



ЛАНДШАФТ
РЫНКА МЯСА
И МОЛОКА

4

3D-ПЕЧАТЬ
В ИНДУСТРИИ
ПИТАНИЯ

37

МЕТОДОЛОГИЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КАЧЕСТВА

43

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ЭФФЕКТЫ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА

54

Наука и инновации

№10 (260)
октябрь 2024

научно-
практический
журнал



ISSN 1818-9857



ISSN 2412-9372 (online)

РУП «ИНСТИТУТ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



**Институт мясо-молочной промышленности –
ведущая отраслевая научно-исследовательская
организация, осуществляющая научное
сопровождение мясной и молочной
отрасли Республики Беларусь**



УСЛУГИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ И МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ



Испытания сырья и готовой продукции
по показателям качества и безопасности



Разработка и актуализация ТНПА
и технологической документации



Проведение исследований
под заказ предприятий



Обучение специалистов мясной
и молочной отрасли



Предоставление лабораторной базы
для отработки техпроцессов производства
молочных и мясных продуктов



Проведение фагового мониторинга
по запросам предприятий



Санитарно-гигиенический контроль
производства



Оказание научно-методической и консуль-
тационной помощи специалистам отрасли

Институт – единственное в Республике Беларусь предприятие, осуществляющее выпуск концентрированных заквасок для молочной промышленности

ПРОДУКЦИЯ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сухие и замороженные
бактериальные закваски
для молочной промышленности

Закваски сухие для домашнего
использования «Lov&Co»
(для приготовления кисломолочных
продуктов в домашних условиях)

Биологические консерванты
для силосования
растительного сырья

Продукт молочный сухой
с пониженным содержанием
белка



www.instmmp.by



info@instmmp.by



(+375 17) 373-38-52



[meat_dairy_institut](https://www.instagram.com/meat_dairy_institut)



220075, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Партизанский, 172





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	А.Е. Дайнеко А.И. Иванец Н.С. Казак А.В. Кильчевский Э.И. Коломиец С.А. Красный М.В. Мясникович О.Г. Пенязьков Ф.П. Привалов С.П. Рубникович О.О. Руммо С.В. Харитончик И.П. Шейко А.Г. Шумилин С.С. Щербаков
П.А. Витязь – зам. председателя	
С.А. Чижик – зам. председателя	
Ж.В. Комарова	
В.Ф. Байнев	
О.Ю. Баранов	
А.И. Белоус	
В.Г. Богдан	
С.В. Гапоненко	
В.Л. Гурский	

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович Наталья Минакова	Татьяна Жданович Юлия Василюшина
---------------------------------------	-------------------------------------

Дизайн и верстка:

Татьяна Аверкова
На обложке коллаж Татьяны Аверковой

Адрес редакции:

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 351-14-46,
e-mail: nii2003@mail.ru,
www.innosfera.belnauka.by

Подписные индексы: 007 532 (ведомственная) 007 53 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 9,8. Тираж 505 экз.
Цена договорная.
Подписано в печать 15.10.2024.

Издатель: РУП «Издательский дом
«Беларуская навука». Свид. о гос. рег. №1/18
от 02.08.2013. г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40.
Заказ № 208.

© «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

ТЕМА НОМЕРА: ЭТАЛОНЫ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ИНДУСТРИИ

Гордей Гусаков, Лилия Ёнчик

Продовольственный ландшафт рынка мяса и молока 4

В материале проанализированы тенденции развития рынка мяса и молока в мире и Беларуси.

Наталья Жабанос, Наталья Фурик, Елена Бирюк, Тамара Савельева

Прикладная биотехнология: от фундаментальных исследований к промышленным технологиям 12

Сформулированы современные направления научных работ в области промышленной биотехнологии заквасочных культур и важнейшие результаты, полученные авторами в рамках реализации государственных программ научных и прикладных исследований.

Светлана Гордынец, Екатерина Беспалова, Елена Степанова,

Виктория Напреенко

Продукция функционального и специализированного назначения: обзор инноваций 19

Представлены продукты функционального и специализированного назначения, аргументирована необходимость их дальнейшего создания в Беларуси.

Светлана Гордынец, Виктория Напреенко, Елена Степанова

Возрождение золотого руна 25

Рассмотрено развитие овцеводства в Республике Беларусь, представлен породный состав овец в хозяйствах страны, обоснована целесообразность использования баранины для расширения ассортимента мясной продукции.

Лилия Чернявская, Ольга Ходорева, Елена Войтехович, Ольга Сотченко

Стандартизация на страже качества и безопасности 32

Представлены межгосударственные и государственные стандарты Республики Беларусь, устанавливающие требования к молочной и мясной продукции, а также продукции птицеперерабатывающей промышленности.

Гордей Гусаков, Ирина Калтович

3D-печать в индустрии питания 37

Показаны результаты изысканий по разработке технологий для производства сухих мясных смесей и эмульсий с помощью 3D-принтера, а также натуральных высококачественных мясных изделий с их применением.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Валерий Байнев, Николай Зеньчук

Затратно-результативный подход к анализу и управлению технологическим качеством социально-экономических процессов 43

На основе анализа технологического качества социально-экономических процессов предложена затратно-результативная методология его определения, осуществлены расчеты для процессов производства, потребления, экспорта и импорта ряда стран мира, включая Республику Беларусь.

Надежда Батова

Экологические инновации и их роль в зеленой трансформации экономики 48

Исследованы сущность и виды экологических инноваций, технологические изменения в традиционных отраслях экономики, а также новые понятия и сферы, возникшие благодаря применению зеленых технологий.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Кирилл Рудый

Взгляд на экономические эффекты ИИ в рамках стратегии развития государства 54

Проанализированы проблемные вопросы экономических эффектов искусственного интеллекта в рамках реализации стратегии развития государства, предоставления цифровых госуслуг, бизнес-деятельности.

Галина Головенчик, Сюе Цяньвэнь

Оценка технологического уровня умных городов Китая 60

Представлена методика оценки уровня развития умных городов Китая, разработанная путем ранжирования трех подходов, что позволило определить перспективные направления их устойчивого развития.

СОЦИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Татьяна Моисеенко

Синдром эмоционального выгорания у специалистов IT-сферы 69

Приведены результаты исследования, демонстрирующие высокие показатели уровня эмоционального выгорания у белорусских IT-специалистов. Сформулированы рекомендации, направленные на профилактику данного состояния.

НАУКА СО ЗНАКОМ КАЧЕСТВА

Юрий Курочкин, Владимир Кабанов, Сергей Андрухович, Александр Науменко, Дмитрий Шелковий, Евгений Сапрунов, Леонид Близнюк

Автономные погружные гамма-спектрометры NaI(Tl) и SrI₂(Eu²⁺) 73

Описаны этапы работ по созданию автономных погружных гамма-спектрометров для длительного подводного мониторинга радиационной обстановки.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максим Черник, Олег Прищепчик

Тропилелапсоз пчел как потенциальная угроза белорусскому пчеловодству 79

Приводятся данные о клинических проявлениях и методах диагностики заразного заболевания расплода медоносных пчел, вызываемого клещом рода *Tropilaelaps*, а также рекомендации по недопущению распространения болезни на территории страны.

Дорогие читатели, коллеги, друзья!

Научно-практический журнал «Наука и инновации» приглашает вас к сотрудничеству! Журнал зарегистрирован в научной электронной библиотеке eLibrary. Научным публикациям присваиваются номера DOI. Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь журнал «Наука и инновации» включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим, медицинским, а также экономическим наукам (вопросы инновационного развития).

Чтобы опубликовать статью, необходимо направить ее на электронный адрес редакции: nii2003@mail.ru.

Правила публикации – на нашем сайте <https://innosfera.belnauka.by>, в разделе «О журнале» – «Прием статей».



СТР. 25



СТР. 37



СТР. 48



СТР. 73

Продовольственный ландшафт рынка мяса и молока

Мировой мясной и молочный сектор сталкивается с различными неопределенностями, включая международную торговую политику, инфляционные ожидания и нарушение цепочек поставок сырья и готовых продуктов, увеличение затрат на транспортировку и производство продукции, изменение потребительских ожиданий и предпочтений. В условиях глубокой интеграции белорусской мясо-молочной отрасли в мировую продовольственную систему актуальным является анализ состояния рынка мяса и молока в аспекте современных тенденций.



Гордей Гусаков,
директор Института мясо-молочной промышленности,
кандидат экономических наук, доцент



Лилия Ёнчик,
старший научный сотрудник
сектора экономических исследований Института
мясо-молочной промышленности

Рынок мяса

В 2024 г. мировой рынок восстанавливается после сложных и часто взаимообусловленных проблем: последствий COVID-19 и вспышек АЧС в странах Азии, инфляции и нарушения логистики в период 2022–2023 гг. Согласно ожиданиям экспертов, темпы прироста производства, спроса и торговли в краткосрочном и среднесрочном периодах прогнозируются как умеренные. В соответствии с Сельскохозяйственным прогнозом ОЭСР–ФАО на 2024–2033 гг., среднелюдиное потребление мяса к 2033 г. достигнет 28,6 кг в год, увеличившись всего на 0,5 кг (наполовину от объема прироста предыдущего десятилетия) [1].

По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (ФАО), в мире производится около 360 млн т мяса, из которых около 39% – птица, 36% – свинина, 21% – КРС, 5% – баранина и козлятина (табл. 1).

В настоящее время рост потребления белка обеспечивается в большей степени за счет птицы. Ожидается, что эта тенденция сохранится и в следующем десятилетии. На фоне подъема цен на продовольствие и снижения покупательной способности это наиболее предпочтительный вариант, в пользу которого выступают оптимальное сочетание стоимости в комбинации со сбалансированным соотношением белка и жира, популяризация здорового образа жизни, экологические аспекты.

Одна из определяющих тенденций отрасли в ближайшее десятилетие – развитие животноводства и перерабатывающей промышленности в соответствии с Целями устойчивого развития ООН. Прогнозы по рынку строятся с учетом акцента на улучшение благополучия животных, сокращение различных видов упаковки и минимизацию потерь и отходов продовольствия, экономию ресурсов и снижение выбросов парниковых газов. В странах ЕС экологические факторы и повышение стандартов защиты животных уже являются частью процесса принятия решений.

В вопросах ограничения воздействия животноводства на окружающую среду ставка делается на рост эффективности, в основном за счет улучшения генетики, продуктивности и веса убойных животных. В докладе «Сельскохозяйственный прогноз ОЭСР – ФАО на 2024–2033 гг.» отме-

чается, что за счет этого фактора, а также увеличения доли птицы в структуре производства в обозначенном периоде сократится количество выбросов парниковых газов на единицу произведенного мяса [2].

Помимо экологической устойчивости в зависимости от страны и ситуации ряд факторов, таких как изменение климата, цены на корма, мировая торговая политика и биологическая безопасность, могут иметь непредсказуемые социально-экономические последствия, часто глобального характера. Например, в результате распространения АЧС в Китае, начавшегося в 2018 г., за два с половиной года было недополучено около 28 млн т свинины. Цены на нее в стране выросли более чем вдвое и сохранялись высокими в течение 14 месяцев, при этом полный возврат к прежнему уровню случился только через 3 года.

Эксперты предсказывали также значительный рост цен на свинину в странах-экспортерах. Однако несмотря на то, что в период АЧС Китай импортировал рекордный объем этого мяса, воздействие на рынки за пределами этой страны характеризовалось как умеренное. Свинина подорожала в США, Германии и Испании, у основных экспортеров, но это явление было достаточно кратковременным и менее выраженным, чем рост цен в Китае [3]. Вместе с тем Поднебесная остается крупнейшим мировым импортером мяса, и волатильность цен в совокупности с другими событиями на внутреннем рынке являются факторами неопределенности для других поставщиков.

Беларусь поставляет в Китай мясо птицы и говядину – их доля в экспорте составляет 67 и 33% соответственно и по выручке занимает 5-е (7%) и 8-е (1%) места (рис. 1, 2). По данным Главного таможенного управления КНР, в 2023 г. этих продуктов было экспортировано на 411,6 млн долл. (1,5% в общей стоимости китайского импорта мяса), а также мясных продуктов по товарной позиции «Готовые или консервированные продукты из мяса, мясных субпродуктов или крови прочие» на 1,2 млн долл. [4].

Поставки мяса КРС из Беларуси составляют высокий удельный вес в импорте Казахстана: более 90% – свежее или охлажденное, около 45% – замороженное; по колбасным изделиям – 30%, консервам – 17%, свинине и мясу птицы – 3% (табл. 2) [5].

В российском импорте мяса и мясoproductов на долю поставок из нашей страны приходится более 50%. По данным Россельхознадзора, общий объем закупки указанной продукции в 2023 г. составил 586 тыс. т, из них из Беларуси – 293 тыс. т. По оцен-

кам Минсельхозпрода, основные поставки в РФ приходятся на говядину (43,9%), мясо птицы (31,1%), колбасные изделия (14,8%). Остальные 10% – это различные изделия из мяса и свинина. География при этом весьма обширна – более 50 регионов России, из которых основной объем приходится на Центральный, Северо-Западный и Приволжский федеральные округа.

В 2023 г. Беларусь реализовала на экспорт 53% произведенной в стране говядины и 46% – птицы. Страна входит в топ-20 ведущих экспортеров мясной продукции [6]. По оценкам Министерства антимонопольного регулирования и торговли (МАРТ), в 2023 г. только 2% говядины передано белорусским организациям торговли и общепита. Для сравнения: мяса птицы на внутренний рынок было отправлено 28%, свинины – 33% [7].

Потребность белорусских покупателей в дополнительном объеме свинины покрывается за счет импорта из России, который за первое полугодие 2024 г. составил 45 тыс. т (35% всего экспорта). Согласно данным российского Национального союза свиноводов, доля России в импортных поставках свинины в Беларусь составляет почти 100%. Поступает к нам также говядина (январь – июнь 2024 г. – 2,1 тыс. т) и готовая мясная продукция [8].

В аспекте продовольственной безопасности целесообразность импорта при самообеспеченности мясом более 130% объясняется необходимостью сбалансированности предложения сырья по стоимости и видам для перерабатывающих предприятий и готовых мясных продуктов – для потребительского рынка.

Наличие небольшого процента импортной мясной продукции в розничной сети оценивается специалистами как фактор конкуренции для белорусских производителей, а для потребителей – как возможность широкого выбора. Несмотря на то, что ассортимент отечественных мясоперерабатывающих предприятий насчитывает более 800 видов

Виды мяса	Год						
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Мясо КРС	58,3	62,7	67,4	69,5	73,7	74,9	76,2
Свинина	89,2	98,2	108,2	118,6	108,3	121,0	122,6
Мясо птицы	68,7	81,4	99,2	117,4	134,9	136,4	139,2
Баранина и козлятина	11,3	12,8	13,7	15,0	16,1	16,3	16,6
Мясо, всего	231,9	260,1	294,4	327,1	338,9	354,5	360,6

Таблица 1. Производство мяса в мире, млн т

Источник: по данным FAOSTAT [2]

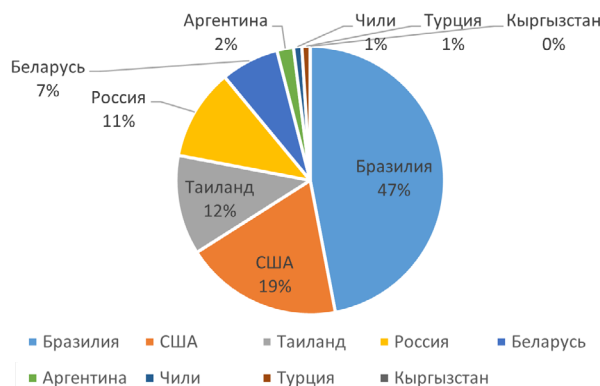


Рис. 1. Структура стоимости импорта мяса птицы КНР в разрезе стран, 2023 г.

Источник: по данным Главного таможенного управления КНР [4]



Рис. 2. Структура стоимости импорта замороженного мяса КРС КНР в разрезе стран, 2023 г.

Источник: по данным Главного таможенного управления КНР [4]

колбасных изделий, 250 видов полуфабрикатов и 150 видов консервов, в МАРТ отмечают, что на потребительском рынке за счет отечественного производства не в полном объеме удовлетворяется спрос на копчености, сыровяленые и сырокопченые колбасные изделия в сервировочной нарезке, ограничено предложение грудинки, бекона, соленого сала и бескостных полуфабрикатов из свинины, полуфабрикатов высокой степени готовности и снековой продукции, в частности из говядины.

В целом на внутреннем потребительском рынке растет реализация готовых мясных продуктов (в 2023 г. – на 4%) и субпродуктов (+10%), в то время как сокращается продажа чистого мяса. По данным МАРТ, в 2023 г. говядины было реализовано на 23,2% меньше, чем в 2022 г., свинины – на 4,6%,

птицы – на 5,6%. В расчете на душу населения это около 0,8, 13 и 26 кг соответственно [7].

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2022 г. из опрошенных домашних хозяйств говядину покупали только 9,7%, свинину – 75,3%, в то время как колбасные изделия приобретали 99,1%. Стоимость покупки говядины в среднем на одно домашнее хозяйство в месяц составила 1,3 руб., или 15,6 руб. в год; для сравнения: стоимость колбасных изделий – 48,3 руб. и 579,6 руб. соответственно (табл. 3) [7].

На фоне высокой популярности последних и проблемы ожирения населения перспективным направлением развития потребительского рынка мяса представляется освоение производства и популяризация функциональных мясорастительных и мясных пищевых продуктов глубокой переработки, обладающих профилактическими свойствами. В частности, актуально расширение выпуска продуктов с пониженной калорийностью, которые нужны не только взрослым, но и детям, так как, по данным Минздрава, среди населения, имеющего повышенный индекс массы тела, на детский возраст приходится 70–80%.

В Институте мясо-молочной промышленности завершается работа над созданием продуктов из индейки и кролика для детей с повышенным индексом массы тела. Так, помимо использования оптимального для специализированных и функциональных изделий вида мясного сырья предусмотрено их обогащение витаминами группы В, магнием и растительными компонентами. Созданы рецептуры сосисок из птицы, обогащенных витаминами и макроэлементами, характеризующихся повышенным содержанием белка и пониженным – жира. Для взрослых разработаны варено-копченые колбасы «Ореховая» и «Медовая» с пониженной калорийностью (менее 300 ккал). Подобранный учеными рецептурный состав позволил сохранить содержание белка на уровне традиционных продуктов, снизив при этом долю жира на 42%.

Также в Институте создана линейка продуктов с пониженным на 30% содержанием соли: вареные, сыровяленые, сырокопченые колбасные изделия, полуфабрикаты рубленые, колбаски сырые из разных видов мясного сырья (говядина, свинина, кролик, индейка). Сохранение традиционного вкуса достигнуто за счет использования фитокомплексов, разработанных специалистами из УП «УНИТЕХПРОМ» БГУ.

Для продуктов глубокой переработки с заданными функциональными свойствами оптимально

подходит мясо индейки, которое характеризуется высокой пищевой, биологической ценностью и оригинальными вкусовыми качествами, наличием достаточного количества жиров, углеводов и продуктов белкового распада. Основные его производители в Беларуси: ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Минской обл.; ЗАО «Белсалттрэйд» и ФХ «Островецкое» Гродненской обл.; ПУП «Птицефабрика «Оршанская» Витебской обл.; ФХ «Индейка из Кобрина» Брестской обл.

Отмечается положительная динамика по производству указанного вида мяса, объем которого в 2023 г. составил 9,7 тыс. т, что втрое превосходит результат 2021 г. (3 тыс. т). При этом ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» (самый крупный игрок в Беларуси, запустивший в Копыльском районе собственное производство мяса индейки в декабре 2022 г.) еще не вышел на проектную мощность в 6 тыс. т. В ближайших планах комбината (во исполнение поручения Президента «Один район – один проект») – строительство птичников в Узденском районе, что позволит увеличить производство еще на 4 тыс. т. В рамках реализации данной концепции в Лидском районе (а/г Гуды) на комплексе по выращиванию и переработке продукции из мяса индейки ЗАО «Белсалттрэйд» в апреле 2023 г. получена пер-

вая партия бренда «Индейка из Лиды». Комплекс включает 15 ферм и перерабатывающий завод, производственные цехи которого в ближайшей перспективе планируется перевести на двухсменный режим работы для достижения проектной мощности – 5 тыс. т.

По оценкам специалистов отрасли, в 2022 г. на среднестатистического белоруса приходилось всего 0,6 кг мяса индейки в год, в то время как россияне потребляют порядка трех килограммов, жители стран Западной Европы – 8–10, Северной Америки – до 12 кг. Улучшить ситуацию поможет включение индейки в рационы питания образовательных, лечебных, социальных учреждений [11].

Чтобы сделать питание населения более разнообразным и сбалансированным, помимо расширения ассортимента мясных продуктов на потребительском рынке (физическая доступность) необходимо обеспечить экономическую доступность продовольствия, что, в свою очередь, предполагает поддержание достаточного уровня и положительной динамики доходов домашних хозяйств всех категорий при социально приемлемом уровне цен на продукты питания [12].

