повышение престижа родительского труда по воспитанию нескольких детей; создание дружественных семье условий для сочетания трудовой деятельности с семейными обязанностями; совершенствование форм социальной защиты семей с детьми, в частности усиление ее адресности.

Рациональная занятость и эффективное использование человеческого капитала подразумевают сбалансированность спроса и предложения рабочих мест с учетом потребностей инновационного развития экономики, улучшение качества рабочей силы (повышение конкурентоспособности) и рост ее территориальной мобильности, гибкость рынка труда, совершенствование социальной защиты безработных.

Реализация этих мер к 2030 г. позволит:

- *создать условия труда для сохранения трудоспособности на всем протяжении профессиональной карьеры;*
- *обеспечить увеличение доли работников с высшим и средним специальным образованием в общей численности занятых до 59% в 2030 г.;*
- *удержать официально зарегистрированную безработицу в пределах 2% от экономически активного населения.*

Достойные доходы и высокие стандарты благосостояния населения. Главные критерии – гарантированное достойное вознаграждение работнику за его труд, создание условий для качественной жизни в пожилом возрасте:

- *увеличение доли людей с уровнем среднедушевых располагаемых ресурсов выше, чем в среднем по республике: до 60% в 2030 г. против 42% в 2015 г.;*
- *снижение уровня малообеспеченности населения до 3–4% против 5,4% в 2015 г.;*
- *поддержание соотношения среднего размера пенсии по возрасту и бюджета прожиточного минимума пенсионера на уровне не менее 2,5 раза.*

Образование. Основная задача – формирование качественной доступной системы образования, в полной мере отвечающей потребностям постиндустриальной экономики. Пристальное внимание будет уделено мерам по расширению безбарьерной среды в учреждениях образования. В 2021–2030 гг. предполагается осуществить переход

к новой парадигме образования: учение вместо обучения, не усвоение готовых знаний, а развитие у обучающихся способностей, дающих возможность самостоятельно их приобретать, творчески перерабатывать, создавать новое, внедрять его в практику и нести ответственность за свои действия.

Качественное здравоохранение и поощрение здорового образа жизни. Стратегическая цель – увеличение продолжительности здоровой жизни населения. К 2030 г. завершится формирование единого информационного пространства здравоохранения, в том числе внедрение электронной карты пациента, электронного рецепта, будут широко использоваться средства телемедицины для улучшения качества диагностики, мониторинга состояния здоровья и образовательного процесса [3]. Задачи:

- *сокращение разрыва в показателях состояния здоровья населения Беларуси и европейских стран;*
- *увеличение ожидаемой продолжительности здоровой жизни людей к 2030 г. до 69 лет (в 2015 г.– 64,5 года);*
- *снижение уровня потребления алкоголя с 11,6 до 6,3 л абс. алк. на человека в год.*

Культура как источник духовного здоровья нации и социальной стабильности. Необходимо приложить максимум усилий, чтобы повысить роль культуры в жизни белорусских граждан и упрочить статус Беларуси в мире как самостоятельного высококультурного государства, бережно сохраняющего свое историческое наследие, реализующего конституционные права.

ЭКОНОМИКА

Качественно новое развитие человеческого потенциала предполагает ускоренный прогресс секторов экономики, определяющих его воспроизводство и обеспечивающих высокий уровень качества жизни населения. Приоритетами экономики, основанной на инновациях, станут:

Развитие науки и ускоренная активизация высокотехнологичных производств и услуг. Целевым критерием конкурентоспособности страны выступает вхождение в число 30 лидеров по индексу экономики знаний (против 59-й позиции в 2015 г.). Чтобы достичь этого, акцент будет сделан на энергоэффективных и экологически безопасных высоких технологиях, развитии производств с высокой долей добавленной стоимости, информационных и инжиниринговых услугах, транспортной инфраструктуре, повышении качества и расширении экспорта образовательных и медицинских услуг.

В результате качественных структурных преобразований должны быть достигнуты следующие показатели:

- *сокращение разрыва производительности труда со среднеевропейским уровнем в 2 раза;*
- *повышение доли высокотехнологичного наукоемкого сектора, базирующегося преимущественно на V и VI технологических укладах, до 8–10%;*
- *снижение энергоемкости ВВП за 2016–2030 гг. на 35%.*

Для Республики Беларусь жизненно важным остается вопрос обеспечения энергетической безопасности и повышения энергетической независимости за счет использования местных видов топлива, в том числе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), диверсификации топливно-энергетического баланса и снижения энергоемкости ВВП [4]. Концепция энергетической безопасности включает баланс электроэнергии на период до 2035 г. [5, 6]. В соответствии с заданием правительства отношение объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению ТЭР в 2020 г. составит 16%, в 2030 г.– 18%, в 2035 г.– 20%, а произведенной из ВИЭ должно вырасти с 5% до 6%, 8% и 9% соответственно. Энергетическая самостоятельность страны должна достигнуть 18% (ЕС – 49% в 2011 г.) [2].

Совершенствование институциональной среды и формирование благоприятной бизнес-среды. Предполагается обеспечение стабильности и прозрачности работы, устранение избыточного и неоправданного вмешательства государства в деятельность хозяйствующих субъектов, повышение качества государственных услуг, финансовой доступности и др. Планируется к 2030 г. перемещение в рейтинге Всемирного банка на 30-ю позицию против 57-й в 2014 г.

ЭКОЛОГИЯ

Государственная политика в области охраны окружающей среды направлена на повышение ее качества, гарантирующее экологически благоприятные условия для жизнедеятельности общества и граждан. Цель 2030 г. – перемещение позиции Беларуси в Международном рейтинге по индексу экологической эффективности не ниже 25-й (в 2016 г. – 35-е место среди 180 стран), рост удельного веса затрат на охрану окружающей среды до 2–3% к ВВП.

Обеспечение экологической безопасности и сохранение благоприятной окружающей среды. Главное – сберечь локальные и региональные экосистемы для нынешних и будущих поколений, защитить население в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

Один из векторов деятельности – регулирование воздействия на климат. Беларуси удалось значительно сократить выбросы парниковых газов, при этом с относительно низкими предельными затратами. Так, за 1995–2005 гг. на мероприятия по энергоэффективности, энергосбережению и внедрению ВИЭ тратилось в среднем 1,6% от ВВП; в 2006–2010 гг. – 3,4%; в 2011–2015 гг. – 5%. Доля бюджетных средств составляла не менее 30%. Благодаря этому в 2013 г. по энергоемкости ВВП, которая составила 0,19 т нефтяного эквивалента на 1 тыс. долл. (по паритету покупательной способности и в ценах 2005 г.), нам удалось быстро приблизиться к другим развитым странам со схожими климатическими условиями. В Беларуси одна из самых низких в Европе углеродоемкость энергетической системы – около 0,3 т в эквиваленте CO_2 на производство 1 МВт·ч тепловой и электрической энергии, что по эффективности использования установленной мощности близко к Японии и США [7].

Наше государство приняло обязательство к 2030 г. сократить выбросы парниковых газов не менее чем на 28% от уровня 1990 г. без учета их объемов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» без каких-либо дополнительных условий.

Минимизации выбросов от мобильных источников будут способствовать рост количества электрических транспортных средств до 6% к 2030 г.; увеличение доли общественного транспорта с улучшенными экологическими характеристиками; выпуск и потребление высококачественного моторного топлива, увеличение использования биоэтанола, биодизельного и не нефтяных видов топлива.

В области ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС предусмотрены следующие меры:

- *создание благоприятных условий для привлечения отечественных и зарубежных инвестиций, стимулирования инновационной активности, развития малого и среднего предпринимательства, индивидуальной трудовой деятельности;*
- *обеспечение поэтапного возврата в хозяйственное использование выведенных из оборота сельскохозяйственных земель, исходя из требований радиационной безопасности и экономической целесообразности;*
- *актуализация организационных, агрохимических, агротехнических мероприятий и технологий для производства нормативно чистой сельскохозяйственной продукции.*

Важно выполнение нашей страной требований Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (Беларусь присоединилась в 2004 г.), направленное на снижение рисков и уровня воздействия опасных химических веществ на окружающую среду и здоровье населения. Территория республики должна быть полностью очищена от накопленных запасов стойких органических загрязнителей.

Рациональное использование природно-ресурсного потенциала. Стратегическая цель – декаплинг, заключающийся в меньших затратах количества природных ресурсов на единицу экономического результата. В соответствии с Государственной программой повышения эффективности использования и охраны земельных ресурсов площадь нарушенных территорий за период 2015–2030 г. должна сократиться на 0,8 тыс. га и составить 4,8 тыс. га.

Мероприятия по защите водных ресурсов: сокращение загрязняющих веществ,

поступающих в водные объекты со сточными, талыми и дождевыми водами; увеличение мощности очистных сооружений; внедрение приборного учета забора/расхода воды и сброса сточных вод; гарантированное обеспечение населения питьевой водой нормативного качества из подземных источников. К 2030 г. будет прекращено отведение недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты; использование воды в системах оборотного и повторного водоснабжения должно составить 93% (в 2015 г. – 92%).

В сфере охраны минеральных ресурсов будет расширено применение прогрессивных технологий геологоразведочных работ, добычи и переработки полезных ископаемых; воспроизводство минерально-сырьевой базы.

Сохранение биологического и ландшафтного разнообразия. Планируется восстановление и поддержание численности редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных, дикорастущих растений в объемах, обеспечивающих их устойчивое существование; рациональное пользование биологическим и ландшафтным разнообразием; поддержание воспроизводящих возможностей биосферы, обеспечение регионального и глобального экологического равновесия в условиях возможных климатических изменений. В качестве главного ориентира установлено повышение удельного веса площади особо охраняемых природных территорий до 8,8% в 2030 г.

Эффективное обращение с отходами предполагает максимальное уменьшение объемов их образования во всех секторах экономики; наиболее полное вовлечение в хозяйственный оборот, в частности для производства продукции и энергии; предотвращение вредного воздействия на окружающую среду и здоровье граждан. Поэтапно будет вводиться запрет на захоронение отходов, не прошедших сортировку, механическую и химическую обработку. Кроме того, планируется к 2030 г. довести использование отходов производства (без учета галитовых отходов, шламов, фосфогипса) до 87% от общего их объема (в 2015 г. – 80%), твердых коммунальных отходов – до 40% (в 2015 г. – 15%); накопление опасных отходов производства (1–3 класса опасности) сократить вдвое к уровню 2015 г.

Таким образом, новая парадигма прогресса основана на механизмах гармоничного сосуществования человека, общества и природы. Мировое сообщество все отчетливее осознает, что реализация концепции устойчивого развития требует серьезной корректировки шкалы жизненных ценностей – с переносом акцента на моральные и духовные. Для Беларуси это означает солидаризацию интересов и потребностей личности, общества и природы, что и обеспечивает равноправное вхождение в систему мировых хозяйственных ценностей на основе принципов постиндустриального развития. Поставлены амбициозные задачи – войти в мировом рейтинге в число первых 40 стран по качеству человеческого потенциала, подняться на 30-ю позицию по индексу экономики знаний и не ниже 25-й – по индексу экологической эффективности. И

Summary. The article analyzes the strategy of sustainable development of the Republic of Belarus for the period until 2030 as a set of principles and requirements for the socio-economic and political systems of the state. The necessity of a comprehensive balanced and targeted improvement of the three components of sustainability is substantiated: human - economy - ecology.

Keywords: sustainable development, people, competitive innovation economy, ecology, environmental quality, harmony.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-62-66

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Говорим «инновации», подразумеваем экология // Экология и жизнь. 2012. №12. С. 48–60.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года // Экономический бюллетень НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. 2015. №4. С. 4–99.
3. Основные положения программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг. // https://www.economy.gov.by/uploads/filds/Programma-2020.pdf.
4. Директива Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» // Энергетика и ТЭК. 2016. №2. С. 27–30.
5. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь //Энергетика и ТЭК. 2016. №1. С. 33–40.
6. М.П. Малашенко. О перспективах использования возобновляемых источников энергии с учетом ввода в эксплуатацию белорусской АЭС / М.П. Малашенко // Энергоэффективность. 2019. №1. С. 2–4.
7. Об утверждении Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.03.2016 г. №205 // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «Юр Спектр» Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2016.

Статья поступила в редакцию 22.06.2021 г.

LED ОСВЕЩЕНИЕ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЕГУЛЯЦИИ МОРФОГЕНЕЗА РАСТЕНИЙ

Татьяна Куделина,
научный сотрудник Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси;
10tan10@mail.ru

Ольга Молчан,
заведующая лабораторией водного обмена и фотосинтеза растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент;
olga_molchan@mail.ru

Аннотация. *Приводятся результаты исследования влияния света с различным спектральным составом на морфогенез растений Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. дикого типа (Col 0), а также мутантов wei8-1tar1-1 и ahk2 с модифицированными процессами сигнальной трансдукции ауксинов и цитокининов. В работе применяли специально разработанную методику, упрощающую оценку влияния света на рост и развитие растений A. thaliana, особенно конфигурацию их корневой системы в течение всего вегетационного периода.*

Ключевые слова: *A. thaliana, LED-освещение, спектральный состав, фотоморфозы, ауксин, цитокинин.*

Для цитирования: *Куделина Т., Молчан О. LED освещение – эффективный инструмент регуляции морфогенеза растений // Наука и инновации. 2022. №5. С. 67–72. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-67-72*

Использование светоизлучающих диодов (Light Emission Diodes – LED) в растениеводстве закрытого грунта имеет большие перспективы при оптимизации освещения для точного управления физиологическими реакциями растений [1]. Особенно важно выявить оптимальный спектральный состав света, который влияет на множество физиологических процессов. Хорошо известно, что в синем (С, 425–490 нм) и красном (К, 610–700 нм) диапазонах он наиболее эффективно поглощается хлорофиллами и каротиноидами, поэтому для освещения растений до сих пор преимущественно применяли светодиоды, излучающие только К и/или С свет, как наиболее эффективные для фотосинтеза [1]. К свет обычно стимулирует прибавку сухой массы, разрастание корневой системы, рост стеблей, увеличение площади листового аппарата, а также контролирует продолжительность и качество цветения многих видов [2]. Эксперименты продемонстрировали, что некоторые растения могут проходить жизненный цикл только при К свете, однако

добавление С оказывает позитивное влияние. Выяснилось, что включение в спектр освещения С света усиливает эффективность фотосинтеза, регулирует высоту растения, синтез антоцианов и ответ на биотический стресс [3]. Современные исследования показали, что при комбинаторном применении в светокультуре К и С длин волн наблюдается синергический эффект, а их оптимальное соотношение для каждой культуры будет индивидуальным [4].

Свет – один из наиболее важных факторов окружающей среды, используемый растениями как источник не только энергии, но и информации, оказывающий непосредственное воздействие на их рост и развитие благодаря наличию сложных механизмов фоторецепции, обеспечению жизнедеятельности не только фотосинтетическими, но и фотоморфогенетическими процессами. Для фотоморфогенеза растений важен свет не только К и С, но и других полос спектра, в том числе зеленой (З, 510–570 нм) и дальней красной (ДК, 710–800 нм) [5]. Зеленое излучение может оказывать влияние на ряд физиологических процессов, в том числе устьичную проводимость, формирование листьев и удлинение стебля на ранних этапах роста, способствует фотосинтезу плотных листьев и листьев нижних ярусов [6]. ДК свет и соотношение К/ДК также критически важны для большинства регулируемых фоторецепторами процессов – прорастания семян, этиоляции/деэтиоляции, формирования фотосинтетического аппарата и др. Согласно современным представлениям, у растений функционируют по меньшей мере 5 групп белков-фоторецепторов: рецепторы К и ДК света – фитохромы; С, З и УФ-А-излучения – криптохромы и фототропины; активирующиеся С светом белки семейства ZEITLUPE; УФ-В-рецептор – белок UVR8 [7]. Воспринимая различные по интенсивности, продолжительности и качеству световые стимулы, фоторецепторные белки инициируют активацию внутриклеточных процессов сигнальной трансдукции и тем самым регулируют рост и развитие растений на протяжении всего жизненного цикла [7].

Ключевым событием для запуска индуцированного светом морфогенеза растений может служить активация фитогормональных систем, например, ауксинов и цитокининов, которые играют ключевую роль в регуляции онтогенеза [8–9]. Ауксин контролирует такие процессы, как эмбриогенез, дифференцировку сосудистой ткани, тропизмы, цветение, инициацию латеральных органов (боковых корней и побегов) [8]. Он неравномерно распределяется в тканях растения, формируя градиенты, что приводит к изменению экспрессии десятков генов-мишеней и в результате – к регуляции роста, деления и дифференцировки клеток. Световые сигналы, поступающие из окружающей среды, контролируют и распределение ауксина в тканях, и реакцию на него в отдельных клетках [8]. К важнейшим эффектам цитокининов относят их способность регулировать клеточный цикл, замедлять старение листьев, подавлять рост и ветвление корней, участвовать в реакции на стресс, а также опосредовать влияние света [10].

Требования растения к спектральному составу и интенсивности излучения являются видо- и сортоспецифичными и зависят от стадии развития, а множественные взаимодействия между различными системами восприятия света обусловливают еще и важную роль соотношения разных спектральных областей [4]. Поэтому для создания оптимальных режимов освещения требуется оценка эффектов света с различным соотношением физиологически значимых диапазонов К/С, С/З и К/ДК в сложных спектральных композициях. С другой стороны, исследования эффектов LED-освещения представляют значительный фундаментальный интерес, поскольку позволяют выявить механизмы действия на растения отдельных диапазонов излучения в сложных спектрах, а также пути взаимодействия светового и фитогормонального сигналов.

Целью данной работы была оценка влияния LED-освещения с различным соотношением физиологически значимых диапазонов (К/С, С/З, К/ДК) в сложных спектральных композициях на морфогенез растений арабидопсиса дикого типа и мутантов с модифицированными процессами сигнальной трансдукции ауксинов и цитокининов.

Материалы и методика исследований

Объектом исследований являлись растения *Arabidopsis thaliana (L.) Heynh*. дикого типа (Col 0) и мутанты wei8–1tar1–1 и ahk2. Растения wei8–1tar1–1 получены путем скрещивания одиночных мутантов wei8–1 и tar1, у которых инактивирован путь синтеза ауксина, в результате чего отмечается более низкий (60%) уровень фитогормона по сравнению с диким типом [11].

У мутантов ahk2 инактивированы гены одного из рецепторов цитокинина (*Arabidopsis Histidine Kinase* (AHKs) гистидинкиназы АНК2 [12]. Растения выращивали на стерильной питательной среде Мурасиге-Скуга на основе фитогеля в квадратных (120х120 мм) чашках Петри на поверхности гидратцеллюлозной пленки [13]. Перед посадкой семена стерилизовали и размещали на поверхности среды из расчета 2 растения на одну чашку Петри. Чашки оставляли на стратификацию (4 сут, 4 °С), после чего переносили в климатическую камеру, где закрепляли в вертикальном положении. Растения освещали люминесцентными (LL) и светодиодными (LED) лампами с плотностью потока фотонов 100 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$ при 24 °С и 24-часовом фотопериоде.

LED-облучатели производства ЦСОТ НАН Беларуси были разработаны по техническому заданию Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. В спектральном составе LED-освещения, содержащем все длины волн от 400 до 800 нм, варьировали соотношения уровней плотности потока фотонов в физиологически значимых диапазонах: С, З, К и ДК *(рис. 1, таблица)*. Соотношение К/С составляло 1 и 4 для LED1 и LED2 освещения соответственно, при сохранении на постоянном уровне суммарной плотности потока фотонов С и К света. Величины К/ДК и С/З в спектрах LED-освещения варьировали в диапазоне соотношений, наиболее близких к наблюдаемым в естественных условиях. Спектральные характеристики источников освещения анализировали с использованием спектрорадиометра «МС-12» (Беларусь).

Освещение		LL	LED 1	LED 2
Соотношение	К/С	2	1	4
	К/ДК	14	3	6
	С/З	1	2	1

Таблица. Спектральный состав освещения

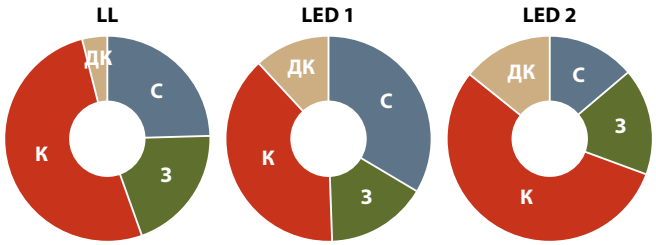


Рис. 1. Распределение физиологически значимых спектральных диапазонов у люминесцентного (LL) и LED-облучателей

После 25 сут вегетации определяли длину меристематической зоны боковых корней, сухую массу корневой системы и розетки листьев, количество соцветий. Для измерения длины меристемы корни фиксировали в 70%-ном этаноле, после чего ополаскивали дистиллированной водой и переносили в 50%-ный глицерин [14]. На временных препаратах под микроскопом Kern BDS-400 делали фотоснимки корней, по которым далее с помощью программы JmageJ измеряли длину меристематической зоны. Эксперимент проводили в трехкратной повторности. Объем экспериментальной выборки в каждом варианте составил не менее 10 растений. Данные на гистограммах представлены в виде средних арифметических значений со стандартным отклонением.

Результаты исследований и их обобщение

Особенности роста корневой системы и розетки листьев Arabidopsis thaliana дикого типа и мутантов с модифицированными системами ауксина и цитокинина при использовании LED-освещения различного спектрального состава.

Используемая в данной работе методика культивирования растений *Arabidopsis thaliana*, сочетающая применение питательной среды на основе фитогеля и гидрофильной мембраны из гидратцеллюлозной пленки, существенно упрощает оценку влияния света на рост растений, конфигурацию и развитие корневой системы, включая рост главного корня и формирование боковых корней в течение всего вегетационного периода *(рис. 2)*. Данная методика – практически единственный способ проследить, как происходит образование и рост корней. А мутанты с модифицированными процессами синтеза и трансдукции сигналов фитогормонов являются эффективным инструментом для изучения роли ауксина и цитокинина в этих процессах.

Так, на *рис. 2* хорошо видно, что особенно эффективным для формирования разветвленной корневой системы *A. thaliana* Col 0 был вариант освещения LED2 с самым высоким уровнем К света, соотношением К/С и низким – С света *(рис. 2 В)*. Размер розетки листьев и содержание в них хлорофилла у *A. thaliana* дикого типа также были выше при данном варианте освещения [15]. Мутанты wei8–1tar1–1 и ahk2, хотя и не имели каких-либо очевидных морфологических

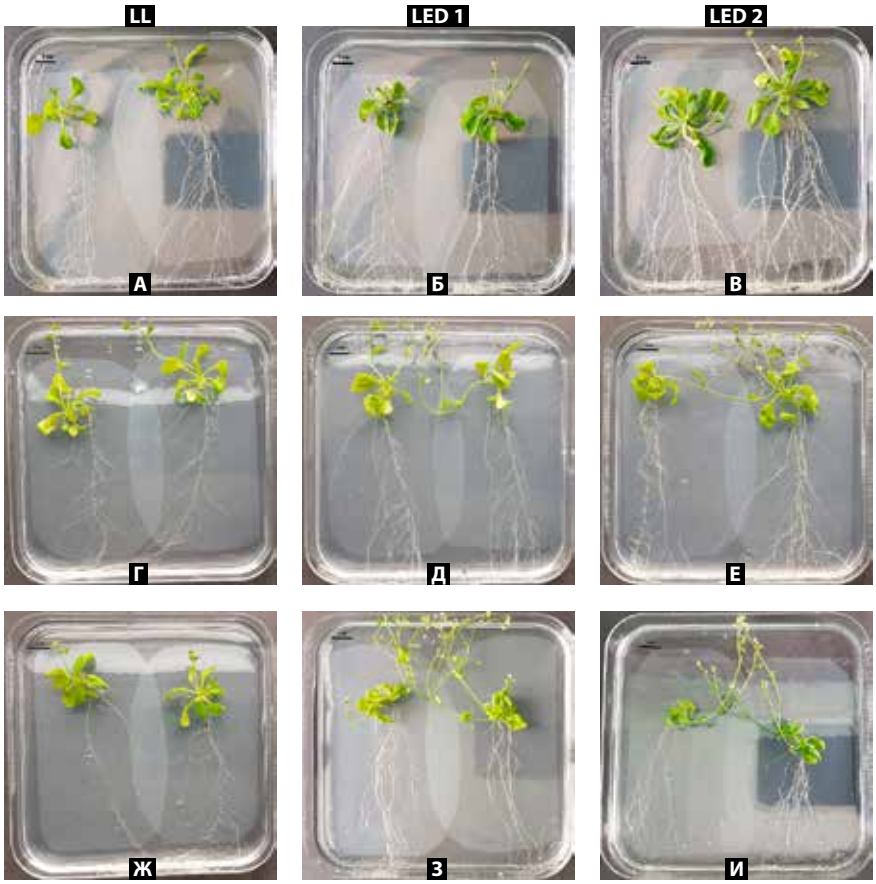


Рис. 2. Растения *Arabidopsis thaliana* дикого типа (А, Б, В), wei8–1tar1–1 (Г, Д, Е), ahk2 (Ж, К, И) при люминесцентном (А, Г, Ж) и различных вариантах светодиодного (LED1 – Б, Д, З; LED2 – В, Е, И) освещения; мерная линейка 1 см

дефектов, отличались более низким уровнем ростовых процессов в сравнении с Col 0 при всех вариантах освещения, однако фенотип растений различался *(рис. 2–4)*.