Благодаря достигнутому высокому объему производства мяса в расчете на душу населения

Товарная группа	Беларусь						Мир, всего					
	2021		2022		2023		2021		2022		2023	
	Тыс. т	млн долл.	Тыс. т	млн долл.	Тыс. т	млн долл.	Тыс. т	млн долл.	Тыс. т	млн долл.	Тыс. т	млн долл.
Мясо и пищевые субпродукты домашней птицы	11,3	16,1	10,4	16,3	5,2	6,0	168,6	167,7	153,1	208,4	152,5	181,5
Мясо КРС, свежее или охлажденное	9,1	29,5	1,3	4,8	3,5	13,1	9,5	30,9	1,4	5,1	4,0	13,8
Мясо КРС, замороженное	4,4	14,4	2,3	8,9	3,3	12,8	10,0	36,2	5,2	24,0	7,3	27,8
Свинина свежая, охлажденная или замороженная	0,6	1,4	0,0	0,0	0,2	0,4	6,6	15,8	7,8	19,5	6,7	14,9
Колбасы и аналогичные продукты из мяса, мясных субпродуктов, крови	7,7	26,7	8,1	33,2	9,8	35,5	47,2	109,4	42,2	122,0	44,9	118,1
Готовые или консервированные продукты из мяса, мясных субпродуктов, крови	4,5	10,7	4,2	12,4	2,5	6,7	18,6	39,6	21,2	53,5	17,5	39,0

Таблица 2. Импорт Казахстана мяса и мясопродуктов

Источник: по данным TradeMape [5]

(139 кг в 2023 г.) и сбалансированным экспортно-импортным поставкам в стране сохраняется высокий показатель среднедушевого потребления (101 кг в 2023 г., в 2022 г. было 98 кг).

Экономическая доступность мясных продуктов в объемах и ассортименте, соответствующих установленным рациональным нормам потребления, в первую очередь достигается путем государственного регулирования ценовой политики. Для производителей это означает реализацию мер по снижению себестоимости за счет повышения уровня использования мощностей перерабатывающих предприятий, применения прогрессивных технологий в животноводстве, улучшения кормовой базы для полноценного кормления скота, совершенствования селекционных работ с целью улучшения продуктивности животных.

Мясная промышленность – это динамично развивающийся сегмент мирового продовольственного рынка. В отрасли, характеризующейся активным внедрением инновационных решений и находящейся под постоянным давлением на глобальном уровне, именно способность перенимать лучшие технологии и учиться на мировом опыте создаст преимущества для производителей.

Рынок молока

В мире производится более 930 млн т молока, его экспорт составляет 85 млн т, а потребление на душу населения – 117 кг (табл. 4).

Торговля молоком составляет менее 10% от всего объема мирового производства, однако в силу стратегической значимости продукта как сбалансированного источника основных питательных веществ именно она является тем элементом в системе рынка, который определяет конъюнктуру. Производство и торговля формируют емкость внутренних национальных рынков молока. В свою очередь, объемы торговли зависят от уровня и структуры цен, состояния товарных запасов и других факторов прямого и косвенного воздействия: например, инфляционные ожидания, меры поддержки предложения и спроса, принимаемые на уровне государств, основных игроков рынка, уровень капиталовложений и инвестиций в отрасль. Это ярко продемонстрировал 2022 г., когда среднегодовой индекс цен ФАО на молоко составил 149,5 пункта – самое высокое значение с 1990 г. В 2023 г. произошло понижение на 25,8 пункта, чему способствовал менее активный спрос из-за накопившихся запасов, созданных в 2022 г. в основных странах-импортерах (табл. 5).

Беларусь по итогам 2023 г. сохранила лидирующие позиции в мировом рейтинге экспорта молочных продуктов. По маслу и сухой молочной сыворотке страна занимает 3-е место, по сухому обезжиренному молоку – 5-е, а по сырам и творогу – 4-е [13]. По информации Минсельхозпрода, в 2023 г. значительно увеличились натуральные объемы экспорта основных видов молокопродуктов: масла животного – на 27,5%, сыров и творога – на 1,5%, сухой молочной сыворотки – на 6,3%, молочных консервов – на 4,4%, молока и сливок в потребительской упаковке – на 10,5%. Рост объемов реализации был основным фактором увеличения экспортной выручки по молокопродуктам, 80% из которой традиционно приходится на сыры и творог, масло, сухое цельное и обезжиренное молоко [14]. Следует отметить, что перечисленные виды формируют конъюнктуру мирового рынка, которая, в свою очередь, оказывает самое непосредственное влияние на ассортиментную группу производимой отечественными предприятиями продукции.

В стране выпускается почти 415 видов сыра, почти 50 видов масла сливочного, более 1800 видов цельномолочной продукции. Столь широкий ассортимент создает потенциал для диверсификации географической и товарной структуры экспорта. Белорусская молочная продукция поставляется на рынки 60 стран. Вместе с тем 90,5% в стоимости экспорта приходится на Россию, Казахстан и Китай, из которых доля первой составляет около 80%. В объеме импорта молочной продукции РФ поставки из Беларуси составляют 17% (каждый четвертый килограмм сыра и каждый седьмой литр молока) [14], Казахстана и Китая – соответственно около 6% и 4%. В Казахстан ввозится сухое молоко, сливочное масло, сыры и творог, в Китай – сухое молоко и молочная сыворотка [14].

На фоне оптимистичных тенденций и прогнозов по увеличению внешних поставок актуальными задачами для белорусского экспорта являются диверсификация рынков сбыта и расширение ассортимента. В качестве перспективных географических направлений с наибольшим потенциалом рассматриваются страны Ближнего Востока, Африки и Азиатско-Тихоокеанского региона.

В 2023 г. Беларусь нарастила экспорт молочной продукции в Узбекистан, Азербайджан, Кыргызстан, Туркменистан и Таджикистан. Увеличилась отгрузка в Индонезию, Бангладеш, Сирию, Израиль, Турцию, Йемен, Пакистан, Арабские Эмираты, Оман, Ирак и Катар. За 8 месяцев 2023 г. на 8,9% больше продукции отправлено на рынок

стран Африки. Начаты отгрузки в Сенегал и Египет. В прошлом году 100 т сухих молочных продуктов для дальнейшей переработки прибыли на Кубу [14].

Возможности развития экспорта в страны Африки связаны с такими позициями, как сухое молоко, сыворотка, сыры и сливочное масло. Ежегодный импорт региона по этим позициям составляет около 5 млрд долл., африканские партнеры проявляют заинтересованность в закупках сухих смесей для детского питания, сухих молочных продуктов с заменителями молочного жира [1].

Один из ключевых факторов, определяющих востребованность молочных продуктов, – сознательные потребительские предпочтения рационов, богатых белком, включая молоко и изделия на его основе. Спрос растет также за счет предпочтений пробиотических молочных напитков, укрепляющих иммунную систему и общее состояние здоровья.

На азиатском рынке долгосрочной стратегией расширения присутствия на рынке может быть глокализация, то есть адаптация глобально продаваемых продуктов и услуг ко вкусам местных жителей. В странах Азии действуют государственные программы по улучшению питания, которые реализуются в том числе посредством доведения до населения информации о молоке и продуктах на его основе.

В течение нескольких лет на мировом рынке наблюдается рост продаж сухих молочных продуктов с растительными жирами, повышенный спрос на которые в странах-импортерах объясняется низкой ценой, а также менее строгими правилами хранения по сравнению с цельным сухим молоком. В ближайшие 10 лет прогнозируется ежегодный рост продаж на 5,1% [15].

Указанные обстоятельства формируют задачи для ученых по разработке технологий и созданию новых видов продукции в соответствии с запросами рынков сбыта. В Институте мясо-молочной промышленности проводится работа по расширению ассортимента сухих молочных продуктов, выступающих одной из стратегических экспортных позиций (к примеру, сухие смеси для мягкого мороженого с различными ароматами, рецептуры которых постоянно совершенствуются в соответствии с потребностями потенциальных рынков сбыта на основании поступающих запросов молокоперерабатывающих предприятий (ОАО «Рогачевский молочно-консервный комбинат», ОАО «Молочный Мир», Калининковский филиал ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат», ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод»). В прошлом году ассортиментная группа пополнилась новым видом – коктейлями

Виды продукции	Расходы на покупку продуктов питания (в расчете на домашнее хозяйство)		Удельный вес домашних хозяйств, %	Расходы на покупку продуктов питания (в расчете на домашнее хозяйство, руб. в месяц)
	руб. в месяц	в % к общим		
Расходы на покупку продуктов питания – всего	459,9	100		
в том числе на:				
мясо и мясные продукты	127,0	27,6		
говядина, телятина	1,3	0,3	9,7	37,8
свинина	22,6	4,9	75,3	48,5
колбасные изделия и мясоколбасности	48,3	10,5	99,1	51,7
птица	23,8	5,2	91,9	34,8
сало	4,4	0,9	39,4	27,1
другие мясные продукты	26,6	5,8	93,2	37,6

Таблица 3. Расходы домашних хозяйств на покупку мяса и мясных продуктов (в расчете на домашнее хозяйство), 2022 г.

Источник: по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [7]

Показатели	Год		
	2020	2021	2022
Производство	921,3	940,6	930,3
Торговля	82,7	83,6	81,0
Потребление на душу населения, кг/год)	116,1	117,7	117,4

Таблица 4. Мировой рынок молока, млн т

Источник: по данным FAOSTAT [1]

Индексы цен	Год				
	2020	2021	2022	2023	2024 (январь – июль)
Индекс цен ФАО на продовольствие*	98,1	125,8	144,7	124,7	119,4
Индекс цен ФАО на молочную продукцию	101,8	119,6	149,5	123,7	124,1

Таблица 5. Индекс цен ФАО

Источник: по данным FAOSTAT

Примечание: * Индекс цен ФАО (FFPI) на молочную продукцию рассчитывается на основе 8 ценовых котировок на 4 группы молочных продуктов (масло, сыр, сухое обезжиренное молоко (СОМ) и сухое цельное молоко (СЦМ)) на двух репрезентативных рынках. В рамках групп для каждого вида продукции цены учитываются пропорционально его доле в общем объеме торговли товарами группы. Сводный индекс на молочные продукты определяется пропорционально средним долям групп в общем объеме экспорта за 2014–2016 гг. [1]

За 100 принимается среднее значение индекса цен ФАО в 2014–2016 гг.

молочными сухими с разнообразными рецептурными составами по содержанию сахара и жира.

Следует отметить, что учеными института разработаны технологии получения широкого ассортимента продукции на основе сухих молочных компонентов: молока питьевого, мороженого, йогуртов, творога, мягкого сыра и др. Создана линейка жидких кисломолочных продуктов для детей различных возрастных групп: от 3 недель, от 1 года, для дошкольников и школьников.

Выпуск сухих молочных смесей, упрощающих процесс производства на территории других государств, – следующий этап нашей работы. Планируется получить технологии изготовления сухих нормализованных смесей для производства белковых продуктов, например, мягких сыров.

Актуальная тенденция азиатского рынка – потребление безлактозных молочных продуктов по причине высокой распространенности лактазной недостаточности. Наши ученые разработали соответствующие экспортные позиции (сыры, молоко сгущенное безлактозное с сахаром).

Оценивая состояние и перспективы белорусского рынка молока в аспекте внешней торговли, можно утверждать, что благодаря достигнутому высокому качеству и широкому ассортименту продукции, целенаправленной политике государства по развитию молочной отрасли страна имеет высокий потенциал сохранения и укрепления уже завоеванных позиций на мировом рынке. Вместе с тем зависимость от экспортных поставок создает и определенные риски.

Так, в России пятый год подряд отмечается увеличение объемов производства молока, что обусловлено ростом продуктивности племенного скота, строительством и модернизацией животноводческих предприятий, инвестиционной привлекательностью отрасли и эффективными мерами государственной поддержки, в том числе экспортеров в направлении компенсации затрат на транспортировку приоритетной молочной продукции на внешние рынки [16].

В Китае в 2024 г. ожидается снижение импорта сухого цельного молока на 3%, так как увеличилось его внутреннее производство благодаря введению политики субсидий. Снижается потребление сухого обезжиренного молока, так как меняются предпочтения в пользу цельного.

Рост выпуска молока-сырья в Китае обусловлен государственной политикой поддержки производства молочной продукции, крупномасштабными инвестициями молочных компаний и импор-

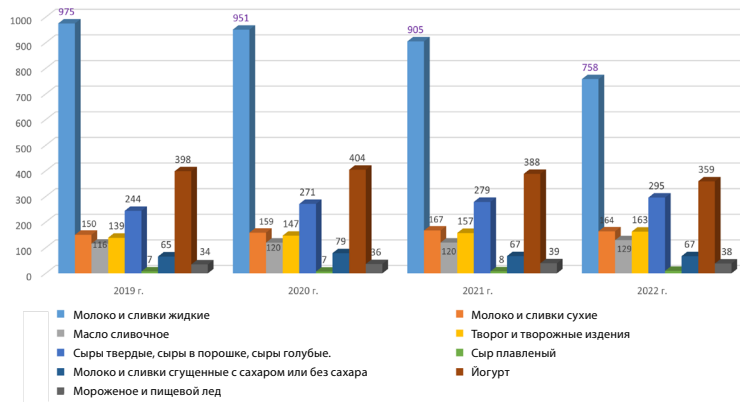


Рис. 3. Производство молочной продукции, тыс. т

Источник: по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [7]

том более 1,2 млн голов крупного рогатого скота за последние 5 лет, около 80% которого относится к молочным породам и поступает преимущественно из Новой Зеландии и Австралии [17].

Таким образом, основные страны-импортеры белорусской молочной продукции выстраивают стратегии, ориентированные на достижение продовольственной безопасности и повышение уровня самообеспечения.

За прошедшие 10 лет производство молока у нас увеличилось более чем на 25%, главным образом за счет интенсификации, и в 2024 г. составит 8,6 млн т [18]. В 2023 г. было получено его рекордное количество – 8,3 млн т, что в расчете на душу населения составило 906 кг [18]. Однако в молочном скотоводстве остаются актуальными задачи по увеличению производства, в том числе за счет мероприятий по повышению продуктивного долголетия скота.

По производству молока на душу населения наша страна входит в пятерку мировых лидеров, хотя в рейтинге по абсолютному показателю она находится на 23-м месте (2022 г.). Опережают Беларусь только Новая Зеландия, Ирландия, Дания, Нидерланды [1]. Высокий уровень самообеспечения в совокупности с улучшением качества молока-сырья формирует потенциал для предприятий перерабатывающей промышленности по расширению видов и ассортимента продукции, конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

В республике увеличивается производство масла сливочного (прогноз Минсельхозпрода на 2024 г. – не менее 150 тыс. т), творога, сыров (планируется достичь показателя в 310 тыс. т) и сухого молока – основных экспортных позиций (рис. 3). Расширяются объемы изготовления импортозамещающих и экспортоориентированных молочных белковых

ингредиентов (концентраты сывороточных и молочных белков). Планируется производство отдельных фракций молочных белков, обладающих повышенным иммунным статусом (2 лактоферрин), и характеризующихся высокой доходностью [19].

Формирование и развитие национального рынка молока – сложная комплексная задача, направленная на достижение продовольственной безопасности, в которой ориентация на обеспечение внутренних потребностей имеет очень важное значение. Увеличение его емкости достигается посредством расширения ассортимента, повышения экономической доступности, реализации программ обеспечения здорового питания населения («школьное молоко», «функциональное питание»). Важно уделять внимание популяризации и пропаганде потребления молока.

В Российской Федерации, к примеру, работает программа «Школьное молоко» [20]. Производитель, выигрывая конкурс, получает оплату молока в полном объеме. В Китае благодаря активной рекламе молочных продуктов, реализации национальных программ «Школьное молоко» и Программы по улучшению питания школьников в сельских районах потребление продукта среди детей возросло в 4 раза. Для производителя участие в таких программах является признанием качества продукции и гарантией получения субсидии от государства [21]. В КНР проводятся активные рекламные кампании, нацеленные на стимулирование потребления молочных продуктов и ориентированные на различные возрастные группы. Для детей молоко популяризируется как источник роста: «стакан молока в день – два сантиметра в год», для молодежи – как часть западной культуры, для старшего поколения – как источник кальция.

В Беларуси представлена лишь реклама производителя о новинках, но нет политики популяризации, отсутствует социальная реклама, которая могла бы развеять распространенные бытовые мифы и заблуждения о том, что в молоке, прошедшем промышленную переработку, нет ничего полезного или о том, что это продукт только для детей.

Важнейшим направлением развития молочной отрасли Беларуси должно стать расширение емкости внутреннего рынка за счет увеличения ассортимента, перераспределения сырья по направлениям переработки, реализации программ по улучшению качества питания различных групп населения. Для того чтобы сохранить экспортную ориентацию и удерживать завоеванные позиции на мировом молочном рынке, необходимо следовать общемировым тенденциям. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024 // <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4c5d2cfb-n.pdf?expires=1724094142&id=id&accname=guest&checksum=350EF1622D437B92B39CA3D468671BC1>.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations // <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
3. Gale F. How China's African Swine Fever Outbreaks Affected Global Pork Markets / F. Gale, J. Kee, J. Huang // Economic Research Service / U.S. Department of Agriculture, 2023 // <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=107924#:~:text=China's%20swine%20herd%20experienced%20a,%2C%20Brazil%2C%20and%20other%20countries>.
4. General Administration of Customs of the People's Republic of China // <http://english.customs.gov.cn/statics/report/preliminary.html>.
5. International Trade Statistic-2024 // <https://www.trademap.org/?redirectFromMobile=true>.
6. Совещание о развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли // <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2024/april/77399/>.
7. Национальный статистический комитет Республики Беларусь // <https://www.belstat.gov.by>.
8. МАРТ о насыщении рынка мясной продукцией и новых запросах белорусских потребителей // <https://www.belta.by/economics/view/mart-o-nasyschenii-rynka-mjasnoj-produksii-i-novyh-zaprosah-belorusskih-potrebiteljev-625902-2024/>.
9. Мясная продукция из Беларуси лидирует по поставкам в Россию // <https://rg.ru/2024/06/26/tak-poedim.html>.
10. E-dostavka // <https://rg.ru/2024/06/26/tak-poedim.html>.
11. В. Орехов. А на второе нам индейку! Как белорусские птицеводы увеличивают производство // <https://mlyn.by/27052024/a-na-vtoroe-nam-indeyku-kak-belorusskie-pticevody-uvelichivayut-proizvodstvo>.
12. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 г.: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15.12.2017 г. № 962 // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21700962&p1=1&p5>.
13. Совещание о развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли // <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2024/april/77399/>.
14. Мелешко К. Новые товарные позиции и перспективные рынки. Как Беларусь наращивает экспорт молочной продукции // <https://www.belta.by/economics/view/novye-tovarnye-pozitsii-i-perspektivnye-rynki-kak-belarus-narashivaet-eksport-molochnoj-produksii-596548-2023>.
15. Почему производство сухого молока с растительным жиром растёт // <https://produkt.by/news/novosti-mira/pochemu-proizvodstvo-sukhogo-moloka-s-rastitelnym-zhirom-rastet>.
16. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.08.2023 №1252 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2017 г. №1104» // <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202308040096>.
17. С чем мировой молочный рынок пришел в 2023 год // <https://produkt.by/news/novosti-mira/s-chem-mirovoy-molochnyy-rynok-prishel-v-2023-god>.
18. Беларусь в 2025 году рассчитывает увеличить производство молока до 9,2 млн тонн // <https://www.belta.by/economics/view/belarus-v-2025-godu-rasschityvaet-uvelichit-proizvodstvo-moloka-do-92-mln-tonn-618809-2024>.
19. Сколько планируется произвести продукции животноводства в 2024 году, рассказали в Минсельхозпрод // <https://www.belta.by/special/economics/view/skolko-planiruetsja-proizvesti-produksii-zhivotnovodstva-v-2024-godu-rasskazali-v-minselhozprode-613531-2024/>.
20. Социальная программа «Школьное молоко» // <https://2023.dairyunion.ru/school#submenu:about>.
21. National School Milk Programme (Dairy Association of China) // <https://www.trademap.org/?redirectFromMobile=true>.
22. Об обеспечении полноценным питанием беременных женщин, кормящих матерей, а также детей в возрасте до трех лет // <http://pravo.gov.ru/>.



Наталья Жабанос,
заведующий отделом
биотехнологий Института
мясо-молочной
промышленности, кандидат
технических наук, доцент



Наталья Фурик,
первый заместитель
директора Института мясо-
молочной промышленности,
кандидат технических наук,
доцент



Елена Бирюк,
заведующий лабораторией
микробиологических
исследований и коллекции
промышленных микроорганизмов
Института мясо-молочной
промышленности, кандидат
сельскохозяйственных наук



Тамара Савельева,
ученый секретарь,
кандидат
ветеринарных наук,
доцент



Прикладная биотехнология: от фундаментальных исследований к промышленным технологиям

Биотехнология — древнейшая из прикладных наук, появившаяся с первыми попытками человека сохранить или преобразовать получаемое сырье в продукт, пригодный для употребления, и получившая новый импульс к своему развитию благодаря открытиям в области микробиологии, химии, биохимии, генетики. Одним из направлений промышленной биотехнологии является использование микроорганизмов в процессах изготовления пищевых продуктов (ферментированные молочные продукты, сыры, хлеб и др.) и сохранения питательности кормов для продуктивных животных.

По оценкам экспертов, инновационным вектором выступает разработка и оптимизация подходов к производству заквасок и пищевых ингредиентов, в том числе изучению новых штаммов молочнокислых и других технологических микроорганизмов, пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, микробных консорциумов с заданными биологическими свойствами и оптимизированными технологическими характеристиками [1].

Методические подходы к выделению и идентификации микроорганизмов – базовые составляющие мировой науки, обуславливающие развитие промышленной микробиологии и технологий, основанных на уникальных характеристиках и особенностях микроорганизмов. Для их идентификации совершенствуются биохимические подходы, а также методы молекулярной биологии, позволяющие более точно проводить определение видовой и подвижной принадлежности. Кроме того, в случае идентификации трудноотличимых фенотипическими методами организмов, особенно если они обладают сходными характеристиками с близкородственными таксонами, установить таксономическое положение бактерий возможно только с помощью генотипических методов. Наряду с классическими подходами разрабатываются методики, позволяющие достоверно дифференцировать микроорганизмы ускоренными способами. Развитие методов идентификации микроорганизмов способствует созданию технологий получения природных (аутентичных) консорциумов молочнокислых бактерий

для использования их в промышленном производстве заквасок [2].