Растущая часть корня состоит из меристемы, где клетки делятся, и зоны растяжения [14]. Длина меристемы у мутантных растений была почти в 2 раза меньше, чем у растений дикого типа, а чем короче меристематическая зона, тем менее интенсивен рост, что и объясняет более слабое развитие корневой системы мутантных растений при всех вариантах освещения *(рис. 3)*. Ауксин и цитокинин – ключевые гормоны, которые контролируют архитектуру первичного корня и инициирование новых боковых корней у *A. thaliana*. Оба процесса регулируются перекрестным взаимодействием этих гормонов и их сигнальных путей [9]. Влияние светодиодного освещения проявлялось в увеличении меристематической зоны боковых корней растений дикого типа и мутантов wei8–1tar1–1 при LED2 по сравнению с LL-вариантами. Интересно было отметить отсутствие эффекта LED2 освещения на рост боковых корней у мутантов ahk2.

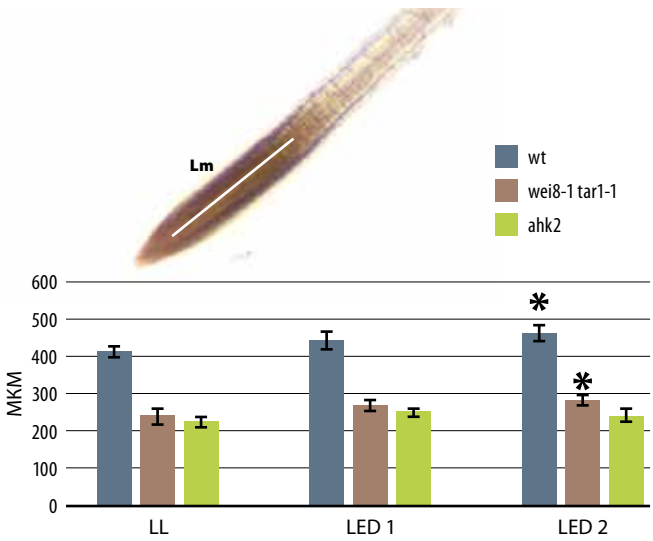


Рис. 3. Длина меристематической зоны боковых корней *Arabidopsis thaliana* дикого типа (wt) и мутантов wei8-1tar1-1 и ahk2 при различных вариантах освещения

* – различия достоверны при p≤0,05, сравнение проводили с соответствующим вариантом при люминесцентном освещении (LL)

Самую большую сухую массу вегетативных органов растения Col 0 и мутанты wei8–1tar1–1 также накапливали при освещении LED2 *(рис. 4)*. В спектре LED1 примерно одинаковые К и С диапазоны, самое низкое соотношение К/ДК, что максимально приближает его к солнечному, однако данное освещение стимулировало рост корневой системы и розетки листьев арабидопсиса дикого типа и ауксин-дефицитного мутанта не так эффективно. Обращает на себя внимание достаточно интенсивный рост корневой системы у растений дикого типа и ahk2-мутантов при LED1 по сравнению с LL. Растения, мутантные по генам рецепторов цитокининов, при варианте LED1 характеризовались самым большим накоплением массы корней и листьев *(рис. 4)*. Также важно отметить значительное снижение

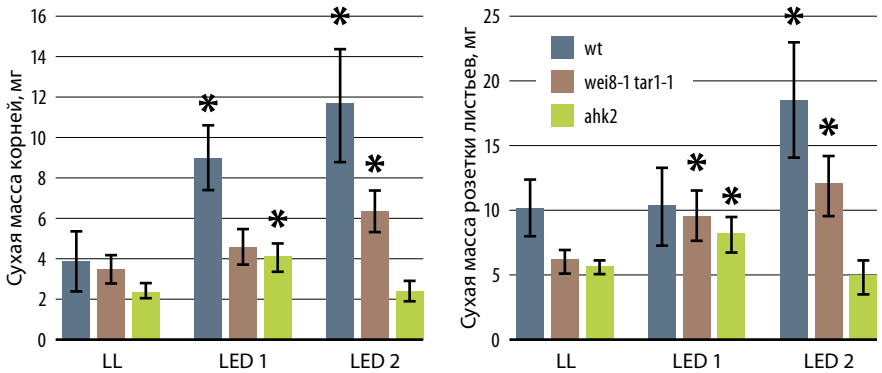


Рис. 4. Сухая масса корневой системы (а) и розетки листьев (б) у *Arabidopsis thaliana* дикого типа и мутантов wei8–1tar1–1 и ahk2 при различных вариантах освещения
* – различия достоверны при p≤0,05, сравнение проводили с соответствующим вариантом при люминесцентном освещении (LL)

вегетативной массы ahk2-мутантов по отношению к растениям дикого типа при LED2, в то время как при LL и LED1 различия были минимальными. Известно, что действие света и цитокининов осуществляется независимо или последовательно через общие промежуточные звенья сложной цепочки передачи сигналов [16], а основные функции генов АНК и эндогенных цитокининов – запуск деления и поддержание меристематической компетентности клеток [9]. Возможно, при LED1 активировались цитокинин-независимые пути или участники передачи сигнала цитокинина, не связанные с активностью гистидинкиназ АНК2, что снимало ингибирующий эффект ростовых процессов, вызванный инактивированными генами у ahk2-мутантов. Отсутствие стимулирующего действия LED1 с К/С=1, С/З=2 и К/ДК=3 на рост корневой системы у wei8–1tar1–1 мутантов дополнительно может свидетельствовать о том, что активация роста корней светом данного спектрального состава опосредуется значительным повышением уровня ауксина. А низкая интенсивность роста розетки листьев и корневой системы мутантов ahk2 по сравнению с диким типом при LED2 с К/С=4, С/З=1 и К/ДК=6 указывает на участие рецепторов гистидинкиназы АНК2 в реализации ответов *A. thaliana* на освещение с таким спектром.

Влияние LED-освещения различного спектрального состава на цветение Arabidopsis thaliana дикого типа и мутантов.

У мутантных растений при всех вариантах освещения в среднем на 2–4 дня раньше, чем у дикого типа, образовывались соцветия (данные не показаны). При этом как у Col 0, так и у обоих типов мутантов цветение наступало раньше и было более обильным при LED-освещении по сравнению с люминесцентным *(рис. 5)*. У многих длиннодневных растений, включая *A. thaliana*, наблюдается ускорение цветения в ответ на низкое соотношение К/ДК, а фитохромы PHYB и PHYA выступают основными фоторецепторами, которые контролируют цветение в ответ на этот сигнал [17]. Это может объяснять полученный эффект, поскольку К/ДК отношение при освещении LED1 и LED2 было, хотя и больше 1, но в 4 и 2 раза соответственно ниже, чем при LL *(таблица)*.

Заключение

Увеличение уровня К и снижение – С света и, таким образом, повышение К/С соотношения (К/С=4) в спектре, включающем все длины волн в диапазоне 400–800 нм, приводит к увеличению меристематической зоны корней, формированию более разветвленной корневой системы и накоплению вегетативной массы у растений дикого типа и мутантов wei8–1tar1–1. В то же время реакция растений *Arabidopsis* с модифицированными процессами трансдукции сигнала цитокинина принципиально отличается. Наиболее эффективным для роста листьев и корневой системы ahk2-мутантов было освещение с самым высоким уровнем С и наиболее низким – К света, то есть с пониженным соотношением К/С (К/С=1). Полученные данные указывают на важную роль рецепторов

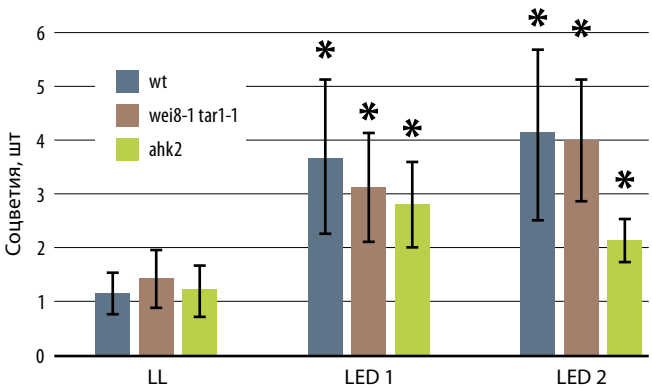


Рис. 5. Количество соцветий *Arabidopsis thaliana* дикого типа и мутантов wei8–1tar1–1 и ahk 2 при освещении различного спектрального состава
* – различия достоверны при p≤0,05, сравнение проводили с вариантом при люминесцентном освещении (LL)

гистидинкиназы АНК2 в стимуляции роста вегетативных органов *A. thaliana* в ответ на повышение уровня К и снижение – С света в сложных спектральных композициях. При этом LED освещение с более высоким уровнем С и низким – К света достаточно эффективно стимулировало накопление сухой массы корневой системы по сравнению с люминесцентным. Стимуляция роста корней светом данного спектрального состава, вероятно, не зависит от активности гистидинкиназы АНК2 и опосредуется значительным повышением уровня эндогенных ауксинов. Уменьшение соотношения К/ДК в спектре светодиодных источников освещения по сравнению с люминесцентной лампой способствовало стимуляции цветения *Arabidopsis thaliana* вне зависимости от характера мутации и несмотря на другие различия в спектральном составе.

Таким образом, учитывая сложность фоторецепторных процессов, запускаемых светом сигнальных каскадов, и экспрессии многочисленных генов, механизмы, лежащие в основе эффектов освещения с различной комбинацией световых диапазонов, все еще нуждаются в дальнейшем изучении. Однако полученные результаты уже могут быть учтены и использованы при разработке и применении светодиодных источников света для выращивания растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б19РМ-065, Б21М-097 и Российского фонда фундаментальных исследований Бел_мол_а 19–54–04015.

Summary. The results of studying the effect of light with different spectral composition on the morphogenesis of wild-type of *Arabidopsis thaliana* (Col 0), as well as wei8-1tar1-1 and ahk2 mutants with modified signal transduction processes of auxins and cytokinins. We used a specially developed technique that simplifies the assessment of the effect of light on the growth and development of *A. thaliana* plants, especially the configuration of their root system during the entire growing season. Luminescent (LL) and light-emitting diode (LED) light sources were used, which made it possible to vary the physiologically significant blue (B), green (G), red (R), and far red (FR) spectral ranges. The R/B ratio was equal to 1 and 4 for LED 1 and LED 2 lighting options, respectively, at the same total flux density of B and R light photons. The ratios of R/FR and B/G in the spectra of LED illumination varied in the ranges closest to those observed in natural conditions. The most effective for the formation of the root system, rosette of leaves and inflorescences of *A. thaliana* (Col 0) was LED illumination with R/B = 4, B/G = 1 and R/FR = 6. The obtained data indicate an important role of AHK2 histidine kinase receptors in stimulation of the formation of vegetative organs of *A. thaliana* in response to an increase in the level of R and a decrease in B light (an increase in the R/B ratio) in complex spectral compositions. At the same time, LED lighting with a higher level of B and a low level of R light (R/B = 1, B/G = 2 and R/FR = 3) rather effectively stimulated the accumulation of the dry mass of the root system and the formation of inflorescences compared to fluorescent lighting. Stimulation of root growth by light of this spectral composition is probably mediated by a significant increase in the level of endogenous auxins. The decrease in the R/FR ratio in the spectrum of LED sources compared to the fluorescent lamp contributed to the stimulation of flowering of *A. thaliana*, regardless of the nature of the mutation and despite other differences in the spectral composition.

Keywords: *A. thaliana*, LED lighting, spectral composition, photomorphoses, auxin, cytokinin.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-67-72

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. LEDs Make It Resilient: Effects on Plant Growth and Defense Review / M. Lazzarin [et al.] // Trends in Plant Science. 2020. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.11.013.
2. Закурин А.О. Светокультура растениеводства защищенного грунта: фотосинтез, фотоморфогенез и перспективы применения светодиодов / А.О. Закурин, А.В. Щенникова, А.М. Камионская // Физиология растений. 2020. Т. 67. №3. С. 246–258.
3. Blue light requirements for crop plants used in bioregenerative life support systems / N.C. Yorio [et al.] // Life Support & Biosph. Sci. 1998. V. 5. P. 119–128.
4. Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment / M.T. Naznin [et al.] // Plants (Basel). 2019. V. 8. №4 // https://doi.org/10.3390/plants8040093.
5. Crop photosynthetic response to light quality and light intensity / I. Shafiq [et al.] // Journal of Integrative Agriculture. 2021. Vol. 20(1). P. 4–23 // https://doi.org/10.1016/S2095–3119(20)63227–0.
6. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green / I. Terashima [et al.] // Plant Cell Physiol. 2009. Vol. 50. P. 684–697.
7. Войцеховская О.В. Фитохромы и другие (фото)рецепторы информации у растений / О.В. Войцеховская // Физиология растений. 2019. Т. 66. №3. С. 163–177.
8. Integration of light and auxin signaling / K.J. Halliday [et al.] // Cold Spring Harb Perspect Biol. 2009. doi: 10.1101/cshperspect.a001586.
9. Kieber J.J. Cytokinin signaling in plant development / J.J. Kieber, G.E. Schaller // Development. 2018. No. 145(4): dev149344 doi: 10.1242/dev.149344.
10. Research Progress on the Roles of Cytokinin in Plant Response to Stress / Y. Liu [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2020. 21(18):6574. doi:10.3390/ijms21186574.
11. TAA1-Mediated Auxin Biosynthesis Is Essential for Hormone Crosstalk and Plant Development / A.N. Stepanova [et al.] // Cell. Vol. 133. Iss. 1. 2008. №4. P. 177–191. https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.01.047.
12. The Arabidopsis Information Resource // https://www.arabidopsis.org/servlets/TairObject?accession=locus:2177261.
13. Применение гидратцеллюлозной пленки для исследования роста и развития корневой системы модельного растения Arabidopsis thaliana L / А.С. Кривобок [и др.] // Биотехнология. 2020. №1 С. 36–43.
14. Зависимость процессов роста и деления клеток в корне от его диаметра / Е.И. Быстрова [и др.] // Онтогенез. 2018. Т. 49. №2. С. 91–100.
15. Особенности фотоморфогенеза Arabidopsis thaliana при использовании LED-освещения различного спектрального состава / Т.Н. Куделина [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2021. Т. 66. №1. С. 42–52. https://doi.org/10.29235/1029–8940–2021–66–1–42–52.
16. Liu X. Interplay between Light and Plant Hormones in the Control of Arabidopsis Seedling Chlorophyll Biosynthesis / X. Liu, Y. Li, S. Zhong // Front. Plant Sci. 2017. No.8. P. 1433. doi: 10.3389/fpls.2017.01433.
17. Regulation of photoperiodic flowering by Arabidopsis photoreceptors / T. Mockler [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2003. Vol. 100. No4. P. 2140–2145. https://doi.org/10.1073/pnas.0437826100.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ВЕЛИКОБРИТАНИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С ВЕДУЩИМИ СТРАНАМИ ЕВРОПЫ И БЕЛАРУСЬЮ

Лариса Зенькова,
профессор кафедры экономики и управления Белорусского государственного экономического университета,
доктор экономических наук;
Lovekak@mail.ru

Александр Земцов,
аспирант кафедры экономики и управления Белорусского государственного экономического университета;
ALLTimeForYou@yandex.ru

Аннотация. *Рассмотрена система здравоохранения Великобритании и экономическая эффективность ее функционирования в сравнении с крупными странами Европы и Беларусью. Выделены институциональные особенности предпринимаемых мер по ее совершенствованию, сделана попытка измерения эффективности инноваций в системе здравоохранения.*

Ключевые слова: *экономика непроизводственной сферы, здравоохранение, экономическая эффективность, социальная политика, льготное ценообразование, Великобритания, Франция, Германия.*

Для цитирования: *Зенькова Л., Земцов А. Эффективность инноваций в системе здравоохранения Великобритании: сравнительный анализ с ведущими странами Европы и Беларусью // Наука и инновации. 2022. №5. С. 73–77. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-73-77*

УДК 330:338

Экономическая эффективность, ее содержание, показатели, влияющие факторы в научной литературе СНГ изучены в достаточной степени (С. Шаталин, Л. Абалкин, Ю. Осипов, М. Ноздрин-Плотницкий). Однако мало внимания уделяется специфичности ее проявления в непроизводственной области, и особенно результативности институциональных реформ в ней и роли государства. Здравоохранение как никакая другая отрасль вносит наибольший вклад в сохранение и приумножение человеческого капитала, поэтому имеет полное право считаться производственной сферой второго уровня, где формируется важнейший фактор общественного развития. Сравнительный анализ эффективности институционально-правовых изменений в системах здравоохранения ведущих стран позволяет очертить горизонты стратегической политики в этой сфере в Беларуси.

Институциональная структура

Институты системы здравоохранения и их модификация значительно влияют на экономический рост и динамику основных макроэкономических показателей. Рассмотрим одну из ведущих стран в мире по качеству медицинского обслуживания – Великобританию. Поскольку исторически она формировалась из отдельных и достаточно самобытных социально-экономических образований, то и устройство здравоохранения не базируется на принципах централизованности и универсальности *(рис. 1)*, в отличие от Франции и Германии.

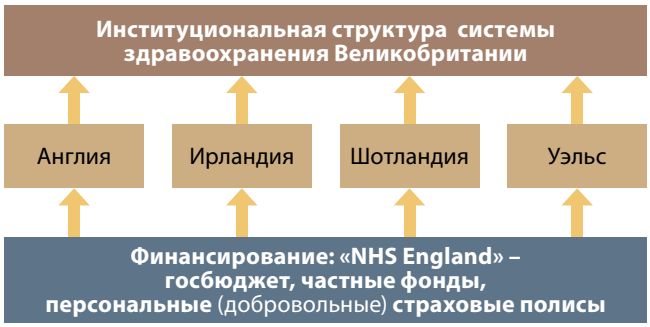


Рис. 1. Система здравоохранения Великобритании
Примечание: собственная разработка на основе [1]

Эти страны всегда конкурировали между собой по степени охвата, доступности и качеству медицинского обслуживания. По версии ВОЗ, в 2018 г. система здравоохранения Франции являлась лучшей среди развитых стран, по версии же Фонда Содружества «Commonwealth Fund», в 2017 г. лидировала Великобритания [2].

Обычно эффективность функционирования здравоохранения принято определять динамикой средней продолжительности жизни. Однако такой показатель, на наш взгляд, способен отражать лишь долгосрочные накопительные эффекты управления данной сферой. В связи с этим необходимо выделить показатели, отражающие краткосрочную результативность, исходя из всеобщего критерия (отнесения результата к затратам) и наличия официальных статистически фиксируемых данных. Такими показателями могут быть:

- *коэффициент корреляции между уровнем заболеваемости на 10 тыс. жителей (по ключевым болезням) и численностью врачей;*
- *соотношение между долей расходов на здравоохранение в ВВП и уровнем заболеваемости на 100 тыс. жителей.*

Их динамику можно измерить на небольших интервалах времени, например до и после введения институциональных реформ.

Как свидетельствуют данные *табл. 1*, расходы на здравоохранение в Великобритании за последние 5 лет выросли, как в пересчете на одного жителя, так и в процентах от ВВП. Однако их влияние на результирующие показатели заболеваемости в разные годы отличалось. В частности, рассчитанный нами коэффициент парной линейной корреляции (КК) с лаговой объясняющей переменной выявил высокую степень обратной зависимости между количеством врачей и заболеваемостью туберкулезом – лишь на второй год после роста численности врачей (КК= –0,905), низкую степень зависимости между количеством врачей и случаями онкозаболеваний (КК= –0,362 с лагом в 3 года), высокую степень связи между количеством врачей и ВИЧ-заболеваний (КК= –0,867 с лагом 3 года).

Сравнение динамики заболеваемости в расчете на 100 тыс. жителей по этим типам во Франции, Германии, Великобритании – трех ведущих странах Европы – за последние 9 лет выявил следующее *(рис. 2)*:

- *резкое снижение уровня заболеваемости туберкулезом в Великобритании после 2012 г. на фоне неизменности во Франции и роста в Германии с 2014 г. Статистика по Беларуси не приводилась в силу несопоставимости данных, превышающих указанные в 3–4 раза. Лишь в 2019 г. нам удалось относительно стабилизировать ситуацию и выйти на рубеж 19 чел. в расчете на 100 тыс. жителей [3];*
- *стабилизацию динамики онкозаболеваний в Великобритании начиная с 2012 г., на фоне ее падения в Германии с 2013 г. и роста во Франции и Беларуси с 2012 г.; при этом актуален вопрос, какие же институциональные изменения в системе здравоохранения это вызвали;*
- *выраженное падение уровня заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Великобритании после 2015 г. в сравнении со стабильной картиной ее динамики во Франции и Германии и с резким, более чем в 2 раза, ростом среди белорусов (рис. 2 в).*

Показатели заболеваемости и масштабов системы здравоохранения	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Численность врачей на 10 тыс. жит.	26	27	27	27	28	28	28	28	28
Заболеваемость туберкулезом /100 тыс. жит.	14	15	14	13	11	10	10	9	8
Заболеваемость онкол. /100 тыс. жит.	523,4	528,5	533,7	551,2	556,8	557,5	558	511,7	504,9
Заболеваемость ВИЧ/100 тыс. жит.	10	10	10	9	10	10	8	7	7
Расходы на здравоохранение, % от ВВП	7,6	7,5	7,4	7,4	7,5	7,5	7,6	7,5	7,5

Таблица 1. Динамика некоторых показателей эффективности системы здравоохранения Великобритании за период 2010–2018 гг.
Источники: [3, 4]

Особенности системы финансирования здравоохранения

Все жители Англии автоматически получают право на бесплатное государственное медицинское обслуживание через Национальную службу здравоохранения (NHS), включая лечение в стационаре и психиатрическую помощь. Государственное агентство NHS England контролирует и выделяет средства Clinical Commissioning Groups, которая управляет ими и оплачивает оказание медуслуг на местном уровне. Примерно 10,5% населения Соединенного Королевства имеют добровольное дополнительное страхование, чтобы получить более быстрый доступ к плановому медобслуживанию [5]. Для сравнения: Франция и Япония также имеют системы государственной финансовой помощи *(табл. 2)*, однако не такие масштабные.

В Японии кардинальная инновационная реформа произошла в 2000 г., когда финансирование здравоохранения и социального обеспечения были объединены. Такое же реформирование позже было проведено в Германии в 2002 г. Анализ динамики заболеваемости до и после 2002 г. однозначно указывает на положительный эффект этой меры.

Охват услугами здравоохранения в Англии был всеобщим с момента создания NHS в 1948 г. Бесплатное медицинское обслуживание уже тогда рассматривалось как один из аспектов реформы системы социального обеспечения, направленной на улучшение условий жизнедеятельности человека. Сейчас на него автоматически имеют право все, кто постоянно или преимущественно проживает в Англии, а также нерезиденты с европейской картой медицинского страхования. Для приезжих из неевропейских стран или иммигрантов без документов бесплатно предоставляется только лечение в отделении неотложной помощи и при определенных скоротечных и опасных инфекционных заболеваниях [12].