Развитие молокоперерабатывающей промышленности как основного потребителя заквасок ставит новые задачи по обеспечению направленности технологических процессов ферментации сырья, получению продукции со стабильными показателями качества и определенными органолептическими и биохимическими характеристиками, разработке экологических подходов сохранения готовой продукции и пролонгированию сроков годности.

Государственная поддержка и инвестиции играют важнейшую роль в развитии промышленной биотехнологии, в том числе научных исследований по выделению, идентификации, изучению биотехнологического потенциала промышленно ценных микроорганизмов, формированию научных подходов к созданию технологий заквасок для молочной промышленности, оценке эффективности их использования в производстве широкого ассортимента ферментированной продукции. Сохранение и пополнение отечественного коллекционного фонда промышленных культур, задействованных в процессах переработки сельскохозяйственного сырья, – один из факторов продовольственной безопасности страны и развития научного сектора. Формирование нового ассортимента культур, обладающих биотехнологическим потенциалом для производства заквасок, стартовых культур, микробных препаратов, дает импульс развитию технологий переработки сельскохозяйственного сырья животного и растительного происхождения. Вместе с тем освое-

ние современных методик и разработка собственных методических и технологических решений в сфере оценки идентификационных признаков микроорганизмов и бактериофагов позволяют осуществлять адекватную оценку и анализ характеристик импортируемой биотехнологической продукции, что способствует формированию кадрового потенциала и в перспективе обеспечит технологическую безопасность страны по данному направлению.

В реалиях последних лет при неуклонном росте производства молока-сырья в Республике Беларусь технологии и сформированный ассортимент заквасок для основной линейки молочной продукции – это еще и фактор технологического суверенитета.

Технологические и методические подходы в деле создания бактериальных консорциумов различного целевого назначения (для сыров, творога, сметаны и др.) являются, как правило, ноу-хау производителя заквасок. Исследование и установление обоснованных требований к штаммам микроорганизмов, предполагаемым в состав заквасок, их взаимной совместимости и характеристикам на различных этапах создания консорциумов является основополагающим фактором получения заквасок в сухом и замороженном виде для широкого спектра ферментированных молочных продуктов. Анализ результатов совокупности проведенных в этом направлении исследований позволил установить и систематизировать требования для штаммов, перспективных в составе консорциумов для изготовления заквасок, по основным показателям, создать новые технологические и методические решения

конструирования бактериальных консорциумов и оценки их технологически значимых характеристик. Разработан регламент получения бактериальных консорциумов нового поколения для производства сухих и замороженных заквасок различного целевого назначения, который апробирован на бактериальных консорциумах лактококков, лактококков и термофильных микроорганизмов различного целевого назначения для промышленного использования. Комплексная оценка и анализ характеристик партий концентрированных заквасок, изготовленных в промышленных условиях с использованием созданных консорциумов по показателям, регламентируемым требованиями технических условий, а также характеру изменения активной кислотности при ферментации молочного сырья с помощью системы контроля ферментации iCinac (AMC, France), показал, что обеспечивается получение заквасок концентрированных с количеством молочнокислых микроорганизмов в 1 г: от 13 до 79 млрд клеток (для замороженных) и 180–340 млрд клеток КОЕ (для сухих) с активностью, соответствующей ТНПА. Регламент используется непосредственно при создании консорциумов микроорганизмов для заквасок различного целевого назначения на опытном технологическом производстве Института мясо-молочной промышленности [3].

Одна из потребностей молочной промышленности – пролонгация сроков годности с сохранением высоких потребительских характеристик молочных продуктов без использования консервантов. Биологически безопасным и перспективным явля-

ется применение в этих целях защитных культур, направленно ингибирующих технически вредные микроорганизмы порчи при своем развитии в продукте или на этапах его получения [4].

Завершен комплекс исследований антагонистических свойств у 67 штаммов молочнокислых микроорганизмов и 4 штаммов пропионовокислых бактерий из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов в отношении 5 тест-штаммов *E. coli*, 4 культур дрожжей, 3 культур плесеней и 6 штаммов маслянокислых бактерий вида *Clostridium tyrobutyricum*. Изученные штаммы молочнокислых и пропионовокислых культур достоверно обладают широким спектром антагонистической активности к технически вредным микроорганизмам: 91% – антагонистической активностью к кишечной палочке, 51% – к дрожжам, 78% – к плесеням и 79% – к маслянокислым бактериям. В ходе исследования антагонистических свойств в молочном сырье в зависимости от температуры, pH и продолжительности этапов производственного процесса установлена штаммоспецифичная антагонистическая активность в отношении тест-культур технически вредных микроорганизмов при развитии в молочном сырье: у *Lactobacillus helveticus* 2644 TL-AV к *E. coli* Y5–3 R16 и *Candida utilis*, у *Lactococcus lactis subsp. cremoris* 2717 M-A к *Fusarium oxysporum*, у *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF к *Alternaria alternate*, *Clostridium tyrobutyricum* МК Богд-2, у *Propionibacterium freudenreichii* 2017 МНО-К к *Clostridium tyrobutyricum* МК. Из 80 исследованных отобрано 46 штаммов-антагонистов, которые

перспективны для использования в качестве защитных культур при производстве ферментированных молочных продуктов. Высоким уровнем антагонистической активности обладали и комбинации культур, содержащие один или два штамма-антагониста. На основании анализа результатов исследований разработаны методические рекомендации по отбору молочнокислых и пропионовокислых бактерий в качестве защитных культур для производства ферментированных молочных продуктов [5]. Методические подходы найдут применение в промышленной биотехнологии для создания эффективных комбинаций микроорганизмов и технологий заквасок.

С целью выделения эффективных молочнокислых и бифидобактерий для различных сфер промышленной биотехнологии изучали микробиоту пчел и пчелопродукты, биотехнологический потенциал выделенных микроорганизмов. Исследован профиль ферментации различных углеводов и их производных с помощью стрип-тестов API 50 CH у 11 штаммов лактобацилл, выделенных из организма пчел и пчелопродуктов. Установлено, что культуры 2932 TL-OF (*Lb. paracasei*), 2933 TL-OF (*Lb. paracasei*), 2934 TL-OF (*Lb. rhamnosus*), 2942 ML-OF (*Lb. helsingborgensis*) способны ферментировать максимальное количество (20 и более) из изученных субстратов. Штаммы 2937 ML-OF (*Lb. kimbladaii*), 2938 ML-OF (*Lb. kimbladaii*), 2939 ML-OF (*Lb. mellis*), 2940 ML-OF (*Lb. apis*), 2941 ML-OF (*Lb. helsingborgensis*) могут использовать в качестве источника углерода и энергии ограниченное количество субстратов (от 11 до 19). Наименьшее количество углеводов и их произ-

водных ферментируют штаммы *Lactobacillus kunkeei* L44 и L45 (6 субстратов). Способность бактерий утилизировать различные сахара важна для культур, используемых в составе биоконсервантов для силосования растительных кормов: С6-сахара (гексозы) могут утилизировать и гомо- и гетероферментативные лактобактерии, тогда как пентозы ферментируют только некоторые гетероферментативные бактерии. Перспективны для использования в составе биоконсервантов для силосования культуры L41, L42 (*Lactobacillus paracasei*) и L43 (*Lactobacillus rhamnosus*), ферментирующие пентозы: D-рибозу, D-ксилозу, D-ликозу [6].

Вышеназванные виды лактоцилл в европейской системе списка QPS являются безопасными. Исследованные нами и обладающие антагонистической активностью в отношении микроорганизмов порчи могут использоваться как штаммы-пробиотики для производства биотехнологической продукции в сельском хозяйстве и пищевой промышленности после подтверждения безопасности согласно требованиям нормативно-правовой базы Республики Беларусь.

Lactobacillus – самый большой и разнообразный род молочнокислых бактерий (LAB). Многие виды находят применение в промышленности, биотехнологии, медицине и ветеринарной медицине [1]. Из-за своих метаболических особенностей некоторые представители этого рода играют важную роль в процессах ферментации молока, сохранении пищевых продуктов, обладают пробиотическими свойствами, а также используются в производстве биологически активных добавок. Разрешаю-



Научным комитетом Европейского управления по безопасности пищевых продуктов (EFSA) в отношении биологических агентов, преднамеренно введенных в пищевую и кормовую цепочку, для обеспечения согласованной общей предварительной оценки и оценки безопасности разработан подход, предусматривающий формирование списка биологических агентов, отвечающих требованиям презумпции безопасности (QPS). Впервые такой список был составлен в 2007 г. и обновлялся с различной периодичностью. Для внесения в него новых микроорганизмов экспертная группа по биологическим опасностям (BIOHAZ) проводит всестороннюю оценку. В настоящее время список QPS включает обширный перечень видов микроорганизмов, признанных безопасными к применению в пищевых и кормовых целях (www.efsa.europa.eu).

щая сила того или иного метода генотипирования напрямую связана с вариабельностью используемых маркеров. Для дифференцирования близкородственных видов или крупных групп штаммов микроорганизмов широко применяется метод MLST. Проведены исследования по разработке способа дифференциации бактерий *Lactobacillus helveticus* и *Lactobacillus acidophilus* методом мультилокусного секвенирования. Для мультилокусного

сиквенс-типирования использованы 3 пары праймеров (TestGB, Sgro и SrplB), сконструированные к генам «домашнего хозяйства» *gyrB*, *groEL* и *rplB*, которые позволяют достоверно идентифицировать бактерии *Lb. acidophilus* и *Lb. helveticus* и типировать штаммы внутри вида *Lb. helveticus*. Кроме того, с помощью праймеров Sgro и SrplB можно устанавливать подвиды *Lb. delbrueckii*, а с применением праймеров TestGB и Sgro – различать близкородственные

виды *Lb. gallinarum* и *Lb. helveticus*. Полученные результаты являются базовыми для создания экспресс-подходов как к идентификации новых выделяемых культур, так и для анализа видового состава микрофлоры заквасок и ферментированных продуктов [7].

Создание новых заквасок для сыроделия остается перспективной задачей развития биотехнологии, поскольку востребованность сыра как продукта для самых разных потребителей в современном мире не снижается. Для того чтобы добиться хороших органолептических показателей, важен подбор микроорганизмов в составе закваски. Актуально и расширение спектра микроорганизмов, которые можно включать в состав заквасочной микрофлоры. При этом вводимые в состав заквасок микроорганизмы должны как обеспечивать улучшение органолептических свойств традиционных сыров и интенсифицировать процесс выработки и устойчивость к биоповреждениям, так и повышать биологическую ценность производимого продукта за счет обогащения веществами, вырабатываемыми в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, преобразования компонентов молочного сырья в более ценные и биодоступные субстанции. Положительным моментом при использовании лактобацилл в составе заквасок для сыров является то, что обычно виды *Lactobacillus* более устойчивы к кислой среде по сравнению с остальными молочнокислыми бактериями, что дает им возможность развиваться на всех стадиях созревания сыра; кроме того, лактобациллы устойчивы к бактериофагам лактококков [8–10].

Перспективными в этом отношении являются бактерии вида *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, обладающие высоким уровнем протеолитической активности, ферментирующие широкий спектр углеводов, в том числе галактозу, способные к биосинтезу аминокислот. Данные бактерии ингибируют рост посторонней микрофлоры в молоке и сырах за счет быстрого сбраживания лактозы и повышения кислотности среды, обладают специфической антагонистической активностью за счет формирования метаболитических продуктов, обладающих бактерицидным и бактериостатическим действием [11], вырабатывают антибактериальные вещества и бактериоцины, которые могут вызывать ингибирование и подавление роста нежелательных грамположительных бактерий родов *Bacillus*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Clostridium* и *Staphylococcus*. Однако следует отметить, что способность к образованию каких-либо веществ может зависеть не только от условий выращивания культуры, но и от конкретного штамма [12].

Активно используются в молочной промышленности новые закваски для сыров на основе отечественных штаммов молочнокислых бактерий вида *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, разработка технологии производства которых завершена в 2023 г. Эти микроорганизмы способствуют ускорению созревания сыров и формированию яркого сырного вкуса и могут использоваться как в составе заквасок (СЫР-13, СЫР-14, СЫР-15, СЫР-16), используемых непосредственно при изготовлении, так и в качестве добавочных культур при производстве сыров, придающих продукту определенные потребительские

характеристики. Например, закваска поливидовая концентрированная замороженная лактобацилл «Бетабаланс 1», содержащая *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* и *Lactobacillus casei subsp. casei*, применяется в качестве дополнительной культуры при изготовлении сыров для усиления и ускорения образования «сырного» аромата, оказывает антагонистическое воздействие на маслянокислые бактерии и дрожжи [13, 14].

Полутвердые сыры с пониженным содержанием жира в сухом веществе (20–30%) – один из основных трендов развития сыроделия, они ориентированы на людей, формирующих свои рационы на принципах включения большого количества белка и незаменимых аминокислот. Вместе с тем потребитель не всегда готов к специфическим вкусовым особенностям низкожирных сыров с их достаточно грубой, резинистой консистенцией, связанной именно со сниженным содержанием жира и особенностями ферментационных процессов. Существуют технологические решения, позволяющие нивелировать данные органолептические особенности и придать сырам более традиционные характеристики (подбор молокосвертывающих ферментов, корректировка температурных режимов изготовления и созревания сыров, выбор заквасочных культур и др.) [15]. Завершен комплекс работ по созданию замороженных концентрированных заквасок «СЫР-10» и «СЫР-10 Премиум» со сбалансированным уровнем протеолитической активности [16]. Решен комплекс задач по подбору микроорганизмов для заквасок с учетом их биохимической активности и биотехноло-

гического потенциала, созданию технологии заквасок и отработке в лабораторных условиях параметров их применения, оценке органолептических, физико-химических, микробиологических характеристик низкожирных и полножирных сыров, выработанных с использованием замороженных концентрированных заквасок «СЫР-10» и «СЫР-10 Премиум» в лабораторных и промышленных условиях, определены предварительные сроки их созревания.

Разработана технология получения газо- и ароматобразующих микроорганизмов на основе методов молекулярно-генетического типирования. Из сырого молока получены обогащенные накопительные культуры указанных микроорганизмов. На основании анализа результатов исследований производственно ценных свойств и с использованием молекулярно-генетических методов селектированы культуры с высокой газо- и ароматобразующей способностью, перспективные для включения в состав бактериальных заквасок для творога. Совокупность производственно ценных свойств выделенных изолятов (сбраживающая и газообразующая активности, органолептические характеристики сгустка, продукция диацетилла, фагоустойчивость) позволила определить перспективность их использования в промышленной биотехнологии, 10 штаммов лейконостоков и 10 штаммов диацетильного лактококка паспортизированы и введены в Республиканскую коллекцию промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов [17]. С применением культур разработаны консорциумы, содержащие один

или два вида газо- и ароматобразующих микроорганизмов, на основе которых осуществлены опытно-промышленные выработки сухих и замороженных заквасок для творога. Изготовленные партии соответствовали по качественным характеристикам требованиям ТНПА. Технологическая инструкция по селекции газо- и ароматобразующих микроорганизмов с использованием молекулярно-генетических методов ТИ ВУ 100098867.604–2023 используется в научно-исследовательских работах по функционированию и поддержанию Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов для выделения, идентификации и селекции газо- и ароматобразующих микроорганизмов, обладающих производственно ценными свойствами.

В результате решения комплекса фундаментальных и прикладных задач разработана и освоена в промышленном производстве технология изготовления сухого биоконсерванта для силосования растительного сырья на основе гетероферментативных молочнокислых бактерий. Источниками выделения молочнокислых палочек, перспективных для использования в составе биоконсерванта, послужили 97 природных образцов из различных регионов Республики Беларусь, из которых получена 71 накопительная культура и выделены 534 изолята бактерий. В результате исследований продуктивных свойств культур отобраны 5 гетероферментативных лактобацилл с высокой активностью кислотообразования, осмоотолерантных, обладающих антагонистической активностью по отношению к дрожжам и кишечной палочке. Культуры паспортизи-

рованы и переданы в Республиканскую коллекцию промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов. В ходе исследований по созданию технологии биологического консерванта «Биоплант-форте» сконструированы 12 бактериальных консорциумов из гомо- и гетероферментативных молочнокислых бактерий, в лабораторных условиях исследованы и оценены опытные партии силосованных кормов. Полученные результаты явились основой для определения видового состава бактерий, перспективных для создания биоконсерванта [18]. Разработаны ТНПА и технологическая документация по изготовлению и применению биоконсерванта «Биоплант-форте», технологический регламент по заготовке силосованных кормов с его использованием. Освоен промышленный выпуск этой биотехнологической продукции.

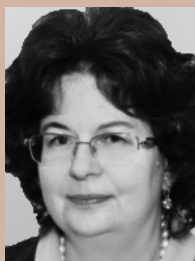
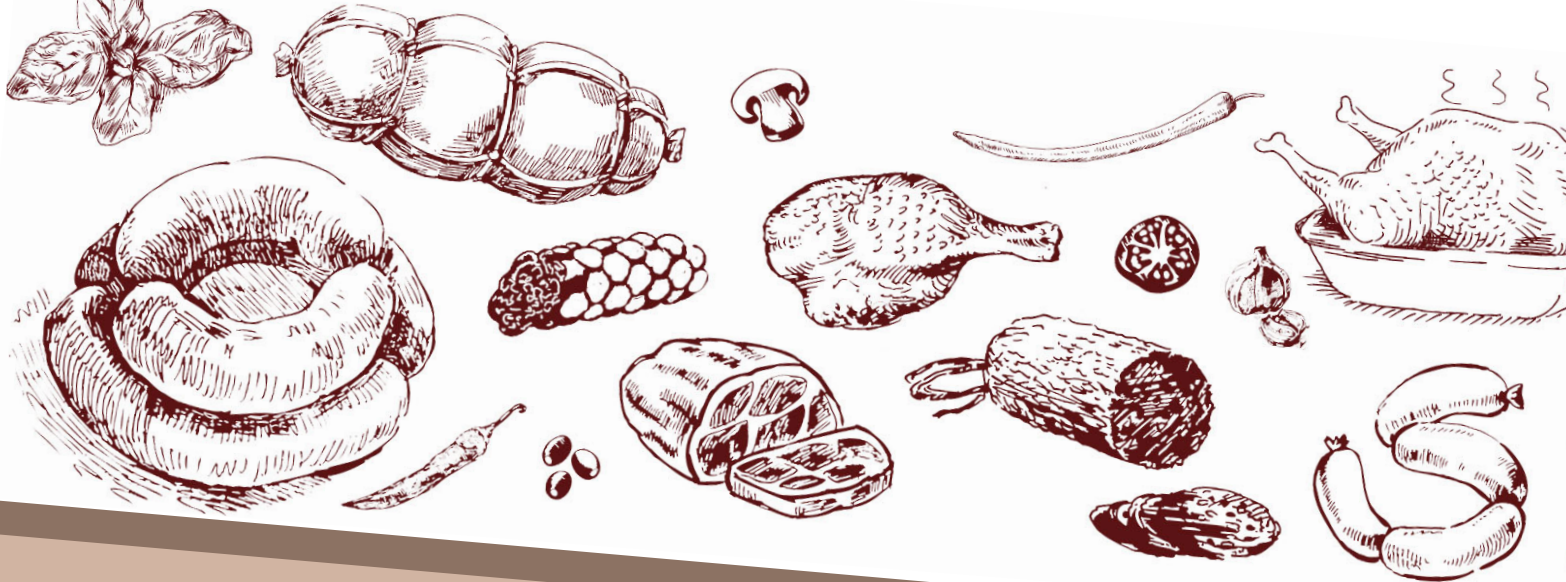
В настоящее время совместно с Институтом медико-биологических проблем РАН реализуется российско-белорусский проект «Проксибиотик». В его рамках, в том числе при проведении биотехнологических экспериментов на борту российского сегмента Международной космической станции, использованы 16 штаммов микроорганизмов-пробиотиков, выделенных и изученных в Республике Беларусь, показавших эффективность при коррекции микробиоценоза ЖКТ в составе кисломолочных продуктов. Основная цель проведенных и планируемых научных работ – создание комплексного кисломолочного продукта для поддержания микробиоты человека в условиях космического полета. Вместе с тем подобранные комбинации культур перспективны для использования при создании продуктов для

поддержания микробиоты не только в условиях космического полета, но и в повседневной жизни человека.