Роль государственного медицинского страхования достаточно существенна: в 2018 г. Великобритания потратила на здравоохранение 7,5% от ВВП; государственные расходы, в основном связанные с NHS, составляют около 80% от этой суммы. Большая часть финансирования NHS поступает за счет общих налогов, а меньшая (20%) – от национального страхования, которое представляет собой налог на заработную плату, уплачиваемый служащими

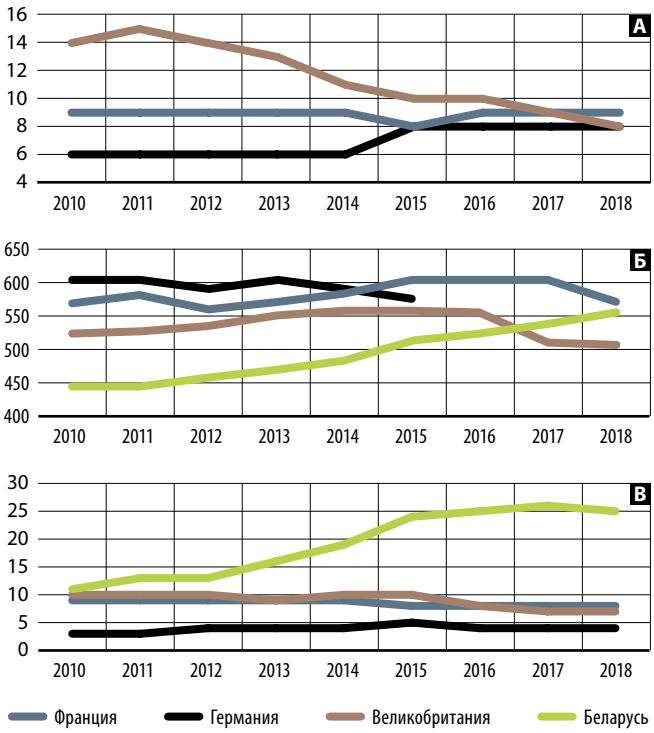


Рис. 2. Динамика уровня тяжелой заболеваемости на 100 тыс. жителей во Франции, Германии, Великобритании, Беларуси за период 2010–2018 гг.: А) туберкулезом; Б) онкологическими болезнями; В) ВИЧ
Источники: [3, 4]

и работодателями. NHS также получает доход от доплат и лиц, пользующихся услугами этой службы в качестве частных пациентов [12].

Государственная система здравоохранения этой страны также предоставляет бесплатные услуги скорой помощи в экстренных случаях, когда пациентам необходим специализированный транспорт, имеющийся только у бригад скорой помощи. При необходимости подключаются службы добровольной скорой помощи (Британский Красный Крест, Ассоциация скорой помощи Сент-Эндрюса и Скорая помощь Сент-Джона). Кроме того, транспортировкой пациентов по воздуху занимается Шотландская служба скорой помощи и окружные или региональные трасты санитарной авиации (иногда действующие совместно с местными полицейскими вертолетными службами) по всей Англии и Уэльсу.

При закупке лекарств Национальная служба здравоохранения обладает значительным рыночным влиянием на цены, для этого проводится эмпирическая оценка своими экспертами «подъемной» для населения стоимости медпрепаратов, затем фармацевтическим компаниям предписывается соблюдать ее на данном удерживаемом

низком уровне. Некоторые страны либо копируют модель Великобритании, либо напрямую полагаются на практику этой страны при принятии собственных решений о финансируемых государством компенсациях за лекарства [5].

Частная медицина занимает на рынке медицинских услуг Великобритании лишь отдельные ниши, что нельзя сказать о Японии и Франции. Это вполне эффективная система частно-государственного партнерства. Частный бизнес присутствует здесь в двух ипостасях: как производитель услуг (для населения, имеющего страховые полисы или оплачивающего медуслугу непосредственно из личных средств) и как поставщик отдельных услуг по договору с NHS на платной основе, но предоставляемых населению в медучреждениях бесплатно. Полагаем, внедрение такой системы актуально и в Республике Беларусь.

Мировой практикой за частным бизнесом традиционно закрепились такие ниши, как косметические операции, стоматология, однако уже на сегодняшний день начинают проявляться и дополнительные – хирургия глаза, ортопедия [13]. Это связано с увеличением времени ожидания планово оказываемых услуг. Например, целевой лист ожидания услуг NHS в Северной Ирландии составляет 52 недели, а не 18, как в Англии, и он часто не выполняется [17].

К сожалению, подобная статистика в Беларуси не ведется, хотя это было бы очень полезно. По длительности ожидания плановых операций и других медуслуг можно судить о качестве и доступности системы здравоохранения. Например, стоит отметить резкое возрастание глазных болезней среди молодежи в эпоху компьютеризации, следовательно, прогноз удлинения очередей за офтальмологической помощью вполне реален, и уже сейчас стоит заложить в приоритетные направления государственной политики развития частного бизнеса в здравоохранении именно эту нишу. В противном случае законы рынка сработают в сторону увеличения цен на эти медуслуги в связи с возросшим спросом.

Неспособность организации NHS обеспечить соблюдение целевого времени ожидания запланированной операции привела к увеличению числа пациентов, самостоятельно их оплачивающих. Имеются отдельные результаты научных исследований, подтверждающие, например, такое положение дел: в период с 2012 по 2016 г. личные платежи за неотложную медицинскую помощь возросли на 53%, достигнув 701 млн фунтов стерлингов, без учета косметических операций или расходов, покрываемых медицинским страхованием [10].

В 2018 г. 75% частных медицинских услуг для пациентов из Великобритании финансировалось за счет негосударственного страхования, однако большинство из них все же носило «нишевый» характер. Так, около 40% работы в частных провинциальных больницах приходилось на ортопедию, но консультанты по другим специальностям не были довольны имеющимися услугами или уровнем опыта персонала, поэтому пациентам с частной страховкой за пределами Лондона рекомендовали выбирать лечение в NHS [12, 13]. Рынок частных больниц в центре Лондона в 2019 г. оценивался примерно в 1,5 млрд фунтов стерлингов в год [14].

Великобритания неоднородна по социальным условиям проживания и институциональным особенностям экономической среды, поэтому, в отличие от других стран, соотношение рынка и государства в системах здравоохранения Англии, Шотландии, Уэльса, Северной Ирландии различна. Шотландия, например, имеющая обширные сельскохозяйственные угодья, испытывает специфические трудности: нехватку сельских медработников, значительность доли рисковой категории населения – пожилых людей старше 65 лет, затруднения в оказании неотложной медпомощи из-за больших расстояний [11, 19]. Трасты NHS здесь не существуют, все вопросы медобслуживания решают региональные органы [10].

В Северной Ирландии также есть своя специфика: обеспечивается не только медицинское, но и социальное обслуживание, предоставляемое местными органами власти [17]. Здравоохранение и социальная помощь здесь являются частью одной и той же структуры с 1974 г. Тем не менее врачей не хватает, не случайно, например, каждый пятый североирландский онкопациент получает диагноз на последней стадии болезни, во время посещения отделения неотложной помощи. Пациенты слишком долго ждут в больничных списках [11, 15, 17].

В Англии достаточно распространены специализированные клиники. В Уэльсе наоборот, из-за малой территории невыгодно их иметь, поэтому многие жители едут для обслуживания в английские приграничные больницы [11]. Как следствие, те перегружены.

В Беларуси наблюдается следующая ситуация: за период 2010–2020 гг. количество койко-мест на 10 тыс. жителей сократилось со 114,6 до 83,9 при росте численности врачей с 48,7 чел. до 59,7 [18].

Своей специфической системой налогообложения Англия также выделяется на фоне дру-

гих стран: с апреля 2019 г. введен рецептурный сбор в размере 9 фунтов стерлингов за каждый медицинский товар. Освобождены от него лишь 4 категории граждан: в возрасте до 16 лет (до 18, если они проходят очное обучение); старше 60 лет, получающие рецептурные лекарства; пациенты с определенными заболеваниями; люди с низким доходом или получающие определенные льготы. Рецептурных сборов нет в Северной Ирландии, Шотландии и Уэльсе. Нигде в Великобритании нет платы за рецепты на лекарства, которые выписываются в больнице, врачом или в центре организации NHS [5, 7].

При необходимости постоянно закупать одни и те же препараты жители Англии могут приобрести сертификаты на 3, 6 или 12 мес. с соответствующим понижением цены. Такой подход также стоит взять на вооружение в Беларуси, особенно по отношению к страдающим сахарным диабетом, постинфарктным синдромом.

Таким образом, зарубежная практика функционирования систем здравоохранения подсказывает и нашей белорусской направления реформирования. Достигшая глобальных масштабов пандемия показала недостаточность только государственного медицинского обслуживания и финансирования. В частности, по мнению авторов, в Беларуси возможно введение максимальных нормативов обязательного государственного предоставления медуслуг при наличии добровольного индивидуального социального страхования, введение сертификатов на получение постоянных доз лекарств у продолжительно лечащихся больных.

Summary. The health care system in Great Britain is considered, as well as the economic effectiveness of its functioning in comparison with the major European countries and Belarus. We considered the institutional features of its modern improvement, and made an attempt to measure the effectiveness of innovations in the healthcare system. Cost-effectiveness, its content, indicators and influencing factors have been sufficiently studied in the Russian literature. However, little attention is paid to the specificity of indicators that related to the non-productive sphere, especially the effectiveness of institutional reforms in it and to the regulative role of the state. The health care system as any makes the greatest contribution to the preservation and increase of human capital, so it has every right to be considered a second-level production sphere, where is formed the most important factor of social production. A comparative analysis of the effectiveness of institutional and legal changes in the healthcare system of the leading countries allows us to identify the horizons of the strategic health policy in Belarus.

Keywords: economy of the non-productive sphere, healthcare, cost-effectiveness, social policy, preferential pricing, Great Britain, France, Germany.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-73-77

Настало также время совершенствования институциональной организационной структуры здравоохранения, ее не эволюционного, а кардинального изменения. Сложившаяся практика ее финансирования не позволяет оперативно изменять источники и направления денежных потоков. На наш взгляд, системы финансирования медицинских и социальных услуг следует объединить, как и соответствующие два органа госаппарата. Именно такой подход показал свою действенность и приспособляемость к «нештатным» ситуациям. И

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Health care in the United Kingdom // https://en.wikipedia.org/wiki/Health_care_in_the_United_Kingdom.
2. Стеблецова А.О. 70 лет Национальной службе здравоохранения Великобритании / А.О. Стеблецова., И.И. Торубарова, А.О. Хороших // Здоровьесбережение студенческой молодежи: опыт, инновационные подходы и перспективы развития в системе высшего образования: сб. материалов конф.– Воронеж, 2019.
3. Беларусь и страны мира 2020: статистический сборник.– Минск, 2020.
4. Беларусь и страны мира 2018: статистический сборник.– Минск, 2018.
5. Health expenditure and financing // https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SHA.
6. World Health Organization / https://www.who.int/data.
7. Mirror, Mirror 2017: International Comparison Reflects Flaws and Opportunities for Better U.S. Health Care // https://interactives.commonwealthfund.org/2017/july/mirror-mirror/.
8. Здравоохранение обходится Германии в более миллиарда евро в день // https://news.rambler.ru/business/39166193/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.
9. France // https://www.commonwealthfund.org/international-health-policy-center/countries/france.
10. Расходы на здравоохранение из госбюджета Германии // https://ru-geld.de/country/national-budget/.
11. International Health Care System Profiles, England // https://www.commonwealthfund.org/international-health-policy-center/countries/england.
12. NHS at 70: Public perceptions. Poll conducted for the Health Foundation in partnership with The King's Fund, Nuffield Trust and the Institute for Fiscal Studies, June 2018: // www.health.org.uk/publications/nhs-at-70-public-perceptions.
13. Private medicine in the United Kingdom // https://en.wikipedia.org/wiki/Private_medicine_in_the_United_Kingdom.
14. Have London trusts planned for 40% growth in private hospital capacity? // https://www.buildingbetterhealthcare.com/news/article_page/Have_London_trusts_planned_for_40_growth_in_private_hospital_capacity/155039/cn164706.
15. Healthcare in Scotland // https://en.wikipedia.org/wiki/Healthcare_in_Scotland#cite_ref-:0_7–1.
16. ОЭСР. OECD Reviews of Health Care Quality, Statistics / OECD Reviews of Health Care Quality / OECD Reviews of Health Care Quality: Великобритания 2016 // https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/9789264239487-en.pdf?itemId=/content/publication/9789264239487-en&mimeType=pdf.
17. Health and Social Care (Northern Ireland // https://en.wikipedia.org/wiki/Health_and_Social_Care_(Northern_Ireland).
18. Официальный сайт Национального статистического комитета // https://belstat.gov.by.
19. NHS Wales // https://en.wikipedia.org/wiki/NHS_Wales.

Статья поступила в редакцию 18.01.2022

КОРРЕКЦИЯ ω-3полиненасыщенными жирными кислотами нарушений энергетических процессов в тканях головного мозга крыс при субтотальной церебральной ишемии

Елизавета Бонь,
доцент кафедры патологической физиологии Гродненского государственного медицинского университета,
кандидат биологических наук;
asphodela@list.ru

Наталия Максимович,
завкафедрой патологической физиологии ГрГМУ, доктор медицинских наук, профессор;
mne@grsmu.by

Иосиф Дремза,
доцент кафедры патологической физиологии ГрГМУ,
кандидат биологических наук;
idremza@rambler.ru

Ольга Карнюшко,
доцент кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии ГрГМУ,
кандидат биологических наук;
karnyushko-olga@mail.ru

Сергей Зиматкин,
завкафедрой гистологии, цитологии и эмбриологии ГрГМУ,
доктор биологических наук, профессор;
smzimatkin@mail.ru

Александра Койко,
студентка 3-го курса педиатрического факультета ГрГМУ;
alexandrakoiko@yandex.by

Виолетта Шевчук,
студентка 3-го курса педиатрического факультета ГрГМУ;
violetta.shev00@mail.ru

Мария Лычковская,
студентка 4-го курса педиатрического факультета ГрГМУ;
lychkovskaya.m@gmail.com

Аннотация. *В процессе работы изучены показатели дыхания митохондрий гомогенатов головного мозга и содержания АТФ-синтазы у крыс с ишемией головного мозга и в условиях введения ω-3полиненасыщенных жирных кислот, обладающих противовоспалительным действием, регулирующих сосудистый тонус и препятствующих вазоконстрикции сосудов под влиянием катехоламинов, что обусловливает умеренный вазодилататорный эффект, а также оказывающих корригирующее действие в отношении митохондриального дыхания. Отмечается их благоприятное влияние на структуры гиппокампа при субтотальной ишемии головного мозга и меньшая выраженность проявлений неврологического дефицита, по сравнению с группой без их введения.*

Ключевые слова: *АТФ-синтаза, нейроны, ишемия головного мозга, митохондрии, ω-3полиненасыщенные жирные кислоты, АДФ.*

Для цитирования: *Бонь Е., Максимович Н., Дремза И., Карнюшко О., Зиматкин С., Койко А., Шевчук В., Лычковская М. Коррекция ω-3полиненасыщенными жирными кислотами нарушений энергетических процессов в тканях головного мозга крыс при субтотальной церебральной ишемии // Наука и инновации. 2022. №5. С 78-83. https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-78-83*

УДК 616.831.31-005.4.-092.913:618.33

Энергообмен в клетке связан с митохондриями, которые играют важную роль в процессах жизнедеятельности, участвуя не только в образовании АТФ, но и в хранении и передаче наследственной информации, апоптозе и пластических процессах. Наиболее характерная их особенность – наличие большого числа ферментов, задействованных в окислительном фосфорилировании и снабжении клетки энергией [1–8].

Существует ряд молекулярных маркеров энергетической активности митохондрий, среди которых одним из основных является АТФ-синтаза – интегральный белок внутренней

мембраны митохондрий, опосредущий образование АТФ из АДФ [3, 9].

Нейроны головного мозга (ГМ) – электрически активные клетки, богатые ионными каналами, в обеспечении функционирования которых важная роль принадлежит ω-3полиненасыщенным жирным кислотам (ω-3ПНЖК), участвующим в регуляции физиологических процессов путем синтеза липидных медиаторов, передаче импульсов, работе рецепторов, влияющих на текучесть клеточных мембран [10, 11, 13, 15–17]. Это предполагает целесообразность изучения их воздействия на энергообмен у крыс с ишемией головного мозга (ИГМ). Цель исследования – оценить нарушения энергетических процессов в тканях ГМ у животных с этим состоянием и возможность их коррекции ω-3полиненасыщенными жирными кислотами. В процессе работы изучены показатели дыхания митохондрий гомогенатов ГМ и содержания АТФ-синтазы у крыс с ИГМ и в условиях введения ω-3ПНЖК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на 18 самцах беспородных белых крыс массой 260±20 г с соблюдением требований Директивы Европейского парламента и Совета ЕС №2010/63/EU от 22.09.2010 г. о защите животных, использующихся для научных целей. Выбор обусловлен сходством ангиоархитектоники ГМ крыс и человека.

Моделирование ИГМ осуществляли в условиях внутривенного тиопенталового наркоза (40–50 мг/кг). Субтотальную ишемию головного мозга (СИГМ) – путем одномоментной перевязки обеих общих сонных артерий (ОСА). Забор материала происходил через 1 час для изучения тканевого дыхания митохондрий и определения содержания АТФ-синтазы.

Для выявления эффектов ω-3ПНЖК животным до ИГМ в течение 1 недели внутрижелудочно вводили данные кислоты в дозе 5 г/кг массы тела. Контрольную группу составили ложно оперированные крысы аналогичных пола и веса.

После декапитации животного правое полушарие использовалось для изучения содержания АТФ-синтазы, а левое – для определения дыхания митохондриальной фракции.

Для исследования митохондриального дыхания головной мозг извлекали на холоде (0–4 °С), осушали фильтровальной бумагой, взвешивали и гомогенизировали в среде выделения, содержащей 0,32 М сахарозы, 10 mM Трис-HCl, 1 mM ЭДТА, pH 7,4 (в соотношении 1:10) с помощью гомогенизатора Поттера-Эвельгейма с тефлоновым пестиком согласно модифицированному классическому методу Lai и Clark (1979).

Митохондрии получали изолированным методом дифференциального центрифугирования. Ядерную фракцию отделяли при 600 g в течение 10 мин (4 °С). Полученный супернатант центрифугировали при 8500 g в течение 10 мин (4 °С), митохондриальный осадок дважды промывали в среде выделения и ресуспендировали до концентрации белка 35–40 мг/мл в среде выделения и хранили в короткой пробирке на льду. Концентрацию белка определяли по методу Лоури.

Для изучения митохондриального дыхания концентрированную суспензию митохондрий вносили в термостатируемую герметичную полярографическую ячейку со средой инкубации, включающей

0,17 М сахарозу, 40 мМ KCl, 10 мМ Трис-HCl, 5 мМ KH2PO4, 8 мМ KHCO3, 0,1 мМ ЭДТА, pH 7,4, в количестве, обеспечивающем конечную концентрацию белка в ячейке 1 мг/мл.

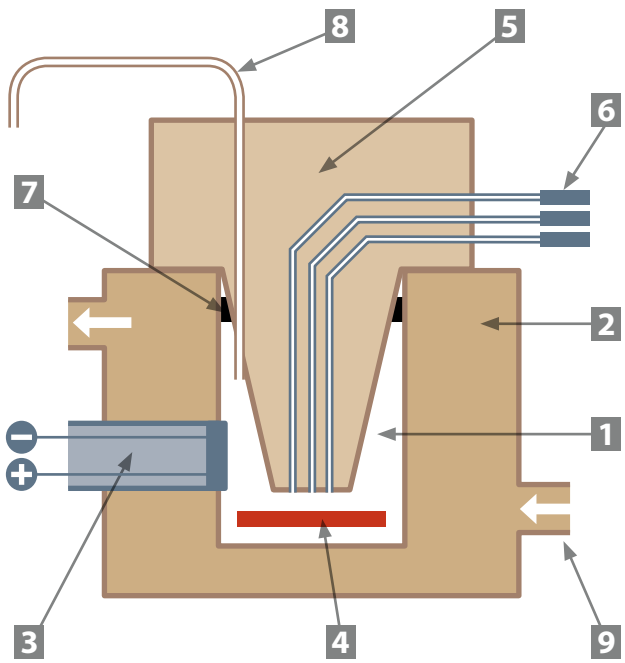


Рис. 1. Полярографическая ячейка для исследования респираторной активности митохондрий: 1 – ячейка; 2 – термостатируемая камера; 3 – электрод Кларка; 4 – магнитная мешалка; 5 – герметизирующая пробка; 6 – каналы для дозированного анаэробного введения субстратов и АДФ; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – канал для выведения воздуха и избытка жидкости; 9 – штуцер для подключения к ультратермостату

Принцип работы полярографической ячейки объемом 3 мл основан на регистрации поглощения кислорода митохондриями с помощью встроенного электрода Кларка при температуре 25 °С *(рис. 1)*.

Регистрация изменений напряжения кислорода (pO_2) в суспензии митохондрий осуществлялась с помощью электронного регистратора КСП-4.

Калибровку электрода Кларка проводили путем последовательного продувания через ячейку воздуха (pO_2 воздуха) и газообразного азота (pO_2=0 мм рт. ст.).

После регистрации скорости базального (эндогенного) дыхания при отсутствии субстрата (V_1) в суспензию митохондрий поочередно вводили субстраты дыхания (малат – 2 мМ /глутамат – 5 мМ или сукцинат – 5 мМ), а затем АДФ в количестве 200 нмоль/мл. По полученным полярограммам рассчитывали скорость дыхания митохондрий в разных метаболических состояниях и коэффициенты, характеризующие сопряжение процессов окисления и фосфорилирования.

Регистрировали следующие показатели дыхания митохондрий: V_1 – скорость базального дыхания, V_2 – скорость субстрат-зависимого дыхания, V_3 – скорость дыхания, сопряженного с фосфорилированием (после внесения АДФ), V_4 – скорость дыхания после завершения фосфорилирования добавленного АДФ. Определяли также коэффициенты акцепторного контроля ($АК=V_3/V_2$), дыхательного контроля ($ДК=V_3/V_4$) и фосфорилирования – АДФ/О, характеризующие сопряжение процессов окисления и фосфорилирования в митохондриях [12].

Использование растворов субстратов сукцината и комплекса малат/глутамат позволяло оценить степень функциональной активности цепи переноса электронов (ЦПЭ) в митохондриях в целом, в особенности – I и II комплекса ЦПЭ [12].

Содержание АТФ-синтазы определялось иммуногистохимическим методом с использованием моноклональных антител. С этой целью после декапитации у крыс быстро извлекали головной мозг, кусочки коры больших полушарий головного мозга фиксировали в цинк-этанол-формальдегиде при +4 °С (на ночь), затем заключали в парафин [1].

Парафиновые срезы толщиной 5 мкм готовили с помощью микротома, монтировали на предметные стекла. Препараты обрабатывали согласно протоколу иммуноцитохимической реакции для световой микроскопии, исключающей процедуру теплового демаскирования антигенов. Для определения иммунореактивности молекулярного маркера митохондрий АТФ-синтазы (комплекса V, образующего АТФ из АДФ) применяли первичные моноклональные мышиные антитела (Anti-ATP5A antibody, Abcam, Великобритания, ab. 14748) в разведении 1:2400 при +4 °С, с экспозицией 20 ч во влажной камере. Для выявления связавшихся первичных антител использовали набор детекции EXPOSE Mouse and Rabbit specific HRP/DAB detection IHC kit Abcam (Великобритания, ab. 80436). Иммунореактивность АТФ-синтазы изучали в цитоплазме нейронов пятого слоя теменной коры и нейронов поля CA1 гиппокампа в иммуногистохимических препаратах на основе величины оптической плотности осадка хромогена с помощью микроскопа Axioscop 2 plus (Zeiss, Германия), цифровой видеокамеры (LeicaDFC320, Германия) и программы анализа изображения ImageWarp (Bitflow, США).

Для предотвращения систематической ошибки измерений образцы головного мозга от сравниваемых контрольной и опытных групп животных изучали в одинаковых условиях.

В результате исследований получены количественные непрерывные данные. Так как в эксперименте использованы малые выборки, которые имели ненормальное распределение, анализ проводили методами непараметрической статистики с помощью лицензионной компьютерной программы Statistica 10.0 для Windows (StatSoft, Inc., США). Данные представлены в виде Me (LQ; UQ), где Me – медиана, LQ – значение нижнего квартиля; UQ – значение верхнего квартиля. Различия между группами считали достоверными при $p<0,05$ (тест Крускелла-Уоллиса с поправкой Бонферони) [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Субтотальная ишемия головного мозга, вызванная перевязкой обеих общих сонных артерий у крыс, сопровождалась существенными нарушениями митохондриального дыхания клеток ГМ. Изучение его показателей свидетельствует о том, что в группе «СИГМ» продолжительностью 1 ч, по сравнению с группой «контроль», в присутствии малата/глутамата V_2 увеличилась на 24 (18; 27)%, $p<0,05$, а коэффициент акцепторного контроля и коэффициент фосфорилирования уменьшились на 25 (17; 29)%, $p<0,05$.