Исследования в области промышленной биотехнологии являются приоритетными в Республике Беларусь, поддерживаются государством через реализацию государственных программ научных и прикладных исследований, что позволяет проводить полный комплекс исследований: от выделения новых культур до создания технологий производства и применения заквасок в промышленности. Отечественная пищевая биотехнология на современном этапе своего развития решает новые задачи перерабатывающей отрасли – расширяет арсенал методов и способов увеличения ассортимента групп заквасок и полезной ферментированной продукции, обеспечивает уровень ее безопасности и возможность пролонгирования сроков годности. Отечественные закваски по своим качественным характеристикам идут наравне с известнейшими мировыми брендами, обеспечивая снижение критического импорта. Республиканская коллекция промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов постоянно пополняется новыми высокопродуктивными штаммами молочнокислых, пропионовокислых и бифидобактерий, активно ведутся научные работы, направленные на обеспечение конкурентоспособности отечественной биотехнологической продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Просеков А.Ю. Инновационный менеджмент биотехнологий заквасочных культур / А.Ю. Просеков, Л.А. Остроумов // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 43. №4. С. 64–69.
2. Сидоренко О.Д. Особенности взаимодействия микроорганизмов в ферментированном молоке / О.Д. Сидоренко, Е.В. Жукова, О.Н. Пастух // Всё о мясе. 2020. №5. С. 329–332.
3. Жабанос Н.К., Фурик Н.Н. Установление основных характеристик бактериальных консорциумов для производства заквасок различного целевого назначения / Н.К. Жабанос, Н.Н. Фурик // Техника и технология пищевых производств: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21–22 апреля 2022 г.: в 2-х т. / Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2022. Т. 1. С. 315–316.
4. Silva CCG, Silva SPM, Ribeiro SC. Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. // Front Microbiol. 2018. Vol. 9. P. 1–15.
5. Коровяцкая Е.М. Исследование влияния культур-антагонистов на технически-вредные микроорганизмы в процессе сквашивания и последующего хранения сливок / Е.М. Коровяцкая, Н.Н. Фурик, Н.К. Жабанос, С.Л. Василенко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / Институт мясо-молочной промышленности. – Минск, 2022. Вып. 16. С. 46–54.
6. Романович Н.С. Характеристика ферментации углеводов и их производных лактобациллами, выделенными из организма пчел и пчелопродуктов / Н.С. Романович [и др.] // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр., 2022 г. / Институт мясо-молочной промышленности. 2023 г. С. 115–121.
7. Шукшина М.А. Сиквенс-типирование *Lactobacillus helveticus* и *Lactobacillus acidophilus* на основании 3 генов домашнего хозяйства // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. 2023. Вып. 18 / Институт мясо-молочной промышленности, 2023. С. 107–114.
8. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник / К.К. Горбатова. – М., 2021 г.
9. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под ред. С.А. Гудкова. – М., 2003.
10. Сучкова Е.П. Основы биотехнологии / Е.П. Сучкова, Р.А. Уваров. – СПб., 2021.
11. Boris S. Partial characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* U0004, an intestinal isolate with probiotic potential / S. Boris [et al.] // J Appl Microbiol. 2001. №2 (91). P. 328–333.
12. Comparison of Activity of Commercial Protective Cultures and Thermophilic Lactic Acid Bacteria against *Listeria monocytogenes*: A New Perspective to Improve the Safety of Sardinian PDO Cheeses / M.P. Meloni [et al.] // Foods. 2023. №12.
13. Романович Н.С. Изучение биотехнологического потенциала штамма *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* 2636 TL-A / Н.С. Романович [и др.]. Сборник материалов III междунар. конгресса «Наука, питание и здоровье». Сб. науч. тр. – Минск, 2021. С. 474–482.
14. Сидерко И.А. Оценка влияния *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* и *Lactobacillus casei subsp. casei* в составе бактериального консорциума для сыров на скорость кислотообразования / И.А. Сидерко, Н.Н. Фурик, Н.К. Жабанос, Е.Н. Бирюк // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. Институт мясо-молочной промышленности; редкол.: Г.В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. Вып. 17. С. 102–107.
15. Вахрушева Д.С. Влияние лактобацилл на формирование органолептического профиля сыров пониженной жирности / Д.С. Вахрушева // Пищевые системы. Т. 4. №35. 2021. С. 31–36.
16. Двоежённова Е.А. Биохимическая активность культур молочнокислых бактерий, перспективных для использования при изготовлении сыров с пониженным содержанием жира / Е.А. Двоежённова, Н.К. Жабанос, Д.В. Муха, Н.Н. Фурик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: Сб. науч. тр. Институт мясо-молочной промышленности; редкол.: Г.В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. Вып. 17. С. 130–140.
17. Соглаева А.А. Выделение газо- и ароматобразующих заквасочных культур и изучение их производственно-ценных свойств / А.А. Соглаева [и др.] // Наука, питание и здоровье: сб. науч. тр. / под общ. ред. З.В. Ловкиса / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по продовольствию. – Минск, 2022. С. 53–59.
18. Бирюк Е.Н. Разработка сухого биоконсерванта на основе гетероферментативных молочнокислых бактерий / Е.Н. Бирюк, Н.Н. Фурик, Е.П. Ходаренок // Актуальные проблемы и перспективы развития продуктивного и непродуктивного животноводства: сб. статей междунар. науч.-практич. конф. – 28–29 октября 2020 г., Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. С. 63–66.



Светлана Гордынец,
заведующий отделом
технологий мясных
продуктов Института
мясо-молочной
промышленности,
кандидат сельско-
хозяйственных наук



Екатерина Беспалова,
заведующий отраслевой
лабораторией биохимии,
микробиологии и
технологических процессов
переработки молока
Института мясо-молочной
промышленности, кандидат
технических наук, доцент



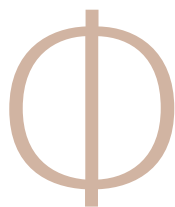
Елена Степанова,
заместитель директора
по научной работе
Института мясо-молочной
промышленности, кандидат
ветеринарных наук, доцент



Виктория Напреенко,
научный сотрудник отдела
технологий мясных
продуктов Института мясо-
молочной промышленности,
магистр технических наук

Продукция функционального и специализированного назначения: обзор инноваций

Хорошее здоровье выгодно экономически, равно как и правильное питание, его сохраняющее и предупреждающее от заболеваний. Это важнейший фактор, определяющий физиологический статус человека, его гармоничное физическое и умственное развитие, адекватную адаптацию к непрерывно меняющейся природной и социальной среде. Важная роль при этом отводится созданию функциональных и специализированных продуктов [1, 2].



Функциональное питание подразумевает употребление пищи, не только обеспечивающей организм энергетическим и пластическим материалом, но и контролирующей и модулирующей конкретные функции, биохимические и поведенческие реакции, способствующей поддержанию здоровья, снижающей риск возникновения заболеваний и ускоряющей процессы выздоровления [1–3].

Специализированная пищевая продукция отвечает установленным требованиям к содержанию и/или соотношению веществ и компонентов [4]. Ее обращение попадает в сферу действия Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». В отношении функциональных продуктов такого регулирования нет. Согласно стандарту СТБ 1818–2007 «Пищевые продукты функциональные. Термины и определения», они предназначены для систематического употребления всеми возрастными группами здорового населения, поскольку снижают риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняют и улучшают здоровье за счет наличия в составе физиологически функциональных ингредиентов (витамины, минералы, пищевые волокна, про-, пре- и симбиотики, полиненасыщенные жирные кислоты).

Производство функциональных и специализированных продуктов питания в мире широко распространено и развивается очень активно. Хотя они имеют более высокую цену, но, тем не менее, весьма популярны. На упаковке имеется специальная маркировка, информирующая покупателя о назначении товара, указаны добавленные или удаленные компоненты. В Беларуси производство таких продуктов осуществляется по следующим направлениям: детское; для спортсменов; беременных и кормящих женщин; другие виды (диетическое и диабетическое, продукты с пониженным содержанием белка; специализированное диетическое профилактическое).

Функциональное питание призвано компенсировать дефицит биологически активных компонентов в организме, поддерживать активность органов и систем, снижать риск возникновения заболеваний путем создания диетического фона, поддерживать полезную микрофлору ЖКТ [5].

На данном этапе эффективно используются 7 основных видов включаемых в такие продукты ингредиентов [6]: пищевые волокна (растворимые

и нерастворимые); витамины; минеральные вещества (кальций, железо и др.); полиненасыщенные жиры (растительные масла, рыбий жир, омега-3 жирные кислоты); антиоксиданты (бета-каротин, аскорбиновая кислота, альфа-токоферол); пребиотики (фруктоолигосахариды, инулин, лактоза, лактулоза, молочная кислота и др.); пробиотики, имеющие в составе бифидобактерии, лактобактерии, дрожжи и даже высшие грибы. К числу важнейших проблем, требующих грамотного и научно обоснованного решения, относятся: выбор обогащающих микронутриентов, регламентация гарантированного их содержания, выявление физико-химических форм; требования к информации на упаковке; оценка реальной эффективности изделий.

В Институте мясо-молочной промышленности НАН Беларуси ведется работа по расширению ассортимента функциональных и специализированных мясных продуктов. Разработана линейка полуфабрикатов мясных и мясорастительных (котлеты, шницели, бифштексы) с ламинарией для профилактики йододефицита. Водоросли этого типа содержат значительное количество йода (до 1,6% в пересчете на сухое вещество), который аккумулируется главным образом в органической форме, а также витамины А, С, D, всю группу витаминов В, каротин, минеральные вещества, макроэлементы (калий, кальций, фосфор) и микроэлементы (железо, алюминий, цинк, бром, селен), полисахариды (соли альгиновой кислоты), благодаря чему обеспечивается высокая эмульгирующая и водосвязывающая способность фарша [7]. Профилактическая направленность продуктов с ламинарией подтверждена исследованиями НПП гигиены. Включение в рацион 100 г данных полуфабрикатов на 10% обеспечивает суточную потребность в пищевых волокнах, на 100% – в йоде и на 35–40% – в селене в органически связанных формах. Морская капуста исключает возможность передозировки йода даже при 1000-кратном превышении суточной дозы. Это объясняется тем, что данный элемент отщепляется от аминокислотных остатков под воздействием ферментов печени, которая вырабатывает их тем больше, чем выше нехватка. Когда организм набирает свою норму и лишний йод отщеплять уже нечем, последний удаляется из организма естественным путем.

Основу программ функционального питания в различных странах мира составляет набор определенных добавок. Так, в Японии из 25 наименований функциональных ингредиентов 19 напрямую связаны с микрофлорой. Большое значение придается обогащению продуктов пребиотиками,

стимулирующими рост собственной микрофлоры при отсутствии проблемы приживаемости [1, 3, 8]. Классифицировано несколько их типов, к которым относят галакто-, фрукто-, изомальтоолигосахариды, соевые олигосахариды и др. На первом месте по объему использования в пищевой промышленности находится лактулоза – дисахарид, получаемый из молочного сахара, лактозы, которая, в свою очередь, выделяется из сыворотки – побочного продукта переработки молока на сыр и творог. К основным свойствам лактулозы относится увеличение численности бифидо- и лактобактерий; подавление патогенной и условно-патогенной микрофлоры, токсичных метаболитов и вредных ферментов; увеличение абсорбции минералов, укрепление костей и др.

Установлено, что при ежедневном употреблении взрослыми 3 г лактулозы относительное содержание бифидобактерий повышается с 8,3 до 47,4%. При этом отмечено значительное снижение образования индола, скатола, фенола, аммиака и других токсичных продуктов белкового распада, а также уменьшение pH и повышение влаги в кишечном содержимом [8]. Специалистами Института разработаны полуфабрикаты мясные и мясорастительные, колбасные изделия с лактулозой. 100 г таких продуктов обеспечивают 25% суточной потребности в ингредиенте.

Широко применяют в функциональном питании пектины – полисахариды, присутствующие практически во всех наземных растениях (особенно в плодах), а также в водорослях. Спрос на них на мировом рынке ежегодно увеличивается на 3–5%. Установлено, что, будучи низкокалорийными углеводами и легкорастворимыми балластными веществами, они являются хорошим источником энергии для представителей нормальной кишечной микрофлоры, увеличивают время транзита пищи через ЖКТ, уменьшают абсорбцию холестерина и желчных кислот, а также уровень сывороточного холестерина, снижают секрецию инсулина и концентрацию в ней глюкозы. Разработаны изделия колбасные вареные с использованием смесей обогатительных (произ-

водства УП «УНИТЕХПРОМ БГУ»), в состав которых входит содержащее пектин растительное сырье (порошок из выжимок или цельного яблока, сушеные ламинария, морковь, свекла).

Для людей с сахарным диабетом специалисты Института создали линейку мясных изделий (паштеты, полуфабрикаты рубленые, колбасы вареные) без сахара, содержание жира и соли в них снижено на 50%, нитрита натрия – на 60% (для вареных колбас). Они включают фитокомпозиции с топинымбуром, овсом, корнем петрушки, яблочным порошком, морковью, солодом ржаным, инулином, что позволяет не только исключить сахар, но и обогатить составы пищевыми волокнами, витаминами и микроэлементами. Экстракцией из корня цикория получают инулин – неперевариваемое диетическое волокно, гликемический индекс которого практически равен нулю, что позволяет создавать сбалансированные по этому показателю продукты. Кроме того, инулин улучшает текстуру и вкусовые качества пищи, хорошо подходит для замены жира в обезжиренных (или с пониженным содержанием жира) изделиях. Топинамбур богат щелочными минеральными элементами, особенно калием, характеризуется высоким содержанием углеводов (от 54 до 78%), основным представителем которых является инулин, благодаря чему снижает уровень сахара в крови, нормализует углеводный и жировой обмен, способствует выведению из организма радионуклидов и солей тяжелых металлов. Овес обладает высокой биологической ценностью, содержит белок (11,9–18%), жиры (6,2–6,9%), углеводы (54,5–59,2%), витамины А, Е, В₁, В₂, калий, магний, фосфор, железо, натрий, кальций и др. Употребление овса в пищу оказывает общеукрепляющее, тонизирующее действие, снижает уровень холестерина в крови, препятствует образованию тромбов, нормализует обмен веществ, в частности жировой. Петрушка обладает желчегонным, спазмолитическим, потогонным, бактерицидным, мочегонным, общеукрепляющим, улучшающим пищеварение действием. По наличию калия



занимает первое место среди пряных и многих овощных культур. Солод ржаной красный ферментированный содержит амилалитические ферменты, витамины группы В, РР, Е [1].

Среднее значение потребления соли в России и Беларуси – 7,5–12 г в день, что значительно превосходит рекомендуемый ФАО/ВОЗ уровень (не более 5 г). Большинство специалистов считает это одним из основных факторов развития сердечно-сосудистых заболеваний. В нашем Институте разработан ассортимент мясных продуктов с пониженным содержанием поваренной соли (колбасные изделия, полуфабрикаты), но с сохранением привычной солёности и хорошей органолептики благодаря включению обогатительных фитокомплексов производства «УНИТЕХПРОМ БГУ», в которые входят пряно-ароматические растения: анис, гвоздика, имбирь, мускатный орех, перец белый, тмин, чеснок и др. [10, 11]. Доказано, что многие из них обладают свойствами усилителей вкуса и оказывают лечебное действие (спазмолитическое, успокаивающее, диуретическое и пр.), что потенциально полезно при повышенном артериальном давлении. Кроме того, являясь источником ряда биологически активных соединений (витаминов, минералов и т.д.), способных разнообразить пищевой рацион, такие растения характеризуются пониженным содержанием натрия. Входящие в состав фитокомплексов витамины В₁, В₂, РР и железо играют важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. Витамин В₁ (тиамин) обеспечивает высокий тонус кровеносных сосудов, помогает поддерживать эластичность сердечной мышцы, нормализует ритм сердца. Витамин В₂ (рибофлавин) – регулятор белкового обмена, принимает участие в синтезе гемоглобина, благотворно влияет на работу сердца и сосудов. Витамин РР (никотиновая кислота) участвует в углеводном обмене, оказывает нормализующее влияние на уровень холестерина в крови, водно-солевой обмен, сосудорасширяющее действие на периферические сосуды, ускоряет кровоток. Данные составы подобраны таким образом, чтобы не только выполнять роль вкусовой добавки, но и корректировать порог солевой чувствительности, что будет способствовать уменьшению количества потребления соли человеком. В Институте физиологии НАН Беларуси проведены исследования на крысах-самках линии Вистар по подтверждению функциональных свойств разработанных мясных продуктов. Установлено, что регулярное, в течение 3 недель, употребление колбасы, сосисок или сарделек после моделирования сердечно-сосудистой недостаточности сопро-

вождается снижением повышенного уровня артериального давления в среднем на 46% через 45 минут и на 64% – через 3 суток.

Функциональные продукты, обогащенные геропротекторами (нутриенты, замедляющие процессы старения), играют важную роль в продлении активного долголетия. Наиболее перспективны ω -3 жирные кислоты, уменьшающие вязкость крови, проявления сердечной аритмии и гипертонии, понижающие содержание липидов низкой плотности и триглицеридов, улучшающие состояние при ревматоидных артритях, хронических болезнях кишечника и т.д. Созданы функциональные мясные продукты для геродиетического питания с использованием полиненасыщенных жирных кислот ω -3: мясные обогащенные паштеты и рубленые полуфабрикаты. Их геропротекторные свойства изучены в Институте фармакологии и биохимии НАН Беларуси. Эксперименты на белых крысах-самках линии WAG молодого (3 мес.) и старого (18 мес.) возраста с анализом маркеров старения на клеточном уровне (пролиферация – частота деления клеток и апоптоз – частота гибели клеток в крови, костном мозге, селезенке и печени) позволили установить, что добавление в пищу животных мясных продуктов, содержащих 1% ω -3, способствует увеличению уровня пролиферации клеток крови и костного мозга старых животных и снижает уровень гибели клеток во всех изученных клеточных популяциях по сравнению с контролем, что подтверждает геропротекторные свойства разработок [12, 13].

При некоторых заболеваниях, таких как целиакия и фенилкетонурия, специализированное питание является основным методом лечения.

Целиакия связана с отсутствием или пониженной выработкой кишечной стенкой ферментов, расщепляющих глютен-полипептид, содержащийся в некоторых злаковых (пшенице, ржи, ячмене, овсе), что вызывает деструкцию ворсинок тонкого кишечника, нарушение всасывания питательных веществ и развитие различных дефицитных состояний. Страдающим этим недугом назначается аглютеновая диета. Учеными Института разработаны рецептуры специализированных безглютеновых мясных продуктов: кулинарные изделия с мясными начинками (пицца, пирожки и оладьи картофельные), изделия колбасные вареные, полуфабрикаты мясные рубленые. Исследование, проведенное в НППЦ гигиены, позволило рекомендовать их для больных целиакией, а также для всех групп населения.

При фенилкетонурии наблюдается дефицит фермента, превращающего фенилаланин в тиро-

зин, следствием чего является накопление в тканях больших количеств фенилаланина и продуктов его обмена (фенилпировиноградной, фенилмолочной и фенилуксусной кислот), оказывающих токсическое действие на организм, в первую очередь на головной мозг ребенка. Особенность лечения состоит в необходимости строгого соблюдения низкобелковой диеты и полного исключения из рациона высокобелковых продуктов (хлеб, выпечка, молоко, молочные продукты, крупы, макароны, сыр, творог, шоколад, яйца, мясо, рыба, орехи и т.д.). А это практически 98% ассортимента обычных людей. В нашей стране специализированные продукты практически не производились, и людям с фенилкетонурией приходилось покупать дорогостоящее низкобелковое питание за границей: в Польше, Германии, Российской Федерации и др.

Специалисты Института разработали ассортимент растительно-мясных консервов со сниженным содержанием фенилаланина: «Пюре овощное со свиной»; «Пюре с картофелем и свиной»; «Пюре овощное с говядиной»; «Пюре с картофелем и говядиной», а также колбасные вареные растительно-мясные изделия с пониженным содержанием фенилаланина для диетического профилактического питания: сосиски «Солнышко», «Улыбка», «Сказка». Продукты содержат не более 2 г белка (150 мг фенилаланина) и предназначены для больных фенилкетонурией (в том числе детей от 1,5 лет), но подходят и для здоровых людей. Создана также технология производства продукта молочного сухого с пониженным содержанием белка.

На здоровье новорожденных и детей раннего возраста достаточно часто оказывают выраженное влияние алиментарно-зависимые состояния беременных женщин и кормящих матерей [14–16]. Для них разработаны специализированные мясные продукты, обогащенные витаминами, минеральными веществами и пребиотиками – консервы «Паштет со свиной и печенью витаминизированный» и «Пюре с говядиной и свиной витаминизированное», в состав которых входят говядина, свинина, печень, масло сливочное и подсолнечное и т.д. В их рецептуры включены витаминно-минеральные смеси «Лактусан-ВиКа» (витамины А, D₃, Е, В₁, В₂, В₆, В₁₂, никотинамид, фолиевая кислота, витамин С, кальций, лактулоза), «Йодис F» (йод, селен, фолиевая кислота, витамин Е), обеспечивающие антиоксидантную защиту и уменьшающие число и тяжесть осложнений при беременности и родах и частоту нарушений ранней неонатальной адаптации ребенка; лактулоза, поддерживающая биоценоз кишечника.

Клинические испытания указанных консервов, изготовленных на Оршанском мясоконсервном комбинате, проведенные специалистами Витебского государственного медицинского университета, позволили рекомендовать их данной категории женщин. Норма употребления для проявления профилактических свойств – по 100 г 2 раза в день не менее 14 дней [17, 18].

Одна из проблем современного мира – ожирение, особенно в раннем возрасте. Молочная отрасль отреагировала на нее активной работой по разработке, производству и реализации продуктов со сниженными калорийностью и количеством углеводов. Специалистами Института разработан соответствующий ассортимент методами уменьшения содержания жира, сахаров на 30% или с заменой последних на подсластители, в первую очередь – сахароспирты, имеющие низкую калорийность и гликемический индекс, а также ферментативным гидролизом лактозы.

Молочные продукты с современными низкокалорийными подсластителями позволили ввести изменения в национальные стандарты на их производство, в том числе на мороженое – не более 9,8% сахара для пломбира и сливочного, не более 10,1% – для молочного.

Наиболее динамично в республике развивается производство безлактозной и низколактозной молочной продукции. Лактазная недостаточность, которой, по данным ВОЗ, страдает от 10 до 25% населения нашей страны, связана с врожденным или приобретенным снижением активности фермента (лактазы или β -галактозидазы), ответственного за гидролиз молочного сахара лактозы. Учитывая важную роль молочных продуктов в рационе питания человека, специалистами Института созданы технологии на безлактозные и низколактозные молочные продукты: молоко (в том числе сухое), кефир, сливки, сметану, творог, сыры полутвердые, масло сливочное, мороженое. На финальной стадии находится разработка межгосударственных стандартов на молоко питьевое и продукты кисломолочные низколактозные и безлактозные для питания людей различных возрастных групп, в том числе школьников и дошкольников.