Группы	V_1(нг ат О/мин×мг белка)	V_2 (нг ат О/мин×мг белка)	V_3 (нг ат О/мин×мг белка)	V_4 (нг ат О/мин×мг белка)	(V_3/V_2) коэффициент акцепторного контроля	(V_3/V_4) коэффициент дыхательного контроля	(АДФ/О) коэффициент фосфорилирования
Субстрат «малат/глутамат»							
Контроль	18 (14; 19)	27 (26; 27)	51 (48; 56)	31 (27; 34)	2,0 (1,8,3,0)	1,6 (1,6;1,7)	2,0 (1,9;2,1)
СИГМ	18 (18; 24)	36* (35; 38)	50 (48; 51)	32 (30; 37)	1,5* (1,3; 1,5)	1,4 (1,3; 1,6)	1,5* (1,4; 1,5)
СИГМ+ω-3ПНЖК	17 (16; 18)	34* (33; 36)	56 (51; 61)	37 (35; 39)	1,6*# (1,6; 1,7)	1,5 (1,4; 1,6)	1,8# (1,7; 1,9)
Субстрат «сукцинат»							
Контроль	17 (15; 17)	34 (28; 36)	66 (65; 68)	38 (36; 40)	1,2 (1,9; 2,0)	1,8 (1,7; 1,9)	1,9 (1,8; 1,9)
СИГМ	27* (19; 27)	39* (36; 42)	50* (48; 54)	40 (37; 41)	1,3* (1,2; 1,3)	1,4* (1,2; 1,4)	1,2* (1,1; 1,2)
СИГМ+ω-3ПНЖК	15# (14; 18)	35 (34; 36)	65# (64; 68)	37 (36; 38)	1,8# (1,8; 1,9)	1,8# (1,4; 1,8)	1,4*# (1,4; 1,5)

Таблица 1. Показатели дыхания митохондриальной фракции гомогенатов головного мозга крыс с субтотальной церебральной ишемией и на фоне введения ω-3полиненасыщенных жирных кислот при использовании субстратов «малат/глутамат» и «сукцинат», Me (LQ; LU)

Примечания: * – p<0,05 – по отношению к значениям в группе «контроль», # – p<0,05 – по отношению к значениям в группе «СИГМ», ω-3ПНЖК – ω-3полиненасыщенные жирные кислоты

Остальные показатели (V_1, V_3, V_4, коэффициент дыхательного контроля) не изменялись (p>0,05).

В присутствии субстрата сукцината отмечено увеличение скоростей базального дыхания V_1 – на 38 (34; 42)%, субстрат-зависимого дыхания V_2 – на 13 (9; 18)%, дыхания, сопряженного с фосфорилированием V_3,– на 26 (21; 32)%, p<0,05.

По сравнению с группой «СИГМ», в группе «СИГМ+ ω-3ПНЖК» в присутствии субстрата «малат/глутамат» происходило увеличение коэффицентов акцепторного контроля на 7 (2; 11)%, p<0,05 и фосфорилирования на 18 (11; 23)%, p<0,05 *(табл. 1)*.

В присутствии субстрата «сукцинат» скорость V_1 была меньше (на 44 (39; 51)%, p<0,05), а V_3 – больше (на 20 (18; 29)%, p<0,05). Данные изменения свидетельствуют об увеличении сопряженности процессов окисления и фосфорилирования в митоходриях головного мозга крыс с СИГМ при введении ω-3ПНЖК. Коэффициенты акцепторного контроля, дыхательного контроля и фосфорилирования увеличились на 30 (21; 42)%, 25 (19; 29)% и 13 (9; 22)%, p<0,05 соответственно, что свидетельствует об активации митохондриального дыхания в условии использования ω-3ПНЖК.

Однако полной коррекции энергетических нарушений не происходило. Так, по сравнению с контролем, в группе «СИГМ+ω-3ПНЖК» в присутствии субстрата «малат/глутамат» отмечено увеличение скорости V_2 (на 20 (18; 32)%, p<0,05) и уменьшение коэффициента акцепторного контроля (на 21 (17; 33)%, p<0,05), а в присутствии сукцината отмечалось уменьшение коэффициента фосфорилирования на 25 (19; 31)%, p<0,05. А в группе «СИГМ» содержание АТФ-синтазы уменьшилось на 45 (38; 53)% – в теменной коре (p<0,05) и на 39 (31; 46)% – в гиппокампе (p<0,05).

Введение ω-3ПНЖК не оказало эффекта на уровень активности АТФ-синтазы в цитоплазме нейронов теменной коры у крыс с СИГМ по сравнению с группой СИГМ без введения ω-3ПНЖК (p>0,05), *(табл. 2, рис. 2, 3)*.

Однако в нейронах гиппокампа головного мозга крыс, получавших ω-3ПНЖК, отмечалось увеличение содержания АТФ-синтазы,

Группы	Содержание АТФ-синтазы/единицы оптической плотности	
	теменная кора	гиппокамп
Контроль	0,198 (0,193; 0,209)	0,181 (0,176; 0,183)
СИГМ	0,109 (0,103; 0,121)*	0,107 (0,104; 0,115)*
СИГМ+ ω-3 ПНЖК	0,122 (0,121; 0,125)*	0,136 (0,133; 0,144)* #

Таблица 2. Содержание АТФ-синтазы в цитоплазме пирамидных нейронов теменной коры и поля CA1 гиппокампа головного мозга крыс с СИГМ и введением ω-3ПНЖК, Me (LQ; UQ)

Примечание: * – p<0,05 по сравнению с группой контроль, # – p<0,05 по сравнению с группой СИГМ, СИГМ – субтотальная ишемия головного мозга, ω-3ПНЖК – ω-3 полиненасыщенные жирные кислоты

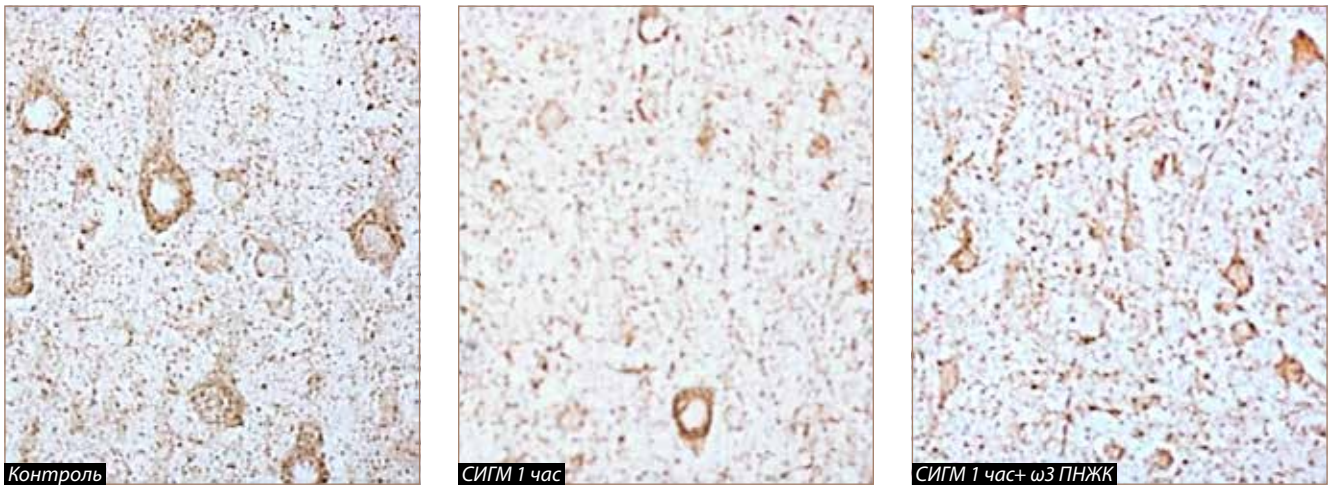


Рис. 2. Содержание АТФ-синтазы в цитоплазме пирамидных нейронов теменной коры головного мозга крыс с СИГМ и введением ω-3полиненасыщенных жирных кислот. Цифровая микрофотография. Увелич. 40

по сравнению с группой «СИГМ», на 20 (11; 35)%, p<0,05. По сравнению с контролем, фермента в гиппокампе оставалось на 26 (19; 32)% меньше, а без введения ω-3ПНЖК было на 39 (31; 46)% меньше, p<0,05.

Существенно улучшились параметры дыхания митохондрий при использовании в качестве субстрата сукцината в группе животных с СИГМ, получавших ω-3ПНЖК. При применении в качестве субстрата малата/глутамата наблюдалась та же тенденция в изменении дыхания, что и в случае с сукцинатом, однако в последнем случае она была более выражена. Кроме того, значительно нарушалась работа V комплекса цепи тканевого дыхания, что связано с низким содержанием АТФ-синтазы.

Известно, что даже кратковременная церебральная ишемия ведет к глубоким повреждениям нервной ткани по причине недостаточной оксигенации нейронов, снижения энергообразования, нарушения транспорта потенциалопределяющих ионов, кислотно-основного состояния, эксайтотоксичности, окислительного стресса и апоптоза. В начале возникают молекулярные и ультраструктурные изменения, в большинстве случаев обратимые [13].

Таким образом, ω-3полиненасыщенные жирные кислоты оказывают корригирующее действие в отношении митохондриального дыхания, что согласуется с ранее полученными данными о их благоприятном влиянии на структуры гиппокампа в условиях субтотальной ишемии голов-

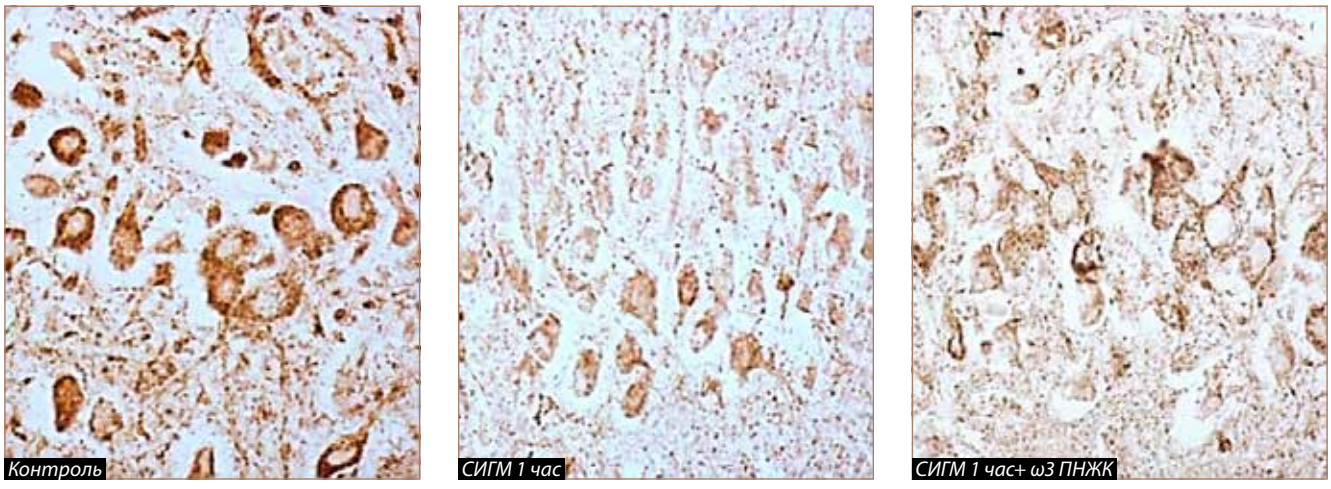


Рис. 3. Содержание АТФ-синтазы в цитоплазме пирамидных нейронов поля СА1 гиппокампа головного мозга крыс с СИГМ и введением ω-3полиненасыщенных жирных кислот. Цифровая микрофотография. Увелич. 40

ного мозга (уменьшение количества клеток-теней и гиперхромных сморщенных нейронов) [13] и о меньшей выраженности проявлений неврологического дефицита, по сравнению с группой без их введения [5].

Благоприятный эффект воздействия полиненасыщенных жирных кислот на состояние нейронов коры ГМ в условиях субтотальной церебальной ишемии может быть обусловлен улучшением реологических свойств крови вследствие уменьшения выработки тромбоксана А и увеличения уровня тканевого активатора плазминогена, а также повышением текучести мембран нейронов, снижением вязкости крови [15–17]. ω-3ПНЖК также обладают противовоспалительным действием вследствие их встраивания в фосфолипидный слой клеточных мембран моноцитов, лейкоцитов, эндотелиальных клеток, что сопровождается уменьшением выработки медиаторов воспаления и уменьшением адгезии лейкоцитов к эндотелиальной стенке. Кроме того, полиненасыщенные жирные кислоты регулируют сосудистый тонус и препятствуют вазоконстрикции сосудов под влиянием катехоламинов, что обусловливает умеренный вазодилататорный эффект [10, 11]. Нейроны гиппокампа, как филогенетически более старого отдела коры, менее чувствительны к гипоксии, что является возможной причиной терапевтического действия ω-3ПНЖК в отношении АТФ-синтазы и показателей дыхания митохондриальной фракции гомогенатов головного мозга, особенно при использовании в качестве субстрата сукцината.

Summary. In the course of the work, the parameters of respiration of mitochondria of brain homogenates and the content of ATP synthase in rats with cerebral ischemia and under conditions of administration of ω-3 polyunsaturated fatty acids were studied. ω-3 polyunsaturated fatty acids have an anti-inflammatory effect due to their incorporation into the phospholipid layer of cell membranes of monocytes, leukocytes, endothelial cells, which is accompanied by a decrease in the production of inflammatory mediators and a decrease in leukocyte adhesion to the endothelial wall. Polyunsaturated fatty acids regulate vascular tone and prevent vascular vasoconstriction under the influence of catecholamines, which causes a moderate vasodilatory effect. ω-3 polyunsaturated fatty acids have a corrective effect on mitochondrial respiration, their beneficial effect on the structures of the hippocampus in conditions of subtotal cerebral ischemia and a lesser severity of manifestations of neurological deficit, compared with the group without their administration, are noted.

Keywords: ATP synthase, neurons, cerebral ischemia, mitochondria, ω-3 polyunsaturated fatty acids, ADP.

https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-5-78-83

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Е.И. Бонь. Роль митохондрий в энергетике клетки и характеризующие ее молекулярные маркеры / Е.И. Бонь, Н.Е. Максимович // Оренбургский медицинский вестник. 2019. №1. С. 47–52.
2. Е.И. Бонь. Способы моделирования и морфофункциональные маркеры ишемии головного мозга / Е.И. Бонь, Н.Е. Максимович // Биомедицина. 2018. №2. С. 59–71.
3. M.D. Brand, M.P. Murphy. Control of electron flux through the respiratory chain in mitochondria and cells // Biological Review. 1987. №62. P.141–193.
4. R.P. Casey. Membrane reconstruction of the energy-conserving enzymes of oxidative phosphorylation // Biochemistry Acta. 1984. №768. P. 319–347.
5. J.W. DePierre, L. Ernster. Enzyme topology of intracellular membranes // Review Biochemistry. 1988. №46. P.201–261.
6. P. Pecina, H. Nuskova, V. Karbanova, V. Kaplanova. Role of the mitochondrial ATP synthase central stalk subunits γ and δ in the activity and assembly of the mammalian enzyme // Acta Bioenergetics. 2018. №1859(5). P. 374–381.
7. R.C. Prince. The proton pump of cytochrome oxidase // Trends Biochemistry Science.–1988. №13. P.159–160.
8. P.A. Srere. The structure of the mitochondrial inner membrane-matrix compartment // Trends Biochemistry Science. 1982. №7. P.375–378.
9. P.D. Boyer. ATP synthase – past and future // Biochim. Biophys. Acta. 1998. 1365. 3–9.
10. Л.Е. Беляева. Раннее программирование заболеваний человека и использование нутрицевтиков с профилактической целью: фокус на рыбий жир / Л.Е. Беляева, А.Н. Павлюкевич // Вестник ВГМУ. 2019. №5. С. 12–25.
11. Л.Е. Беляева. Раннее программирование заболеваний человека и использование нутрицевтиков с профилактической целью: фокус на рыбий жир / Л.Е. Беляева, А.Н. Павлюкевич // Вестник ВГМУ. 2019. №4. С. 7–16.
12. Современные проблемы биохимии. Методы исследований: Монография / Е.В. Барковский, С.Б. Бокуть, А.Н. Бородинский, В.У. Буко, Е.М. Дорошенко, И.К. Дремза, А.С. Дроздов, В.Ю. Смирнов.– Минск, 2013.
13. Компьютерный статистический анализ данных: учеб.-метод. пособие / Н.В. Батин.– Минск, 2008.
14. Головной мозг крысы и его реакция на ишемию: Монография / Н.Е. Максимович, Е И. Бонь, С.М. Зиматкин.– Гродно, 2020.
15. L.I. Bon. Vasoprotective Effects of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Cerebral Ischemia / L.I. Bon, N. Ye. Maksimovich // International Journal of Cardiology and Cardiovascular Disorder.– 2021.– №2.– P. 1–5.
16. K. Kaliannan. Multiomic analysis in transgenic mice implicates omega-6/omega-3 fatty acid imbalance as a risk factor for chronic disease / K. Kaliannan, X.Y. Li, B. Wang // Commun Biology. 2019. №2(1). P. 276–280.
17. D. Khunt. Role of Omega-3 Fatty Acids and Butter Oil in Targeting Delivery of Donepezil Hydrochloride Microemulsion to Brain via the Intranasal Route: a Comparative Study / D. Khunt, M. Shrivas, S. Polaka // Pharmacology Sciencific Technology. 2020. №21(2). P. 45–50.

Статья поступила в редакцию 08.12.2021 г.

Contents

№5 (231) 2022

Mikhail Myasnikovich

Economic development: Features of the current period 4

The article considers the areas of structural transformations aimed at enhancing the investment interaction of the EAEU member states, including the creation of joint companies and industries, measures to activate the industrial integration.

Svetlana Dirko

Innovative business models and technologies of the circular economy: Foreign and domestic experience 8

The author systematized the best world practices of introducing circular business models and analyzed their diffusion in the Republic of Belarus. There has been determined the role of digital, engineering and hybrid technologies in the implementation of these business models.

Vadim Kitikov, Ivan Baranovsky

State and prospects for the processing of polymer waste 14

The authors analyzed the situation with plastic processing in the Republic of Belarus, identified the problems and ways to solve them.

Irina Vaga

Utilization of organic waste in housing and communal services 17

There have been analyzed the advantages of fertilizer production technology based on the organic part of municipal solid waste and cellulose-containing materials, as well as sewage sludge.

Vitaly Shablov

Pyrolysis and biogas technologies for cattle manure processing 22

The article described the technical process and evaluated the advantages of pyrolysis processing of fresh cattle manure, without preliminary drying, to generate electricity and produce hydrogen and nanocarbon.

Sergei Ablameyko

Artificial intelligence in Belarus: history and prospects 26

The article considers the use of the artificial intelligence in the Republic of Belarus in education, science and production. The prospects for its further development in the country have been shown.

Iryna Yemelyanovich

Edtech: The imperative of the future 32

New technologies of EdTech education have been considered by the author, and the main trends of development in this sphere shown.

Larisa Trigubovich

Incentives for the innovative economic development in modern conditions: International analysis 35

The article considers the nature of the innovation policy of countries in the context of the coronavirus epidemic and the associated global economic crisis.

Alexey Chechko

Methodical aspects of the research activity under innovative economic 42

The author analyzed the methodological approaches intended for solving the managerial task of the cluster form of the research activity.

Alexander Grusha

Institute of Belarusian Culture (1922–1928): Continuing reorganization in the Belarusian Academy of Science 50

There are discussed the issues related to further transformation of the first Belarusian scientific institution into an academic structure.

Yauhen Sakhuta

Sunny traceries of Rukhava carpets 57

The article of the well-known researcher of Belarusian folk art considers one of its unique and little-known phenomena, which still lives and develops in some villages and localities thanks to the talent of local masters and enthusiasm of their followers.

Elena Khodko

Triad of the sustainable development components in the Republic of Belarus 62

The author analyzes the strategy of the Belarus' sustainable development for the period to 2030 as a set of principles and requirements for the socio-economic and political systems of the state.

Tatiana Kudelina, Olga Molchan

LED lighting as an effective tool for regulating plant morphogenesis 67

The authors give the research results of the light with different ratios of physiologically significant spectral ranges influence on the development of plants.

Larisa Zenkova, Alexander Zemtsov

The effectiveness of innovations in the UK healthcare system: A comparative analysis of the leading European countries and Belarus 73

The foreign practice of health care systems has been considered as compared to the Belarusian one. The institutional features of the measures taken to improve them have been identified, and an attempt was made to measure the effectiveness of innovations.

Elizaveta Bon, Natalia Maksimovich, Iosif Dremza, Olga Karnyushko, Sergei Zimatkin, Alexandra Koiko, Violetta Shevchuk, Maria Lychkovskaya

Correction with ω-3 polyunsaturated fatty acids of disturbances in energy processes in the brain tissues of rats with subtotal cerebral ischemia 78

The parameters of mitochondria respiration of brain homogenates and the content of ATP synthase in rats with cerebral ischemia were studied with /without the introduction of ω-3 polyunsaturated fatty acids. A favorable effect of these acids on the hippocampus structures and a lesser severity of neurological deficit manifestations were observed.

ФОРМИРОВАНИЕ РЫНКА ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ / В.Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. А.В. Мелещени; Национальная академия наук Беларуси; Институт мясомолочной промышленности.– Минск: Беларуская навука, 2022.

ISBN 978–985–08–2844–6

Рассмотрены теоретические основы и зарубежный опыт формирования и регулирования рынка органической продукции, особенности его развития в Республике Беларусь, а также технологические аспекты ведения органического сельского хозяйства. Представлены рекомендации и предложения по формированию механизмов государственного регулирования сферы органического производства, совершенствованию форм и методов сбыта и продвижения, развитию систем стандартизации, маркировки и сертификации.

Предназначена для производителей, субъектов инфраструктуры, покупателей, а также для руководителей организаций АПК и органов государственного управления, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов учебных заведений аграрного профиля.

ВЯЛІКАЕ КНЯСТВА ЛІТОЎСКАЕ: ЗАКАНАДАЎЧАЕ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ ДЗЯРЖАЎНАГА СУВЕРЭНІТЭТУ – Минск: Беларуская навука, 2022.

ISBN 978–985–08–2838–5

Зборнік уключае навуковыя артыкулы, прысвечаныя праблемам палітычнай гісторыі ВКЛ, менавіта пытанням дзяржаўнага будаўніцтва, фарміравання некаторых дзяржаўных інстытутаў, заключэння міждзяржаўных уній, змен прававой сістэмы.

Рэкамендуецца для даследчыкаў, студэнтаў, краязнаўцаў, усіх, хто цікавіцца рэгіянальнай гісторыяй Беларусі.

У.В. ГНІЛАМЕДАЎ
ПРАЎДА ЖЫВЕ ПАСЯРЭДЗІНЕ: РАМАН / УЛАДЗІМІР ГНІЛАМЕДАЎ.– Мінск: Беларуская навука, 2022.

ISBN 978–985–08–2839–2

Раман распавядае пра 1950-я гады, у сярэдзіне якіх пачалася пара так званай адлігі, калі чалавек спакваля вызваляўся ад ідэалагічнай «зашоранасці» і пачынаў адчуваць смеласць думаць па-свойму, глыбей разумець жыццё, рабіць выбар і быць здольным на ўчынак. З гэтым часам супалі студэнцкія і першыя самастойныя гады галоўнага героя рамана Платонава, які перажывае непаўторную пару разнастайных адкрыццяў, радасцей і засмучэнняў. У героя свая жыццёвая сцяжына, свой лёс: інстытут, праца на цаліне, педагагічная практыка, работа ў дзіцячым доме – пра ўсё гэта расказана праўдзіва, займальна і без утойвання.

Твор разлічаны на шырокае кола чытачоў.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

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

принимает заказы на печать
- бланки формата A_5, A_4, A_3
- 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 телефонам: (+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

@science_innovations

e-mail: nii2003@mail.ru

научно-практический журнал
Наука и инновации