В рамках научных исследований продолжаются работы по снижению содержания лактозы в молочных продуктах с применением инновационного метода мембранных технологий, что позволит избежать избыточной сладости продуктов ферментативного гидролиза лактозы и получить традиционный вкус. Тенденции, характеризующие отечественный

рынок безлактозной молочной продукции, сопоставимы с мировыми. На 7 предприятиях республики освоен выпуск 11 ее видов.

Перспективно направление по созданию продуктов с повышенным содержанием белка. Молоко, греческие йогурты, мягкие сыры типа «Рикотта», мороженое на его основе выводят на рынки не только крупные молочные холдинги, но и более мелкие предприятия. Одна из последних новинок – мороженое с протеином. Поскольку здесь основная целевая группа потребителей – люди, активно занимающиеся спортом, то и количество жира в продуктах минимальное – не более 7,5%, а белка – не менее 5,9% по сравнению с обычным стандартом до 4%.

Особую актуальность приобретает ассортимент для спортсменов. Среди разработок Института – нутриентно адекватные физиологическим потребностям организма в условиях повышенных физических нагрузок специализированные мясные консервы «Олимпиец» и «Чемпион». Они отличаются повышенным (до 14,9–15,5%) содержанием белка и сниженным (до 10,5–11,4%) – жира (их соотношение приближено к оптимальному 1,3–1,5:1), сбалансированным аминокислотным составом за счет включения сывороточного белкового концентрата, содержат микронутриенты, способствующие увеличению выносливости и восстановлению работоспособности.

Физиологическая значимость этих консервов для увеличения адаптации организма к повышенным физическим нагрузкам подтверждена Институтом физиологии НАН Беларуси [19].

Рост аллергических проявлений заставляет и ученых, и производителей заниматься подбором антиаллергенного сырья. Так, наш Институт и Лунинецкий молочный завод создали новую линейку низкоаллергенной продукции (молоко и сливки питьевые, сметану, кефир, био йогурт, творог, сухое молоко, масло сливочное).

Перспективы развития рынка специализированного и функционального питания находятся в прямой зависимости от демографии, эволюции интересов науки, специфических нужд потребителей, связанных с условиями жизни, работы и отдыха. По прогнозам ведущих специалистов мира в области питания и медицины, в ближайшие 15–20 лет доля товаров данного назначения составит 30% всего продуктового рынка. При этом они на 35–50% вытеснят из сферы реализации многие традиционные лекарственные препараты [1]. Продукты функционального и специализированного питания все активнее занимают предназначенное им достойное место в арсенале средств сохранения здоровья, профилактической и восстановительной медицины. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Гордынец С.А. Функциональные мясные продукты: теория и практика: монография / С.А. Гордынец. – Минск, 2009.
- Гордынец С.А. Функциональные продукты / С.А. Гордынец, Л.П. Шалушкова, Т.В. Филиппович // Мясная промышленность. 2004. №2 (7). С. 2–5.
- Шаззо Р.И. Функциональные продукты питания / Р.И. Шаззо, Г.И. Касьянов. – М., 2000.
- ТР ТС 021/2011, Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
- Доронин А.Ф. Функциональное питание / А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров. – М., 2002.
- Тутельян В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека (справочное руководство по витаминам и минеральным веществам) / В.А. Тутельян [и др.]. – М., 2002.
- Садовская Л.П. Обогащение мясных продуктов йодом / Л.П. Садовская [и др.] // Мясная промышленность. 2006. №1. С. 9–11.
- Храмцов А.Г. Лактулоза и функциональное питание: развитие рынка функционального питания. История лактулозы / А.Г. Храмцов, В.Д. Харитонов, И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. 2002. №6. С. 29–30.
- Петренко А.В. Функциональные компоненты питания / А.В. Петренко, Е.А. Горева, А.Ю. Хребтова // Актуальные вопросы и перспективы развития медицины. 2016. №3. С. 129–131.
- Напреенко В.М. Продукты с пониженным содержанием соли / В.М. Напреенко // Наука и инновации. 2020. №9. С. 8–13.
- Гордынец С.А. Фитокомплексы для мясных продуктов с пониженным содержанием поваренной соли / С.А. Гордынец [и др.] // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. трудов. Минск, 2018. Вып. 12. С. 189–197.
- Чернявская Л.А. Геродиетические мясные продукты / Л.А. Чернявская // Наука и инновации. 2020. №3. С. 25–28.
- Гордынец С. Мясные продукты для продления активного долголетия / С. Гордынец // Продукт.бу. 2012. №23. С. 97.
- Яхновец Ж. Продукты со сниженным содержанием фенилаланина / Ж. Яхновец // Наука и инновации. 2020. №9 (211). С. 18–20.
- Кусонская Т.В. Консервы растительно-мясные со сниженным содержанием фенилаланина / Т.В. Кусонская, С.А. Гордынец // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2–3 октября, 2013 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию». Минск, 2013. С. 61–62.
- Теоретические и практические аспекты создания мясных продуктов гипоаллергенной и иммуномодулирующей направленности: монография / А.В. Мелешеня [и др.]. – Минск, 2017.
- Мясные консервы для питания беременных женщин и кормящих матерей / С.А. Гордынец [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Ставрополь, 21–23 ноября 2013 г. / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2013. С. 151–155.
- Гордынец С.А. Аминокислотный состав мясных консервов для питания беременных женщин и кормящих матерей / С.А. Гордынец, Ж.А. Яхновец // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. / IX Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 5–6 февраля 2014 г. С. 111–112.
- Мясные продукты специального назначения для спортсменов и людей, испытывающих повышенные физические нагрузки: монография / А.В. Мелешеня [и др.]. – Минск, 2011.



Рис. 1. Порода овец дорпер



Светлана Гордынец,
заведующий отделом
технологий мясных
продуктов Института
мясо-молочной
промышленности,
кандидат сельско-
хозяйственных наук



Виктория Напреенко,
научный сотрудник
отдела технологий
мясных продуктов
Института мясо-молочной
промышленности, магистр
технических наук



Елена Степанова,
заместитель
директора по научной
работе Института
мясо-молочной
промышленности,
кандидат ветеринарных
наук, доцент

ВОЗРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТОГО РУНА

Овцеводство зародилось в Центральной Азии 10 тыс. лет тому назад, как только люди узнали, что овцы могут производить два жизненно важных продукта — еду и одежду. Это самая ранняя пастбищная отрасль, которая часто упоминается в Ветхом Завете. Домашних овец содержали представители практически всех народов в древней истории. В течение многих веков овцеводы искали методы повышения количества и улучшения качества производимой шерсти [1, 2]. Баранина — ценный продукт питания. Мясо овец богато витаминами, минеральными веществами, незаменимыми аминокислотами, имеет сбалансированный жирнокислотный состав.



Рис. 2. Порода овец лакаюне



Рис. 3. Романовская порода овец



Рис. 4. Порода овец прекос



Рис. 5. Порода овец тексель



Рис. 6. Порода овец иль-де-франс

Основными поставщиками баранины на мировом рынке до настоящего времени остаются страны с традиционно развитым овцеводством – Новая Зеландия и Австралия. На долю первой приходится 10% мирового производства баранины и экспортируют ее главным образом в США, Канаду, страны ЕЭС, Японию [2, 3].

В зависимости от возраста овец подразделяют на взрослых (старше 12 мес.), молодняк (от 4 до 12 мес.) и ягнят (от 14 дней до 4 мес.) [4]; по типу шерстного покрова – на тонкорунных, полутонкорунных, грубошерстных, шерстных, шерстно-мясных, мясошерстных, мясо-шубных, смушковых, мясо-шерстно-молочных.

Согласно морфологической классификации породы делят на 5 групп: короткошестовые, длиннотолщевые, короткожирнотолщевые, длиннотолщевые, курдючные.

Производственная градация, в основу которой положены главным образом два параметра – тип шерстного покрова и соотношение разных видов продукции – отражает основное направление продуктивности, у большинства пород выраженное достаточно четко (табл. 1) [5].

С 1990 г. по настоящее время их численность уменьшилась на 7,8%, производство шерсти – на 39,4%, в то же время производство баранины и ягнятины значительно возросло (на 26,8%), а молока – на 15,2%. Это говорит о том, что фактически сразу же после прохождения пика развития мировое овцеводство приступило к переориентации своей производственной деятельности [6].

В нашей стране в 2019 г. насчитывалось 87,6 тыс. овец. Утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.04.2019 №268 «Комплекс мер по развитию овцеводства в Республике Беларусь на 2019–2025 гг.» позволит к 2026 г. увеличить численность поголовья до 116,5 тыс. К 2025 г. объемы реализации овец (в живом весе) по всем каналам сбыта составят 2,3 тыс. т [7].

По направлению продуктивности породы овец подразделяются на мясные (дорпер), молочные (лакаюне), мясошерстные (романовская, прекос, тексель, иль-де-франс, мериноландшаф, суффолк, литовская черноголовая, немецкий мерино), шерстно-мясные (асканийская) (рис. 1–11). В хозяйствах республики имеются следующие породы: дорпер, суффолк, тексель, прекос, мериноландшаф, романовская, иль-де-франс, литовская темноголовая, асканийская, лакаюне.

Тип шерстного покрова	Направление продуктивности
Тонкорунные	Шерстные Шерстно-мясные Мясошерстные
Полутонкорунные	Мясошерстные длинношерстные Мясошерстные короткошерстные Шерстно-мясные
Грубошерстные	Мясо-шубные Смушковые Мясо-сальные Мясошерстные Мясо-шерстно-молочные

Таблица 1.
Производственная классификация овец

Овцы породы **дорпер**, выведенные на юге Америки в 1930 г. [7], мясного типа, имеются в агроусадьбе «Мазычи» Кобринского р-на.

Лакауне – порода молочного типа, выведена во Франции путем селекции, в Беларуси содержится в ОАО «Лошницкий КЗ».

Романовская порода появилась на территории Романово-Борисоглебского уезда Ярославской губернии в России в 1802 г. [7]. Овцы относятся к мясошерстному направлению продуктивности, имеются в РУП «Витебское ПП», КФХ «Полесье-Белагро», КФХ «Петровский», ИООО «Истерн Шип».

Мясошерстные овцы **прекос** (дальние родственники мериносов), выведенные французскими селекционерами в XIX в. [7], представлены в ФХ «Левчука Р.М.», СПК «Жеребковичи», ОАО «Комбинат Восток», КСУП «Хутор-Агро».

Порода **тексель** мясошерстного типа появилась в Древнем Риме, а современная ее история начинается на нидерландском острове Тексель [7]. Содержатся в ФХ «Левчука Р.М.», РУП «Витебское ПП», СПК «Хвиневици», СПК «Парижская Слобода», КФХ «Надежда Фарадж».

Иль-де-франс – порода, которая появилась в 1824 г., однако селекционеры представили ее лишь в 1875 г. на сельскохозяйственной выставке в Париже [7]. Мясошерстные овцы иль-де-франс имеются в РУП «Витебское ПП», ИООО «Истерн Шип».

Мясошерстная порода **мериноландшаф** появилась в Испании [7], ее овцы содержатся в СПК «Жеребковичи», КСУП «Хутор-Агро», СПК «Парижская Слобода».

Порода **суффолк** выведена в Англии скрещиванием рогатых норфолков и саутдаунов, овцы относятся к мясошерстному

направлению по продуктивности, имеются в КФХ «Виллия-Агро», ФХ «Левчука Р.М.», РУП «Витебское ПП».

Литовская черноголовая выведена в Литве в начале XX в. [7]. Относится к полутонкорунным породам овец мясошерстного направления, имеется в ФХ «Дагон», ЗАО «Агрокомбинат Несвижский».

Меринос – одна из наиболее исторически значимых и экономически важных пород тонкорунных овец, наибольшее поголовье которых находится в Австралии, они – обладатели превосходной мягкой шерсти [7].

Немецкая порода **Merino-fleischschaf**, выведенная для баланса производства шерсти и качества туши, относится к мясошерстному направлению по продуктивности.

Асканийская порода овец – одна из самых крупных среди мериносовых. Родина – Украина. Асканийские овцы относятся к шерстно-мясному направлению, имеются в СПК «Жеребковичи».

Специалисты отдела технологий мясных продуктов Института мясо-молочной промышленности разработали линейку мясных продуктов из баранины.

Полуфабрикат мясной рубленый изготовлен из измельченных мясных или немясных ингредиентов с добавлением или без добавления поваренной соли, пряностей и пищевых добавок [8]. В ФХ «Василек» изготовлена партия колбас сырых, состоящая из баранины и свинины, соли поваренной пищевой йодированной, черного и душистого перца, гвоздики, кардамона (рис. 12).

Важные показатели оценки качества колбас сырых (внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция) зависят от химического



Рис. 7. Порода овец мериноландшаф



Рис. 8. Порода овец суффолк



Рис. 9. Литовская черноголовая порода



Рис. 10. Немецкая порода овец Merinofleischschaf



Рис. 11. Асканийская порода овец

состава и термического состояния мясного сырья. Результаты дегустационной оценки представлены на рис. 13.

По внешнему виду, цвету, запаху, вкусу, консистенции самые высокие баллы получил образец №3 из баранины и свинины (рис. 14).

Разработаны научно обоснованные требования по органолептическим показателям, предъявляемые к данной группе продукции (табл. 2).

Показатели качества и безопасности мясных продуктов как сложных многокомпонентных систем зависят от состава и свойств сырья и совокупности изменений, вызываемых внешним воздействием и внутренними процессами на всех этапах технологической обработки и хранения. В соответствии с этим качество готовых изделий оценивается с помощью различных исследований, в частности – по физико-химическим параметрам (табл. 3).

На основании данных, приведенных в табл. 3 можно сделать вывод, что по физико-химическим показателям полуфабрикаты мясные рубленые соответствуют требованиям, установленным ГОСТ 32951-2014.

На Оршанском мясоконсервном комбинате изготовлены

Наименование показателя	Характеристика	
	Требования ГОСТ 32951-2014	Продукты
Внешний вид	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана; различной формы в зависимости от наименования полуфабриката	Батоны разнообразной формы, с чистой поверхностью, без повреждения оболочки и наплывов фарша
Цвет	Свойственные данному наименованию полуфабриката с учетом используемых рецептурных компонентов, без посторонних привкуса и запаха	От светло-красного до темно-красного
Запах, вкус	Свойственные данному наименованию полуфабриката с учетом используемых рецептурных компонентов, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные данному продукту с учетом используемых рецептурных компонентов, без посторонних привкуса и запаха
Консистенция	После термической обработки сочная, некрошливая	После термической обработки сочная, некрошливая

Таблица 2. Характеристика органолептических показателей полуфабрикатов мясных рубленых

Наименование показателя	Требования, установленные в ГОСТ 32951-2014	Фактические значения показателя		
		образец №1	образец №2	образец №3
Массовая доля белка, %, не менее	10,0	14,99	14,74	16,63
Массовая доля жира, %, не более	50,0	35,6	24,4	40,14
Массовая доля поваренной соли, %, не более	1,8	1,6	1,7	1,7

Таблица 3. Физико-химические показатели полуфабрикатов мясных рубленых

образцы изделий колбасных вареных (рис. 15), полукопченых, мясных консервов.

Изделия колбасные вареные в процессе изготовления проходят тепловую обработку, включающую обжарку и варку. В их состав входят: баранина жилованная односортовая, свинина

жилованная нежирная, молоко коровье сухое цельное, меланж яичный сухой, соль поваренная пищевая йодированная, смесь посолочно-нитритная, сахар, орех мускатный, перец черный и душистый, пищевая добавка «Манса микс колор», вода питьевая.



Рис. 12. Полуфабрикаты мясные рубленые (колбасы сырые) из баранины (А); из баранины и говядины (Б); из баранины и свинины (В)

Наименование показателя	Требования, установленные ТУ ВУ 100098867.688	Фактические значения образца
Внешний вид, форма, размер	Батоны разнообразной формы, прямые или слегка изогнутые, длиной от 120 до 600 мм или в виде колец различного диаметра, с чистой сухой поверхностью, без слипов, бульонных и жировых отеков, повреждения оболочки; диаметром или поперечным размером свыше 44 мм	Батоны прямые, длиной от 200 до 300 мм, с чистой сухой поверхностью, без слипов, бульонных и жировых отеков, повреждения оболочки; диаметром или поперечным размером свыше 44 мм
Внешний вид нарезанных изделий колбасных вареных	Поверхность среза ровная, без вмятин, изломов, «бахромы» и других дефектов. Допускается увлажнение поверхности изделий колбасных вареных	Поверхность среза ровная, без вмятин, изломов и других дефектов
Консистенция	Упругая	Упругая
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта, с ароматом пряностей, запахом чеснока или без него, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные данному виду продукта, с ароматом пряностей, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха

Таблица 4. Характеристика органолептических показателей изделий колбасных вареных

Наименование показателя	Требования, установленные ТУ ВУ 100098867.688	Фактические значения образца
Массовая доля белка, %, не менее	10,0	11,12
Массовая доля жира, %, не более	33,0	11,40
Массовая доля поваренной соли, %, не более	2,4	2,3
Массовая доля нитрита натрия, %, не более	0,005 (50)	0,0027
Массовая доля крахмала, %, не более	2,0	1,6
Массовая доля общего фосфора, %, не более	0,8	0,218
Остаточная активность кислой фосфатазы, не более	0,006	0,0013

Таблица 5. Физико-химические показатели изделий колбасных вареных из баранины

Важные показатели оценки качества колбасных вареных изделий из баранины – внешний вид, вид на разрезе, запах, вкус, консистенция.

В результате дегустационной оценки образец получил высокие оценочные баллы по всем параметрам (4,80–5,00) (рис. 16).

Разработаны научно-обоснованные требования по органолептическим показателям, предъявляемые к данной группе продукции (табл. 4) и установлено ее соответствие требованиям ТУ ВУ 100098867.688–2024 «Изделия колбасные вареные из баранины».

Соответствуют данным ТУ и физико-химические показатели изделий (табл. 5).

Изделия колбасные полукопченые в процессе изготовления подвергаются обжарке или подсушке, варке, копчению и при необходимости – сушке (рис. 17) [8]. Их ингредиентный состав представлен бараниной жилованной одно-сортной, свиной жилованной нежирной, шпиком боковым и (или) хребтовым, солью поваренной пищевой йодированной, смесью посолочно-нитритной, сахаром, перцем черным и душистым, кориандром, тмином, чесноком сушеным, водой питьевой.

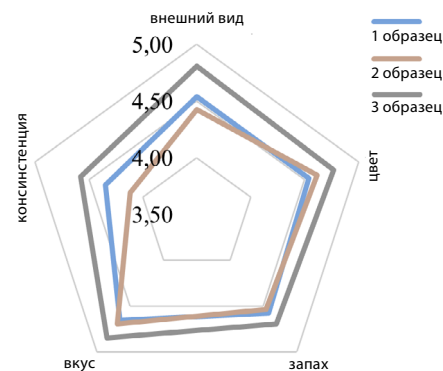


Рис. 13. Дегустационная оценка полуфабрикатов мясных рубленых (колбас сырых) из баранины

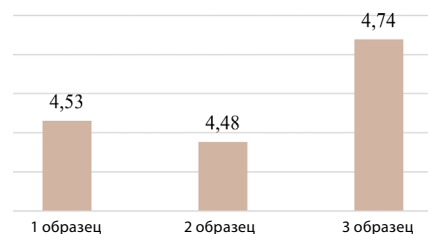


Рис. 14. Средний оценочный балл полуфабрикатов мясных рубленых (колбас сырых) из баранины



Рис. 15. Изделия колбасные вареные из баранины

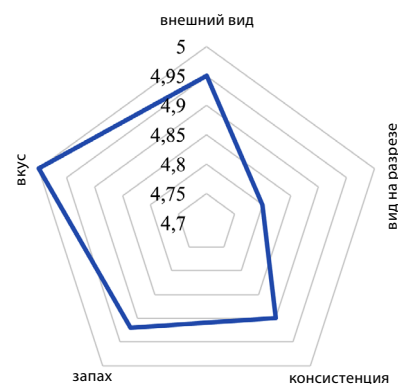


Рис. 16. Дегустационная оценка изделий колбасных вареных из баранины



Рис. 17. Изделия колбасные полукопченые из баранины

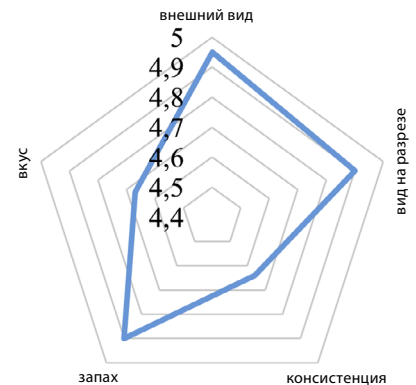


Рис. 18. Дегустационная оценка изделий колбасных полукопченых из баранины



Рис. 19. Консервы мясные кусковые из баранины

Наименование показателя	Требования, установленные ТУ ВУ 100098867.689	Характеристика образца
Внешний вид	Поверхность батонов чистая, сухая, без пятен, слипов, повреждений оболочки и наплывов фарша, с нанесенными товарными отметками и (или) маркировкой с информацией для потребителя	Поверхность батонов чистая, сухая, без пятен, слипов, повреждений оболочки и наплывов фарша
Форма и размер	Батоны цилиндрической или иной формы, прямые или слегка изогнутые, длиной до 500 мм или в виде колец (полуколец) диаметром или поперечным размером свыше 32 мм	Батоны в виде полуколец диаметром свыше 32 мм
Консистенция	От упругой до плотной	Упругая
Цвет и вид на разрезе	Равномерно перемешанный фарш от розового до темно-красного цвета, без серых пятен и пустот, с наличием кусочков мясных и (или) немясных ингредиентов размером не более 25 мм, с включениями пряностей или без них	Равномерно перемешанный фарш от розового до темно-красного цвета, без серых пятен и пустот, с наличием кусочков мясных и ингредиентов размером не более 25 мм, с включениями пряностей
Запах и вкус	Свойственные данному продукту, с ароматом копчения, пряностей, запахом чеснока или без него, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные данному продукту, с ароматом копчения, пряностей, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха

Таблица 6. Характеристика органолептических показателей изделий колбасных полукопченых из баранины

Наименование показателя	Требования, установленные в ТУ ВУ 100098867.689	Фактические значения образца
Массовая доля белка, %, не менее	15,00	16,33
Массовая доля жира, %, не более	40,00	31,30
Массовая доля влаги, % не более	53,00	49,5
Массовая доля поваренной соли, %, не более	4,00	2,8
Массовая доля нитрита натрия, %, не более	0,005 (50)	0,0047
Массовая доля крахмала, %, не более	1,00	0,4

Таблица 7. Физико-химические показатели изделий колбасных полукопченых из баранины

Для исследования их органолептических свойств была проведена дегустация с оцениванием по 5-балльной шкале по следующим показателям: внешний вид, вид на разрезе, консистенция, запах, вкус (рис. 18).

По всем позициям образец получил высокие баллы (4,64–4,95).

Разработаны научно-обоснованные требования по органо-

лептическим показателям, предъявляемые к данной группе продукции (табл. 6).

Установлено ее соответствие требованиям ТУ ВУ 100098867.689–2024 «Изделия колбасные полукопченые». Результаты анализа физико-химических показателей представлены в табл. 7.

Установлено, что по данным параметрам продукция

Наименование показателя	Требования, установленные в ТУ ВУ 100098867.690-2024	Характеристика образца
Внешний вид	В разогретом состоянии – мясо кусочками произвольной формы, массой свыше 30 г, без грубой соединительной ткани, крупных кровеносных сосудов и лимфатических узлов. При извлечении из банки кусочки сохраняют свою форму	Куски размером более 30 мм, монолитной массы с включениями соединительной и жировой ткани, небольшое количество бульона в желеобразном состоянии
Запах и вкус	Свойственные рецептурному составу с пряностями, без посторонних запаха и привкуса. В разогретом состоянии – свойственная тушеному мясу, мясо непереварено	Свойственные данному виду продукта, с пряностями. В разогретом состоянии – свойственная тушеному мясу, мясо непереварено
Консистенция	В разогретом состоянии – свойственная тушеному мясу, мясо непереварено	В разогретом состоянии – свойственная тушеному мясу, мясо непереварено
Внешний вид бульона	Свойственные данному продукту, с ароматом копчения, пряностей, запахом чеснока или без него, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные данному продукту, с ароматом копчения, пряностей, вкус в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха

Таблица 8. Органолептические показатели консервов мясных кусковых из баранины

Наименование показателя	Требования, установленные в ТУ ВУ 100098867.690	Фактические значения образца
Массовая доля белка, %, не менее	7,5	27,53
Массовая доля жира, %, не более	25,0	5,5
Массовая доля поваренной соли, %, не более	1,8	1,7
Массовая доля крахмала, %, не более	1,0	0,8

Таблица 9. Физико-химические показатели консервов мясных кусковых из баранины

отвечает требованиям ТУ ВУ 100098867.689–2024 «Изделия колбасные полукопченые».

Консервы мясные изготавливают из мясных (массовая доля от 60%) и немясных ингредиентов (рис. 19) [8]. В рецептуру входят: баранина жилованная одно- сортная, лук репчатый свежий, соль поваренная пищевая йодированная, перец черный, лист лавровый.

Для оценки органолептических показателей проведена дегустация консервов, по внешнему виду, запаху, вкусу и консистенции они получили высокие баллы (рис. 20).

Разработаны научно обоснованные требования по органолептическим показателям, предъявляемые к данной группе продукции (табл. 8). В результате установлено соответствие требованиям ТУ ВУ 100098867.690–2024 «Консервы из баранины. Общие технические условия».

Исследования физико-химических показателей (табл. 9) продемонстрировало их соответствие ТУ ВУ 100098867.690–2024 «Консервы из баранины. Общие технические условия».

Овцеводство активно развивается в нашей стране, чему

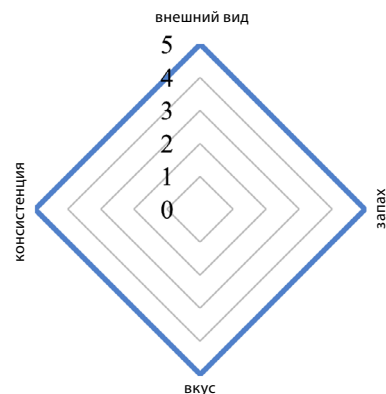


Рис. 20. Дегустационная оценка консервов мясных кусковых из баранины

во многом способствует утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.04.2019 г. №268 «Комплекс мер по развитию овцеводства в Республике Беларусь на 2019–2025 гг.». Созданы линейки мясных продуктов из баранины, высокое качество которых подтверждено научными исследованиями и дегустационными оценками. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Классификация пород овец и их характеристика // <https://www.yaneuch.ru/cat41/klassifikaciya-porod-ovec-i-ih/70341>.
2. Использование потенциала интенсивных пород овец для увеличения производства продукции овцеводства: монография / Ю.А. Колосов [и др.]. – Персиановский, 2020.
3. Тузов И.Н. Современные проблемы в скотоводстве: учебное пособие / И.Н. Тузов, М.Г. Григорьева. – Краснодар, 2016.
4. Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах. Технические условия: ГОСТ 31777–2012. Введ. 01.07.2013. – М., 2014.
5. Классификация пород овец // <https://meatinfo.ru/info/show?id=73>.
6. Овцеводство стран мира / С.А. Данкверт [и др.]. – М., 2011.
7. Гордынец С.А. Развитие овцеводства в Республике Беларусь / С.А. Гордынец, В.М. Напреенко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности». – Минск, 2022.
8. ТР ТС 034/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции».



Лилия Чернявская,
заведующий сектором научно-прикладных разработок отдела технологий мясных продуктов Института мясо-молочной промышленности, кандидат технических наук, доцент



Ольга Ходорева,
заведующий сектором стандартизации и нормирования мясной отрасли отдела технологий мясных продуктов Института мясо-молочной промышленности



Елена Войтехович,
заведующий сектором стандартизации и нормирования молочной отрасли Института мясо-молочной промышленности



Ольга Сотченко,
старший научный сотрудник сектора стандартизации и нормирования молочной отрасли Института мясо-молочной промышленности

Стандартизация на страже качества и безопасности

Качество пищевой продукции подразумевает ее безопасность, высокие потребительские свойства, энергетическую и пищевую ценность, подлинность, способность удовлетворять потребности человека в целях сохранения его здоровья. Сложившаяся в Республике Беларусь система технического регулирования в данной области направлена на унификацию и гармонизацию национальных норм с международными и связана с выполнением обязательств нашей страны как потенциального члена Всемирной торговой организации и государства – члена Евразийского экономического союза [1]. Выпуск пищевой продукции по современным государственным стандартам (СТБ) способствует повышению уровня доверия покупателей и дает определенные гарантии ожидаемых потребительских свойств, при этом учитывает необходимость повышения эффективности производства в динамично развивающихся условиях рынка. Специалисты Института мясо-молочной промышленности постоянно работают над совершенствованием нормативно-технической базы с целью улучшения качества и безопасности продукции молочной, мясной и птицеперерабатывающей промышленности, расширения ее ассортимента.

Значительную часть в рационе питания населения республики занимают колбасные изделия, ассортимент которых достаточно хорошо представлен на прилавках магазинов с учетом различной покупательской способности и вкусовых предпочтений потребителя. Однако эффективные маркетинговые инструменты, равно как и решения в области упаковочных материалов, не всегда дают представление о характеристиках продукта. Кроме того, в большинстве случаев производство колбасных изделий осуществляется по техническим условиям изготовителей с различным уровнем технических требований, что зачастую приводит к неоднородности качества представленного в торговле ассортимента. Институт мясо-молочной промышленности с целью повышения качества колбасных изделий, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей, разработал государственные стандарты, позволяющие обеспечить гарантированный выпуск качественной и безопасной мясной продукции, на группы вареных, полукопченых, варено-копченых, сырокопченых и сыровяленых (в том числе салями) колбасных изделий: СТБ 126–2016 «Изделия колбасные вареные. Общие технические условия», СТБ 196–2016 «Изделия

колбасные полукопченые. Общие технические условия», СТБ 1996–2016 «Изделия колбасные сырокопченые и сыровяленые салями. Общие технические условия», СТБ 2581–2020 «Изделия колбасные варенокопченые. Общие технические условия» [2, 3].

Данные стандарты отражают современные требования законодательства, в том числе в рамках Евразийского экономического (Таможенного) союза, что позволяет обеспечить беспрепятственный экспорт продукции в рамках единого экономического пространства. В частности, установлены обязательные требования по классификации на группы в зависимости от содержания мясных ингредиентов: мясные – массовая доля мясных ингредиентов в рецептуре составляет более 60%, мясосодержащие – от 5 до 60%. Такое деление позволяет потребителю иметь более четкое представление о качестве изделия, учитывая тот факт, что информация о группе должна в обязательном порядке указываться в маркировке при указании ее наименования.

В Беларуси наблюдается устойчивая тенденция к росту производства колбасных изделий. Вареные колбасы, сосиски, сардельки пользуются спросом у всех возрастных групп и социальных слоев населения. В 2023 г. объем их производства вырос на 5% по отношению к 2022 г.

Выпуск вареных колбасных изделий стабильного качества обеспечивает СТБ 126–2016 «Изделия колбасные вареные. Общие технические условия», устанавливающий требования к качеству и безопасности всех видов вареных колбасных изделий (вареная колбаса, сосиски, сардельки и шпикачки, колбасные хлеба), и подразделяет их на сорта – экстра, высший, первый, второй, бессортные. При этом сорт экстра введен впервые и предусматривает использование более высокосортного мяса, не допускается включение мяса механической обвалки, жира-сырца, пищевых добавок, за исключением традиционных для мясной отрасли (нитрита натрия – стабилизатор цвета, фосфатов, аскорбиновой кислоты). Регламентировано содержание белка и жира в зависимости от сорта, что является объективным показателем качества и, соответственно, сортности изделия.

Один из важных элементов оценки качества – определение степени проваренности. В ходе термической обработки мяса при изготовлении вареных колбасных изделий кислая фосфатаза полностью разрушается. Поэтому обнаружение остаточной активности этого фермента говорит о нарушении термического режима в ходе производства. В этой связи в вареных колбасных изделиях предусмотрен

контроль остаточной активности кислой фосфатазы (не более 0,006%).

Следует отметить растущую популярность варенокопченых и полукопченых колбасных изделий, что связано с их приятными вкусовыми качествами, нежным ароматом и средней ценовой категорией. В Институте на эти группы разработаны государственные стандарты Республики Беларусь СТБ 196–2016 «Изделия колбасные полукопченые. Общие технические условия» и СТБ 2581–2020 «Изделия колбасные варенокопченые. Общие технические условия», обеспечивающие полное соответствие выпускаемой продукции действующему законодательству и потребительскому спросу.

Появление национального стандарта на варенокопченые колбасные изделия обусловлено выполнением поручения Совета Министров Республики Беларусь, вызванного ухудшением качества колбасных изделий данной группы и поступающими жалобами от потребителей в ГКК.

Данные стандарты содержат комплекс требований, позволяющих выпускать продукцию стабильного качества, установлены требования по содержанию белка, жира, влаги, регламентирован перечень и количественное соотношение мясных и немясных ингредиентов в зависимости от сортности. Учитывая вовлечение комбинатами в переработку мяса птицы, предусмотрено использование данного вида сырья в полукопченых и варенокопченых колбасных изделиях.

Принимая во внимание достаточно высокую калорийность варенокопченых колбас и современные тенденции правильного питания, специалистами Института проведены научно-практические исследования, направленные на моделирование состава с учетом пищевой и биологической ценности компонентов. Разработаны 5 рецептур варенокопченых колбасных изделий, калорийность которых снижена не менее чем на 30% по сравнению с традиционным ассортиментом, при этом особое внимание уделено сбалансированности продукта и сохранению его вкусовых достоинств.

Технология производства сыровяленых и сырокопченых колбасных изделий – одна из самых длительных и трудоемких. В ходе их созревания протекают сложные биохимические и физико-химические процессы, способствующие формированию характерного вкуса, запаха и цвета. Данная продукция является неотъемлемой частью праздничного стола и считается деликатесной, что обусловлено качеством применяемого при ее изготовлении сырья и длительностью созревания.

Потребительский рынок страны представлен широким ассортиментом сырокопченых и сыровяленых колбасных изделий, состав которых зачастую не соответствует указанной на маркировке сортности. Так, при производстве продукции по техническим условиям изготовитель самостоятельно устанавливает требования к сортности, что не всегда положительно сказывается на качестве и ожиданиях потребителя.

В Республике Беларусь действует разработанный Институтом государственного стандарта на изделия колбасные сырокопченые и сыровяленые салями (СТБ 1996–2016), где установлены требования к физико-химическим показателям изделий, в том числе в зависимости от сортности. Они не подвергаются варке, а следовательно, есть риск развития микроорганизмов, при этом излишнее содержание влаги может привести к порче. В этой связи установлен показатель «массовая доля влаги», являющийся качественным показателем, свидетельствующим о готовности продукта данного вида: для высшего сорта – не более 42%, для остальных – не более 45%.

Стандартом регламентируются требования к качеству мясного сырья в зависимости от сортности. Не допускается использование в колбасных изделиях высшего сорта белков животного и растительного происхождения, эмульсии из свиной шкурки, белкового стабилизатора, тогда как для остальных сортов их ограниченное включение допустимо. При производстве сырокопченых и сыровяленых колбасных изделий всех сортов не допускается применение мяса механической обвалки.

Все более востребованными у потребителя становятся мясные полуфабрикаты вследствие скорости и легкости их приготовления в домашних условиях. Соответствующий сегмент рынка в настоящее время динамично развивается. Мясоперерабатывающая промышленность в связи с этим ищет пути более рационального изготовления продукта с минимальными затратами, лучшими качественными показателями, в том числе микробиологическими, безупречной гигиеной и санитарией.

В связи с этим специалистами Института осуществляется актуализация государственного стандарта СТБ 1020–2008 «Полуфабрикаты мясные натуральные. Общие технические условия», требования которого на сегодняшний день неактуальны по отношению к действующим техническим регламентам Евразийского (Таможенного) союза. Планируется изучить пищевую ценность полученных от разных видов сельскохозяйственных животных кусковых полуфабрикатов. В связи с тем, что

они поставляются в комбинаты школьного питания, в новой редакции стандарта будут установлены научно обоснованные требования к таким продуктам с учетом потребностей детского организма. На белорусском рынке представлена готовая мясная продукция для детского питания (пельмени, колбасные изделия, полуфабрикаты рубленые (фарши, колбасы сырые)), но отсутствуют мясные полуфабрикаты кусковые для детского питания, что ограничивает возможность приготовления блюд в домашних условиях. Следует отметить, что во всем мире уделяется большое внимание промышленному производству продуктов детского питания: создаются рецептуры, соответствующие особенностям растущего организма; используется современное оборудование, позволяющее обеспечить необходимую степень обработки сырья при лучшей сохранности питательных веществ, и т.д. [4–6].

Благодаря своим уникальным питательным качествам и относительно невысокой стоимости широким спросом у населения пользуется яйцо куриное пищевое – натуральный продукт питания, содержащий в своем составе комплекс питательных веществ и биологически активных соединений. Этот продукт попадает под действие СТБ 254–2022 «Яйца куриные пищевые. Технические условия», разработанного специалистами Института с учетом состояния яичного производства, требований межгосударственных стандартов и технических регламентов Таможенного союза. Стандарт распространяется на яйца куриные пищевые, предназначенные для реализации в розничную торговую сеть, на предприятия общественного питания и для промышленной переработки. В зависимости от качества и сроков годности они подразделяются на два вида: диетические (до 7 суток с момента снесения) и столовые (от 7 до 25 суток); в зависимости от массы – на категории: высшая (70 г и выше), отборная (от 65–69,9 г), первая (55–64,9 г), вторая (45–54,9 г) и мелкие (35–44,9 г). Основные нормируемые показатели их качества – состояние воздушной камеры, желтка, плотность и цвет белка, чистота и целостность яичной скорлупы. Каждое яйцо маркируют методом штемпелевания, напыления или иным способом. При этом на диетических (Д) указывают вид, категорию и дату сортировки (число, месяц), на столовых (С) – вид и категорию (высшая – В, отборная – О, первая – 1, вторая – 2, мелкие – М). В стандарте приведена информация о пищевой ценности 100 г яичной массы (таблица) [7, 8].

Для многих стран, в том числе Республики Беларусь, актуальна проблема несбалансированности пищевого рациона детей и взрослых, в том

Белок, г	Жир, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность	
			кДж	ккал
12,1	10,5	0,7	606,1	145,7

Таблица. Информационные сведения о пищевой ценности 100 г яичной массы (средние значения)

числе из-за чрезмерного потребления сладких высококалорийных продуктов, что приводит к увеличению количества людей с лишним весом, росту заболеваемости сахарным диабетом [9]. В связи с этим специалистами Института проведены комплексные научно-практические исследования и разработаны технические требования, технологии изготовления и рецептурные составы новых видов мороженого и сладких творожных продуктов со сниженной калорийностью и пониженным содержанием сахара, а также с заменой его на современные подсластители. При этом особое внимание уделялось сохранению натуральности и традиционного вкуса. В первую очередь это относится к такому сложному многокомпонентному продукту, как мороженое. Внесение пищевых волокон и полисахаридов в его состав повышает вязкость смеси, благоприятно влияет на структуру, способствуя формированию более мелких кристаллов льда и позволяя обеспечить необходимую консистенцию и взбитость продукта, в том числе при длительном хранении. На основании проведенных исследований в государственных стандартах СТБ 1467–2017 «Мороженое. Общие технические условия» и СТБ 2283–2016 «Массы и сырки творожные. Общие технические условия» установлены технические требования к показателям качества и безопасности новых видов молочных продуктов с учетом законодательства Евразийского экономического союза и Республики Беларусь, а также необходимые терминологические понятия. Так, определено, что в продукции с пониженным содержанием сахара нормируемое содержание сахарозы или общего сахара (за вычетом лактозы) должно быть снижено не менее чем на 30% по сравнению с конкретным видом мороженого или творожных масс и сырков, а продукция с подсластителями должна изготавливаться без использования сахара. В новых редакциях стандартов с целью исключения возможности введения потребителя в заблуждение внесены дополнительные требования к маркировке нового ассортимента. Отличить их от традиционных продуктов покупатели смогут по наименованию, в котором будут указаны слова «с пониженным содержанием сахара» или

«с подсластителем». Допускается использовать слова «без добавления сахара».

Необходимо отметить, что в последнее время все большую популярность у производителей и потребителей приобретают сухие смеси для мороженого, которые позволяют быстро изготавливать его в производственных условиях, организациях общественного питания или домашних условиях после восстановления водой, молоком, сливками или соком. Это экспортно ориентированная продукция, имеющая длительный срок хранения, которая может транспортироваться всеми видами транспорта при температуре до 20 °С. С целью обеспечения стабильного качества готовых смесей для мороженого, выпускаемых различными предприятиями, разработан межгосударственный стандарт ГОСТ 34906–2022 «Смеси для мороженого сухие. Общие технические условия», в котором установлены требования к показателям качества и безопасности смесей, предназначенных для изготовления пломбира, сливочного, молочного и молочносодержащего мороженого. Для предотвращения фальсификации в стандарт введено требование к жировой фазе, которая должна содержать только молочный жир (кроме смесей с пищевкусовыми компонентами, содержащими растительные компоненты). Конкретизированы требования к применяемому сырью, в том числе пищевкусовым компонентам, упаковке и упаковочным материалам, маркировке готовой продукции, правилам ее приемки, периодичности и методам контроля нормируемых показателей, транспортированию и хранению, что позволяет гарантировать качество и безопасность сухих смесей для мороженого.

В Республике Беларусь большое внимание уделяется разработке нормативно-технических документов на детские молочные продукты, в том числе функциональной направленности, обогащенные пробиотическими микроорганизмами, пребиотиками, витаминами, микро- и макроэлементами. Позитивные эффекты применения обогащенных продуктов на здоровье человека, улучшение микробиоценоза кишечника и повышение иммунитета подтверждены многочисленными научными исследованиями [9]. Поэтому, учитывая востребованность отрасли в функциональных молочных продуктах для детского питания, специалистами Института разработаны межгосударственные стандарты ГОСТ 34908–2022 «Кефир для питания детей раннего возраста обогащенный. Общие технические условия» и ГОСТ 34912–2022 «Молоко питьевое для питания детей раннего возраста. Общие технические условия», в которых

предусмотрена возможность изготовления широкой линейки обогащенного детского кефира и питьевого молока с включением витаминов D, A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, E, C, PP, K, биотина, пантотеновой и фолиевой кислоты, в том числе в комплексе с пребиотиком – лактулозой.

В межгосударственных стандартах на детские молочные продукты регламентированы требования ко всем показателям качества и безопасности готовой продукции, в том числе к содержанию обогащающих компонентов (витаминов и лактулозы), которое должно составлять от 15% до 50% от рекомендуемой суточной потребности с учетом физиологических потребностей детского организма и действующих нормативно-правовых документов. Для детского кефира нормируемые значения содержания молочнокислых микроорганизмов – не менее 1×10^7 КОЕ/г, бифидобактерий (при применении) – не менее 1×10^6 КОЕ/г и дрожжей – не более 1×10^4 КОЕ/г.

Еще одно важное направление развития стандартизации в молочной отрасли – разработка нормативных документов на специализированные молочные продукты, из которых наиболее актуальны и востребованы низколактозные и безлактозные, предназначенные для питания людей с лактазной недостаточностью (непереносимостью молочного сахара лактозы). Наиболее распространена приобретенная лактазная недостаточность, которая может развиваться вследствие инфекционных и различных других заболеваний кишечника, дисбактериоза, пищевой аллергии, длительного или множественного приема лекарственных препаратов, в первую очередь антибиотиков. Лактазная недостаточность проявляется такими симптомами, как вздутие живота, диарея, боли в животе, тошнота, метеоризм, снижение иммунитета и др. Люди с лактазной недостаточностью должны ограничивать потребление традиционных молочных продуктов и придерживаться безлактозной или низколактозной диеты с исключением или уменьшением молочного сахара в рационе [10]. Учитывая актуальность проблемы, в Институте разработаны межгосударственные стандарты на низколактозные и безлактозные молочные и кисломолочные продукты, такие как питьевое молоко, кефир, простокваша, простокваша мечниковская, ряженка и варенец, предназначенные для питания различных возрастных групп населения, в том числе диетического профилактического питания детей дошкольного и школьного возраста. Важное нововведение межгосударственных стандартов ГОСТ 35111–2024 «Молоко питьевое низколактозное и безлактозное. Общие технические условия» и ГОСТ 35112–2024 «Продукты кисломолочные

низколактозные и безлактозные. Общие технические условия» – установление единых технических требований к показателям качества и безопасности низколактозных и безлактозных молочных и кисломолочных продуктов, в том числе нормируемого значения содержания лактозы, что позволит производителям изготавливать стандартизированную молочную продукцию данной группы, а также защитить внутренний рынок от ввоза недоброкачественных и фальсифицированных товаров.

При разработке и актуализации государственных стандартов Институту ставится задача обеспечения мясо- и птицеперерабатывающих предприятий, а также предприятий молочной отрасли полным комплектом документов, то есть помимо стандарта создается технологическая документация.

Таким образом, разработка и актуализация межгосударственных и государственных стандартов и внедрение их в производственную практику предприятий способствует выпуску продукции гарантированно высокого качества, соответствующей требованиям технических регламентов Евразийского экономического (Таможенного) союза, что, в свою очередь, обеспечивает рост конкурентоспособности отечественной продукции и степень доверия к ней потребителей как у нас в стране, так и за рубежом. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ловкис З.В. Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 г. / З.В. Ловкис, Е.М. Моргунова, Е.З. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2017. №1 (35). 2017. С. 8–17.
2. Демчина Т.В. Пересмотрены стандарты на колбасные изделия / Т.В. Демчина, К.А. Марченко // Стандартизация. 2017. №5. С. 39–41.
3. Ходорева О.Г. Новый государственный стандарт на варено-копченые колбасные изделия / О.Г. Ходорева, К.А. Марченко // Стандартизация. 2020. №6. С. 36–38.
4. Гордынец С. Новые стандарты на пельмени и полуфабрикаты в тесте. Что изменилось? // <https://produkt.by/stories/tekhnologii/novye-standarty-na-pelmeni-i-polufabrikaty-v-teste-chto-izmenilos?ysclid=m05dl52y48814542963>.
5. Деревицкая О. Детское питание – по стандарту! / О. Деревицкая, А. Дыдыкин, Н. Солдатова // Стандарты и качество. 2015. №7 (937). С. 34–36.
6. Дыдыкин А.С. Мясные кусковые бескостные полуфабрикаты для детского питания / А.С. Дыдыкин, А.В. Устинова, Н.Е. Солдатова // Мясная индустрия. 2012. №8. С. 38–41.
7. Чернявская Л.А. Актуализирован стандарт на яйца куриные пищевые / Л.А. Чернявская, С.А. Гордынец // Стандартизация. 2022. №4. С. 25–27.
8. Гордынец С.А. Изучение пищевой ценности яиц куриных пищевых, реализуемых на рынке Республики Беларусь / С.А. Гордынец, Л.А. Чернявская // Продовольчї ресурси: зб. наук пр. Ін-т прод. ресурсів НААН. – Київ, 2021. Т. 9. №16. С. 79–89.
9. В Беларуси число пациентов с сахарным диабетом утроилось за 20 лет // <https://www.belta.by/society/view/v-belarusi-chislo-patsientov-s-saharnym-diabetom-utroilos-za-20-let-415647-2020/>.
10. Саванович И.И. Лактазная недостаточность у детей: учеб.-метод. пособие / И.И. Саванович, А.В. Сикорский. – Минск, 2013.

3D-печать в индустрии питания



Гордей Гусаков,
директор Института мясо-молочной промышленности,
кандидат экономических наук, доцент



Ирина Калтович,
заведующий научно-организационным отделом
Института мясо-молочной промышленности, кандидат
технических наук, доцент

В эпоху индустриализации и высокого динамизма возрастает спрос на новые нишевые продукты с уникальными свойствами — индивидуализированной пищевой и биологической ценностью, консистенцией, дизайном, формой, вкусом и др. Одним из инновационных направлений в данной области является моделирование продуктов питания с использованием аддитивных технологий (3D-принтинга, или 3D-печати, или 3DP), которые представляют собой процесс производства посредством сбора слоев исходного материала для создания трехмерного физического объекта из его цифровой модели [1, 4–6].

Печать изделий происходит путем послойного их формирования с помощью 3D-принтеров. Достоинством данных технологий является возможность быстрого и относительно недорогого изготовления сложных конструкций по индивидуальным проектам, что очень важно для пищевой промышленности [2, 3, 7].

Производство готовых изделий по индивидуальным заказам актуально и для предприятий общественного питания (рестораны, кафе, пиццерии и т.д.). Качество пищевой продукции, выпускаемой таким образом (пироги, пицца и др.), в значительной степени зависит от квалификации специалистов, с чем часто возникают проблемы. Автоматизация труда, в отличие от других областей пищевой промышленности, не производится (имеет место лишь частичная механизация) [1, 5, 8].

3D-печать позволяет оперативно вносить изменения в продукцию – убирать или добавлять элементы, а значит, быстро адаптировать товар под требования потребителя с уникаль-

ными предпочтениями. Этот сегмент рынка весьма динамичен и активно развивается. Среднегодовой темп его роста – около 16%. Использование аддитивных технологий для пищевой, в том числе мясоперерабатывающей, промышленности в нашей стране представляет значительный интерес [1–4, 6, 7].

Специалистами нашего института создано новое направление в пищевой промышленности Республики Беларусь и разработаны технологии производства натуральных 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов), а также мясных смесей и эмульсий из высококачественного сырья (свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров) для принтинга (рис. 1). Это способствует решению следующих задач:

- изготовлению уникальных изделий нестандартной формы, дизайна с заданным вкусом и другими характеристиками по специализированным заказам потребителя;
- развитию персонализированного, лечебно-профилактического и диетического, спортивного, детского, геродиетического питания благодаря

возможности моделирования нутриентного состава продуктов с высокой степенью точности и включению компонентов, необходимых конкретному человеку в требуемом количестве (к примеру, при недостатке в организме железа, кальция, отдельных аминокислот и других незаменимых микронутриентов) или, наоборот, исключению из состава продуктов аллергенных компонентов;

- удовлетворению потребности особых секторов экономики в пищевых продуктах повышенной пищевой и биологической ценности (туристической отрасли, медицины и др.);
- ускорению процессов изготовления сложных блюд в домашних условиях, кафе и ресторанах.

Разработанные 3D-мясные изделия, смеси и эмульсии для принтинга характеризуются рядом конкурентных преимуществ: индивидуализированной пищевой и биологической ценностью, сбалансированными соотношениями аминокислот, жирных кислот, минеральных веществ; натуральным составом, отсутствием



Рис. 1. Инновационные мясные 3D-продукты

Наименование показателя	Сухие смеси для изготовления кулинарных изделий			Эмульсии для изготовления кулинарных изделий		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	86,1	81,4	82,6	28,0	29,5	32,7
Содержание жира, %	6,9	13,1	12,1	0,9	4,7	5,1
Содержание влаги, %	6,9	5,5	5,2	69,4	65,2	62,0
Соотношение белок:жир	12,5:1	6,2:1	6,8:1	31,1:1	6,3:1	6,4:1

Таблица 1. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления кулинарных изделий

Наименование показателя	Сухие смеси для изготовления полуфабрикатов			Эмульсии для изготовления полуфабрикатов		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	88,1	75,1	81,4	20,8	26,5	19,8
Содержание жира, %	6,5	18,3	9,2	2,3	5,6	3,7
Содержание влаги, %	5,3	7,4	9,2	78,1	64,5	74,9
Соотношение белок:жир	13,6:1	4,1:1	8,9:1	9,0:1	4,7:1	5,4:1

Таблица 2. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления полуфабрикатов

пищевых добавок (красителей, усилителей вкуса и аромата, консервантов, стабилизаторов и др.). Установлено, что сухие смеси и эмульсии на основе мяса цыплят-бройлеров, а также свинины и мяса цыплят-бройлеров, говядины и свинины (в соотношениях 1:1) отличаются высоким содержанием белка (до 86,1–88,1% и 26,5–32,7%) и низким содержанием жира (до 6,5–6,9% и 0,9–2,3% соответственно), что обосновывает перспективы их использования для изготовления натуральных высококачественных 3D-мяс-

ных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов) (табл. 1, 2). Вместе с тем соотношение белка и жира в сухих смесях для изготовления кулинарных изделий и полуфабрикатов варьирует в диапазоне 4,1:1–13,6:1, в то время как в эмульсиях – 4,7:1–31,1:1, что свидетельствует об их высокобелковой направленности (табл. 1, 2).

Кроме того, значимым конкурентным преимуществом является возможность придания оригинальных технологических параметров готовым продук-

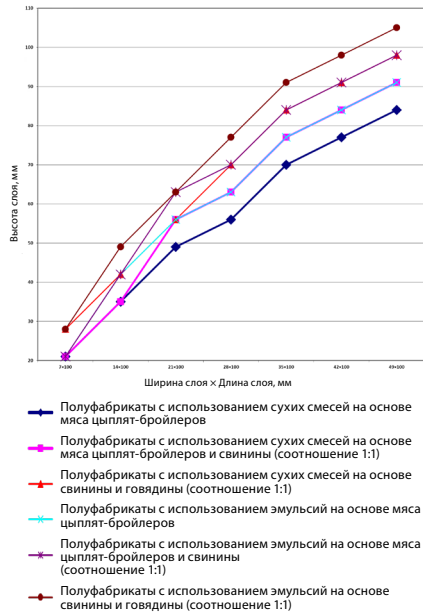


Рис. 2. Рациональные параметры изготовления полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

там (дизайн, форма, вкус и др.). Наряду с этим сухие смеси для 3D-принтинга легко транспортибельны, имеют длительные сроки хранения (6 месяцев при $t=18\pm 2^\circ\text{C}$), их удобно употреблять в экспедициях, походах и др.

Научно обоснована рациональная высота слоя, позволяющая обеспечить устойчивость и сохранность формы полуфабрикатов с использованием сухих смесей на основе мяса цыплят-бройлеров, а также его комбинации со свининой, свининой и говядиной (в соотношениях 1:1):

- до 21–28 мм – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- до 35–42 мм – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- до 49–56 мм – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- до 56–70 мм – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- до 70–84 мм – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- до 77–91 мм – при ширине и длине слоя 42×100 мм;

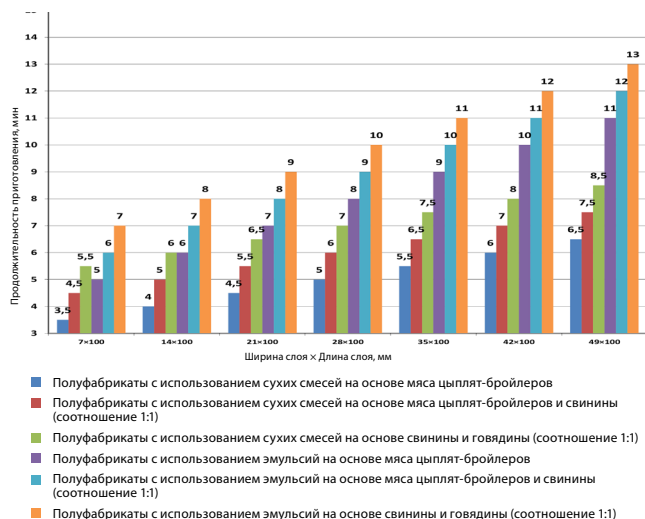


Рис. 3. Рациональные параметры приготовления в СВЧ полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

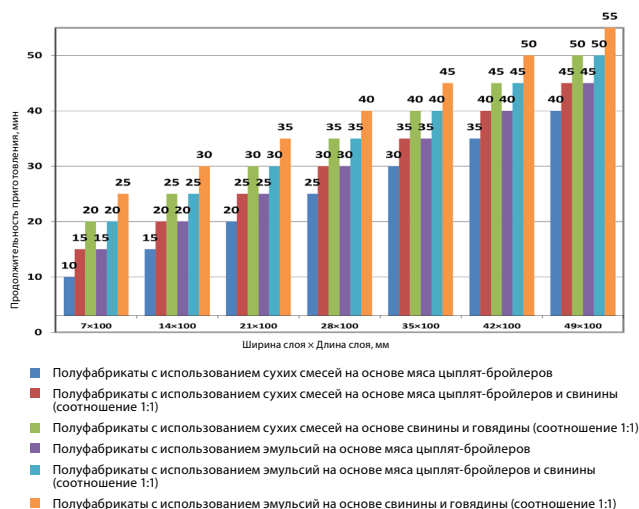


Рис. 4. Рациональные параметры запекания в духовке полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

- до 84–98 мм – при ширине и длине слоя 49×100 мм (рис. 2).

При этом полуфабрикаты характеризуются улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями. Предельное напряжение сдвига изделий на основе мяса цыплят-бройлеров составляет 1078,3–1080,5 Па; на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1086,4–1088,3 Па; на основе свинины и говядины (1:1) – 1096,5–1098,4 Па. Влагосвязывающая способность – 95,9–96,8%, 93,2–94,4% и 92,2–93,3% соответственно.

В то же время использование эмульсий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также комбинации мяса цыплят-бройлеров и свинины, свинины и говядины (в соотношениях 1:1) для изготовления полуфабрикатов позволяет обеспечить следующую рациональную высоту их слоя (при фиксированной его длине 100 мм):

- до 21–28 мм – при ширине слоя 7 мм;
- до 42–49 мм – при ширине слоя 14 мм;

- до 56–63 мм – при ширине слоя 21 мм;
- до 63–77 мм – при ширине слоя 28 мм;
- до 77–91 мм – при ширине слоя 35 мм;
- до 84–98 мм – при ширине слоя 42 мм;
- до 91–105 мм – при ширине слоя 49 мм (рис. 2).

При этом полуфабрикаты характеризуются оптимальными функционально-технологическими и структурно-механическими параметрами: предельное напряжение сдвига изделий на основе мяса цыплят-бройлеров составляет 1080,7–1082,9 Па; цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1088,6–1090,4 Па, свинины и говядины (1:1) – 1097,9–1099,7 Па, влагосвязывающая способность – 97,3–98,1%; 94,8–96,0%; 93,9–94,8% соответственно.

Определена рациональная продолжительность доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов в СВЧ (мощность – 800 Вт) с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также ком-

бинации мяса цыплят-бройлеров и свинины, свинины и говядины (соотношение 1:1) при максимально возможной высоте слоя:

- 3,5–5,5 мин и 5–7 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 4–6 мин и 6–8 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 4,5–6,5 мин и 7–9 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 5–7 мин и 8–10 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 5,5–7,5 мин и 9–11 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 6–8 мин и 10–12 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 6,5–8,5 мин и 11–13 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 3).

Установлено, что оптимальная продолжительность запекания в духовке (180 °С) полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий при максимальной высоте слоя составляет:

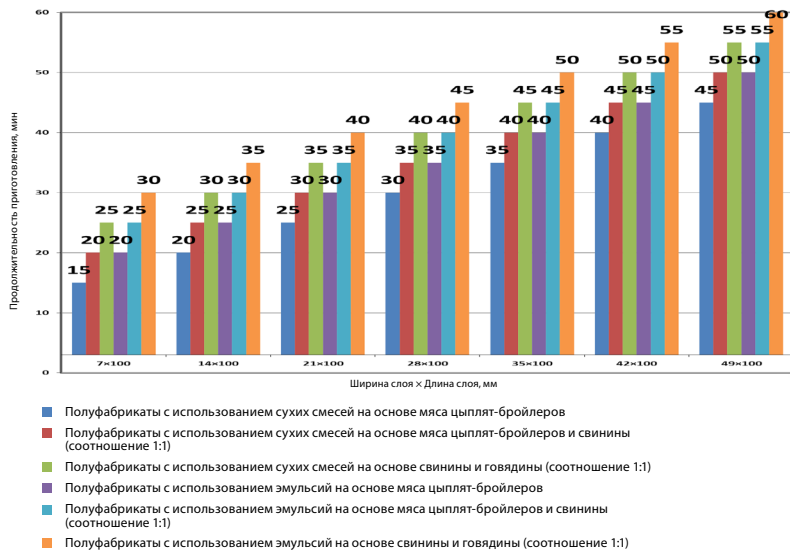


Рис. 5. Рациональные параметры приготовления в пароконвектомате полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

на основе мяса цыплят-бройлеров:

- 10 мин и 15 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;

на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1):

- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;

на основе свинины и говядины (соотношение 1:1):

- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 4).

Определено, что рациональная продолжительность приготовления в пароконвектомате (95–100 °С) полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий при максимальной высоте слоя, обеспечивающей сохранность формы изделия, составляет:

на основе мяса цыплят-бройлеров:

- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;

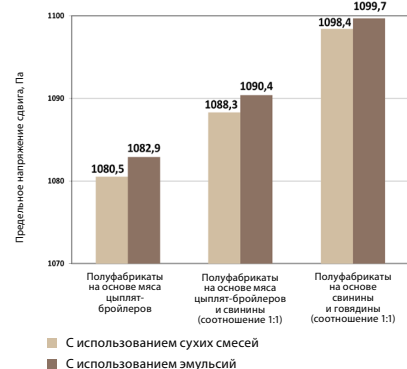


Рис. 6. Предельное напряжение сдвига полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

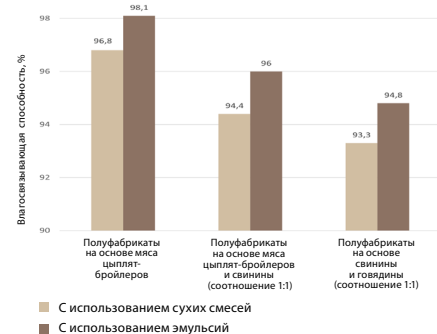


Рис. 7. Влагосвязывающая способность полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

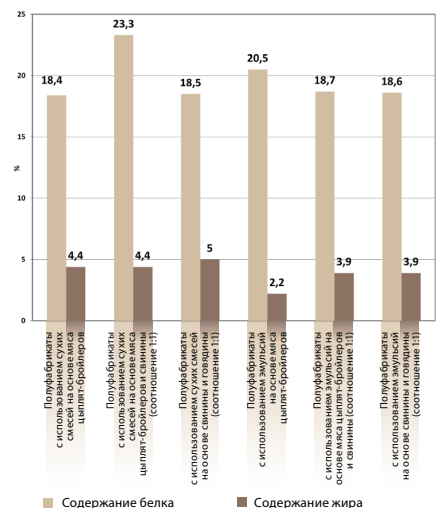


Рис. 8. Пищевая ценность полуфабрикатов с использованием смесей и эмульсий для аддитивных технологий

- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;
- **на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1):**
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;
- **на основе свинины и говядины (соотношение 1:1):**
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 55 мин и 60 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 5).

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема изготовления полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также комбинации мяса цыплят-бройлеров и свинины,

свинины и говядины (в соотношениях 1:1), учитывающая рациональные параметры изделий (ширина, длина и высота слоя), обеспечивающие устойчивость и сохранность формы, а также оптимальные параметры доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов в зависимости от размеров продуктов и способа термообработки (приготовление в пароконвектомате, СВЧ, запекание в духовке).

Изучение показателей качества полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий позволило установить, что изделия характеризуются улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями: предельное напряжение сдвига продуктов на основе мяса цыплят-бройлеров – 1080,5–1082,9 Па, на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1088,3–1090,4 Па, на основе свинины и говядины (1:1) – 1098,4–1099,7 Па, влагосвязывающая способность –

96,8–98,1%; 94,4–96,0%; 93,3–94,8% соответственно (рис. 6, 7).

Выявлено, что в полуфабрикатах с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий содержится 18,4–23,3% белка и 2,2–5,0% жира, а их соотношение составляет 3,7:1–9,3:1, что свидетельствует о высокой пищевой ценности изделий (рис. 8).

Таким образом, использование аддитивных технологий в мясоперерабатывающей промышленности и сегменте HoReCa позволяет создавать натуральные уникальные высококачественные 3D-продукты (полуфабрикаты и кулинарные изделия) с учетом индивидуальных физиологических потребностей конкретного человека, что способствует развитию персонифицированного, лечебно-профилактического и диетического, спортивного, детского, геродиетического питания, оказывает положительное влияние на укрепление здоровья нации и обеспечивает повышение конкурентоспособности пищевой промышленности Республики Беларусь. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А.С. Гришин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». 2016. Т.4. №2. С. 36–44.
2. Применение 3D-принтера для формования изделий из шоколада / А.И. Ермаков [и др.] // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-тех. конф. «Наука, образование – производству, экономике». Минск, 26–28 января 2016 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2016. С. 42–43.
3. Ермаков А.И. Разработка конструкции 3D-принтера, печатающего пищевыми материалами / А.И. Ермаков, С.В. Чайко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. научно-технической конференции «Наука, образование – производству – экономике». Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2017. С. 255–256.
4. О.Н. Колмыкова. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения / О.Н. Колмыкова, Т.В. Кудрявцева // Социально-экономические явления и процессы. 2011. №5–6. С. 127–129.
5. К использованию трехмерной печати пищевых продуктов, одежды / В.З. Крученецкий [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. 2016. №3 (112). С. 18–25.
6. А.В. Морозов. Перспективы развития инновационного технологического уклада / А.В. Морозов, Р.Р. Низамов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №20. С. 331–334.
7. Потеха В.Л. Аддитивные технологии в пищевой отрасли / В.Л. Потеха, А.В. Потеха // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 окт. 2016 г.: в 2 ч. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по продовольствию; ред.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. Ч. 1. С. 9–10.
8. С.Л. Шварцев. Есть ли будущее у аддитивных технологий? // Вестник Российской академии наук. Серия «Дискуссионная трибуна». 2017. Т. 87, №6. С. 538–547.

Как известно, качество — один из ключевых факторов конкурентоспособности продукции, предприятий, отраслей, регионов, национальной экономики в целом. Поэтому в условиях беспрецедентного обострения геополитической и экономической ситуации на планете и необходимости повышения конкурентоспособности отечественной экономики нынешний год в Беларуси объявлен Годом качества. При этом речь идет не только о свойствах выпускаемой продукции. Цель белорусов, по заявлению Президента страны А.Г. Лукашенко, — превзойти себя во всех сферах жизни. Следовательно, проблема анализа качества и управления им актуальна применительно к таким сторонам социально-экономической практики, как производство, потребление, экспорт, импорт, накопление, инвестирование, исследования и разработки, инновационная деятельность и т.д.

Затратно-результативный подход к анализу и управлению технологическим качеством социально-экономических процессов

УДК 330.341.1:330.13



Валерий Байнев,
заведующий научно-исследовательской лабораторией «Комплексные исследования проблем социально-экономического развития» БГУ, доктор экономических наук, профессор;
baynev@bsu.by



Николай Зеньчук,
докторант кафедры инноватики и предпринимательской деятельности БГУ, кандидат технических наук, доцент;
zenchuknf@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблематика анализа технологического качества социально-экономических процессов (производства, потребления, экспорта, импорта, накопления, научно-технической, инновационной, образовательной и т.д. деятельности). Предложена затратно-результативная методология его определения на основе системы таблиц «Затраты – Выпуск», осуществлены соответствующие расчеты для процессов производства, потребления, экспорта и импорта ряда стран мира, включая Республику Беларусь. Анализ полученных результатов позволил сделать итоговые выводы относительно технологической конкурентоспособности и технологической безопасности указанных стран.

Ключевые слова: научно-техническая деятельность, инновационная деятельность, технология, качество, конкурентоспособность, затраты-выпуск.

Для цитирования: Байнев В., Зеньчук Н. Затратно-результативный подход к анализу и управлению технологическим качеством социально-экономических процессов // Наука и инновации. 2024. №10. С. 43–47.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-43-47>

Об актуальности затратно-результативного подхода

К сожалению, при изучении перечисленных и многих других социально-экономических процессов превалируют количественные, преимущественно затратные критерии их оценки. Например, в перечне показателей и индикаторов, отслеживаемых Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь (Белстат) в рамках раздела «Наука и инновации», к типично затратным параметрам научно-технической и инновационной деятельности относятся:

- *внутренние расходы на научные исследования и разработки;*
- *внутренние текущие издержки на научные исследования и разработки;*
- *число и удельный вес организаций, финансирующих инновации.*

Общий фундаментальный недостаток этих показателей обусловлен тем, что факт и величина издержек не гарантируют достаточного полезного результата их наличия. Особенно в тех случаях, когда бизнес по тем или иным причинам (например, из-за чрезмерно высокой стоимости кредитов) не может внедрить разработки НИОКР, которые так и остаются невостребованными. Таким образом, целенаправленное механическое наращивание перечисленных выше расходов без отслеживания и измерения конечного полезного эффекта от их осуществления чревато формированием затратной, расточительной, застойной, неконкурентоспособной экономики.

В качестве небольшого отступления будет уместно привести актуальный, на наш взгляд, исторический политико-экономический дискурс. Как известно, с точки зрения политической экономии, интерес к которой в последние годы в отечественной научно-образовательной системе существенно возрос [1], в экономической теории значительную роль играют категории «стоимость» и «полезность» (в прикладной экономике их аналогом выступают «затраты» и «результаты»), которые, заметим, далеко не всегда коррелируют друг с другом. Например, чрезвычайно полезный воздух практически не имеет стоимости. В то же время некоторые товары и услуги, чья высокая цена основана на эксплуатации человеческих слабостей (азартные игры, табачные изделия, алкоголь, наркотики и т.п.), вряд ли приносят столь же большую пользу. Очевидно, что соотношение стоимости производимых экономических благ и их полезности (затрат и соответствующих

результатов) во многом определяет конкурентоспособность экономической системы и, соответственно, качество ее развития.

Именно неспособность, неумение количественно измерять полезный результат от затрат на НИОКР и капиталовложений в целом привело к застойным процессам, утрате глобальной конкурентоспособности и, в конечном счете, гибели СССР. Дело в том, что базирующаяся на трудовой теории стоимости К. Маркса марксистско-ленинская политэкономия предоставляла исследователям возможность определять лишь стоимостные (в виде соответствующих затрат труда) параметры производимых экономических благ, однако была бессильна при измерении их полезности, которая считалась субъективной и потому количественно неизмеримой характеристикой. И даже хозрасчетная прибыль социалистических предприятий в условиях планового, а значит, гарантированного сбыта производимой ими продукции не отражала ее истинной полезности.

В сложившихся условиях плановое наращивание стоимостных, затратных по своей сущности показателей, прежде всего валового выпуска без опережающего приращения совокупности его полезных характеристик, привело СССР к негативным, чреватым застоєм процессам в его хозяйственной деятельности. В итоге советская экономика выпускала все более и более дорогие экономические блага, прирост полезных свойств которых отставал от приращения их стоимости. Это обусловило более низкое по сравнению с западными аналогами качество выпускаемой в СССР продукции, что и привело его к поражению в экономическом противостоянии. И хотя капиталистические страны также не владели инструментарием для проведения теоретического анализа полезности выпускаемой продукции, в их распоряжении имелись свободные рынки, где потребители эмпирически решали данную проблему, отдавая предпочтение более востребованным и качественным товарам.

Этот дискурс убедительно доказывает потенциальную опасность упования на затратные критерии оценки социально-экономических процессов без адекватного учета их результативности. К сожалению, в белорусской экономической науке проблема измерения полезности производимых экономических благ с целью ее сопоставления со стоимостными, затратными характеристиками до последнего времени не решена.

Наряду с типично затратными показателями и индикаторами в упомянутом выше разделе «Наука

Классификационная группа вида экономической деятельности	Буквенный идентификатор	Коды по NACE Rev2	Числовой идентификатор
Использующие высокие технологии	H	21, 26	4
Высокотехнологичные наукоемкие услуги	HKIS	59-63, 72	
Использующие средневые технологии	MH	20, 27-30	3
Наукоемкие услуги	KIS	50, 51, 58-63, 64-66, 69-75, 78, 80 84-93	
Использующие средненизкие технологии	ML	19, 22-25, 33	2
Использующие низкие технологии	L	10-18, 31, 32	
Менее наукоемкие услуги	LKIS	45-47, 49, 52-53, 55-56, 68, 77, 79, 81, 82, 94-96, 97-99	1

Таблица 1. Буквенно-числовая идентификация видов экономической деятельности в зависимости от уровня их технологической интенсивности

и инновации» на сайте Белстата наличествует и значительное число сопутствующих возникновению итогового полезного результата параметров научно-технической и инновационной деятельности. К ним относятся число выполнявших научные исследования и разработки организаций; списочная численность осуществлявших НИР и НИОКР работников, в том числе имеющих ученую степень доктора наук, кандидата наук, исследователей; стоимость (объем) реализованных проектов, оказанных научно-технических услуг и др. Поэтому важно понять и признать, что ни один из приведенных затратных и сопутствующих показателей научно-технической и инновационной деятельности не характеризует напрямую ее итоговый полезный результат. И даже такой, на первый взгляд, результативный параметр, как «удельный вес отгруженной инновационной продукции (работ, услуг), новой для мирового рынка, в общем объеме отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) организаций промышленности», оставляет вне поля зрения ряд актуальных вопросов, связанных с тем, насколько новой она является и, главное, каковы свойства производимых отечественными организациями «неновых экономических благ».

В рамках решения обозначенной проблемы в Белорусском государственном университете при выполнении НИР №20211622 «Развитие высокотехнологического сектора экономики как фактор обеспечения научно-технологической безопасности Республики Беларусь» (ГПНИ «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 гг.) разработана затратно-результативная методология определения технологического качества социально-экономических процессов (производства, потребления, экспорта, импорта, накопления, инвестирования, научно-технической и инновационной деятельности и т.д.) (разработчик – Н.Ф. Зеньчук).

Исходные положения и условия использования указанной методологии

В соответствии с концепцией немецкого ученого К. Шваба, все циркулирующие в современных социально-экономических процессах экономические блага делятся на 4 классификационные группы, а именно – продукты и услуги, произведенные с использованием технологических систем первой, второй, третьей и четвертой (условные числовые идентификаторы 1, 2, 3 и 4) промышленной революции. Кроме того, выделены применявшиеся примерно до 1960 г. технологические системы, предшествовавшие промышленным революциям [2, 3].

Вместе с этим перечисленные в международном классификаторе NACE Rev 2 виды экономической деятельности в зависимости от уровня их технологической интенсивности типизированы как относящиеся к низким (Low technology – L), средненизким (Medium-low technology – ML), средневысоким (Medium-high technology – MH) и высоким (High technology – H) технологиям [4]. В свою очередь, соответствующие услугам виды экономической деятельности агрегированы как высокотехнологичные наукоемкие (HKIS), наукоемкие (KIS) и менее наукоемкие (LKIS) услуги [5].

С учетом вышеизложенного авторами разработана система буквенно-числовой идентификации видов экономической деятельности в зависимости от уровня их технологической интенсивности (табл. 1).

Характеристики социально-экономических процессов – производства, потребления, экспорта, импорта и других – существенно зависят от технологического уровня обращающихся в них товаров, работ и услуг. В соответствии с этим предложено понятие «технологическое качество социально-

экономического процесса», характеризующее степень использования его участниками экономических благ, произведенных (потребленных) в рамках различных видов экономической деятельности с более или менее высоким уровнем технологической интенсивности и соответствующим ему числовым идентификатором (табл. 1). Например, экспорт (импорт), представленный высоко- и средневысокотехнологичной продукцией, следует признать технологически более качественным, нежели экспорт (импорт), наполненный средненизко- и низкотехнологичными товарами и услугами.

Предложенный нами для практического использования показатель технологического качества (Technological quality indicator – TQI) социально-экономического процесса характеризует соотношение удельных весов, обращающихся в этом процессе товаров, работ и услуг с учетом технологической

интенсивности видов экономической деятельности, в рамках которых они произведены (потреблены). Он может быть исчислен количественно по формуле средневзвешенной величины, где «вариантами» и «весами» выступают соответственно числовые идентификаторы и доли в общем валовом выпуске охарактеризованных в табл. 1 видов экономической деятельности:

$$TQI = \frac{4 SB_H + 3 SB_{MH} + 2 SB_{ML} + SB_L}{100\%}, \quad (1)$$

где SB_H , SB_{MH} , SB_{ML} , SB_L – суммарный удельный вес экономических благ (Sum of economic benefits – SB), ассоциированных соответственно с высокими, средневысокими, средненизкими и низкими технологиями, в общем объеме их использования, %.

Очевидно, чем более высокотехнологичные товары, работы и услуги обращаются в анализируемом процессе, тем на более высоком технологическом уровне он реализуется и, соответственно, тем выше показатель его технологического качества.

На основе составляемых статистическими организациями большинства стран мира, включая Республику Беларусь [6], систем таблиц «Затраты – Выпуск», детализирующих производство и взаимное потребление, экспорт и импорт экономических благ конкретными видами экономической деятельности с учетом их принадлежности к высоким, средневысоким, средненизким и низким технологиям (табл. 1), оказывается возможным исчислить показатели технологического качества социально-экономических процессов при помощи (1). При этом полезный результат научно-технической и инновационной деятельности – это не затраты на их осуществление, а улучшение технологического качества производства и потребления.

Апробация методологии

С использованием предложенной методологии проанализированы процессы производства, потребления, экспорта и импорта стран, представленных в табл. 2 в порядке убывания технологического качества создаваемой их экономиками добавленной стоимости.

Полученные результаты позволяют сделать ряд важных выводов относительно технологической конкурентоспособности и безопасности рассматриваемых стран.

В частности, можно выделить очевидных технологических лидеров мировой экономики, выступающих технологическими донорами. К ним относятся

Страна	Показатель технологического качества				
	Производства валовой добавленной стоимости	Производства товаров и услуг	Конечного потребления	Экспорта	Импорта
Корея (2018)	2,506	2,492	2,230	2,924	2,315
Израиль (2018)	2,415	2,472	2,149	2,894	2,344
Германия (2018)	2,348	2,383	2,200	2,607	2,381
Сингапур (2018)	2,309	2,561	2,332	2,709	2,556
США (2020)	2,278	2,273	2,166	2,364	2,606
Франция (2018)	2,277	2,333	2,170	2,365	2,328
Япония 2018	2,219	2,307	2,122	2,564	2,364
Саудовская Аравия (2018)	2,188	2,226	2,308	2,056	2,343
Эстония (2018)	2,183	2,154	2,164	2,171	2,321
Польша (2018)	2,172	2,159	2,113	2,159	2,332
Китай (2018)	2,145	2,237	2,067	2,622	2,366
Беларусь (2020)	2,135	2,021	2,013	2,197	2,320
Россия (2020)	2,106	2,114	2,092	2,081	2,581
Латвия (2018)	2,066	2,024	2,028	1,821	2,141
Литва (2018)	1,982	1,994	2,017	1,789	2,050
Казахстан (2018)	1,858	2,012	1,973	1,779	2,303

Таблица 2. Показатели технологического качества процессов производства, потребления, экспорта и импорта в некоторых странах мира

прежде всего Корея, Израиль, Германия, Япония, Китай и в меньшей мере Франция, у которых технологическое качество экспорта товаров и услуг превышает соответствующую характеристику импорта. И, наоборот, демонстрирующие иное соотношение США, Саудовская Аравия, Польша, Эстония, Латвия, Литва, Беларусь, Россия и Казахстан являются технологическими реципиентами, что создает для них существенные риски из-за зависимости от внешних факторов. Вместе с тем в этой группе можно выделить Саудовскую Аравию и наших соседей – Эстонию, Латвию и Литву, которые, образно выражаясь, «живут не по средствам». Это проявляется в том, что технологическое качество конечного потребления государственными учреждениями и населением в этих странах превышает аналогичные свойства локализованного там производства товаров и услуг. И если Саудовская Аравия в силу своей исключительной ресурсной обеспеченности вполне может себе это позволить, то прибалтийские страны демонстрируют недопустимый дефицит технологического суверенитета. Думается, что сложившаяся в странах Балтии ситуация, с одной стороны, – прямое следствие охватившей едва ли не все постсоветское пространство деиндустриализации, с другой – отсутствие внятной, последовательной и всесторонне обеспеченной промышленной политики, в данном случае ориентированной исключительно на технологическую помощь Европейского союза.

Что касается Республики Беларусь, находящейся в группе технологических реципиентов, здесь ситуация несколько иная, однако схожая с США, Польшей, Россией и Казахстаном. Исходя из представленной в табл. 2 информации, по сути дела, отражающей в сжатом виде систему межотраслевых технологических балансов процессов производства и потребления, следует, что данная группа стран реализует промышленную политику накопления технологичности. Это непосредственно следует из характера соотношений технологического качества экспорта и импорта, а также производства товаров и услуг и конечного потребления. Схожую политику реализовывал предвоенный СССР в годы ленинско-сталинской индустриализации, когда приходилось жертвовать текущим потреблением в пользу накопления индустриального потенциала.

Таким образом, предложенная затратно-результативная методология определения технологического качества социально-экономических процессов (производства, потребления, экспорта, импорта и др.), в отличие от классической теории межотраслевых балансов В. Леонтьева, позво-

■ **Summary.** The article examines the problems of analyzing the quality of socio-economic processes from the standpoint of taking into account the level of technologies used to produce economic goods circulating in these processes. A corresponding cost-effective methodology for determining the technological quality of socio-economic processes (production, consumption, export, import, accumulation, scientific and technical activities, innovative, educational activities, etc.) is proposed. Using this methodology based on the Input-Output table system, calculations of the technological quality of production, consumption, export and import for a number of countries, including the Republic of Belarus, were carried out. Analysis of the obtained results allowed us to draw final conclusions regarding the technological competitiveness and technological security of these countries.

■ **Keywords:** scientific and technical activity, innovative activity, technology, quality, competitiveness, input-output.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-43-47>

ляет наряду со стоимостными (затратными) параметрами процессов производства и потребления учитывать и их полезностную (результативную) составляющую, напомним, характеризующуюся технологическим качеством анализируемых социально-экономических процессов. Думается, полученные научные результаты внесут определенный вклад в решение известной политэкономической проблемы соотношения категорий «стоимость» и «полезность», связанной с теоретической неразработанностью и количественной неопределенностью последней [7, 8]. ■

Статья поступила в редакцию
04.09.2024 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Современная политэкономика: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования / В.Г. Гусаков [и др.]; [под ред. В.Г. Гусакова]. – Минск, 2022.
2. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution / K. Schwab. – Geneva, 2016.
3. Schwab K. Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution: A guide to building a better world / K. Schwab, N. Davis. – London, 2018.
4. Zianchuk M. The technological levels of production and consumption of the Republic of Belarus, the Russian Federation and Kazakhstan // MEST Journal. 2024. Vol. 12. №2. P. 83–92.
5. High-tech industry and knowledge-intensive services (htec). Reference Metadata in Euro SDMX Metadata Structure (ESMS). Annex 3 – High-tech aggregation by NACE Rev.2 / Compiling agency: Eurostat, the Statistical office of the European Union // https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/htec_esms.htm#annex1718188380978.
6. Система таблиц «Затраты – Выпуск» / Национальный статистический комитет Республики Беларусь // <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/natsionalnye-scheta/sistema-tablits-zatraty-vypusk/>.
7. Baineв V. A utility approach to assessing the competitiveness of socio-economic systems / V. Baineв // Journal of regional and international competitiveness. 2021. №4. P. 9–14.
8. Ельмеев В.Я. Социальная экономия труда: общие основы политической экономии / В.Я. Ельмеев. – СПб., 2007.



Надежда Батова,
заведующий сектором
эколого-экономических
исследований Центра
человеческого развития
и демографии Института
экономики НАН Беларуси,
кандидат экономических
наук, доцент;
nbatava@gmail.com



Экологические инновации и их роль в **зеленой** трансформации экономики

УДК 502.131.1+502.17

Аннотация. В статье рассмотрены сущность и виды экологических инноваций, технологические изменения в традиционных отраслях экономики, а также новые понятия и сферы, возникшие благодаря применению зеленых технологий. Анализируется позиция Беларуси на глобальной арене с точки зрения готовности внедрения таких новшеств. Проведен анализ государственной инновационной политики и обоснованы приоритеты развития этих направлений для обеспечения экономической безопасности нашей страны.

Ключевые слова: инновации, экологические инновации, зеленые технологии, устойчивое развитие.

Для цитирования: Батова Н. Экологические инновации и их роль в зеленой трансформации экономики // Наука и инновации. 2024. №10. С. 48–53.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-48-53>

Инновационный тип экономики основан на потоке инноваций, производстве и экспорте высокотехнологичной продукции с высокой добавленной стоимостью, что в совокупности с возрастанием природных и антропогенных катастроф, их экономических последствий, проблем социальной сферы, стремительного сокращения природных ресурсов обуславливает актуальность разработки специализированных технологических решений.

В рамках перехода к зеленой экономике особое место занимают экологические инновации, предполагающие внедрение новых или значительно улучшенных видов продукции, процессов, организационных изменений или маркетинговых решений, которые снижают потребление природных ресурсов (земельных, сырья, энергии, воды) и количество выбросов вредных веществ в течение всего жизненного цикла [1, 2]. Экологические инновации включают создание ресурсосберегающих технологий, экологически чистых продуктов, новых способов организации производства, таких как экологический менеджмент, экологический маркетинг и других [3–6] и приводят к появлению новых понятий и сфер: альтернативной зеленой энергетики, зеленых финансов и инвестиций, зеленого страхования, зеленого строительства, зеленой логистики, циркулярной экономики,

органического сельского хозяйства и прочих, а также содействуют технологическим изменениям в традиционных отраслях (табл. 1).

Экологические инновации обеспечивают снижение углеродного следа, открывают все больше экономических возможностей, способствуя повышению эффективности как производства, так и уровня корпоративного управления, что благоприятно отражается на социальных факторах, от которых зависит качество и уровень жизни населения. Экологические инновации и зеленые технологии стимулируют интерес к соответствующему образованию и расширяют кругозор в данной области; повышают спрос на чистые продукты и, как следствие, обеспечивают рост запроса на ужесточение соответствующих экологических норм и стандартов для их производства; создают новые рынки и возможности для развития технологических решений, содействуют созданию необходимой инфраструктуры и выра-

ботке новых подходов к управлению экологическими рисками и др. (рисунок).

Глобальный зеленый переход приводит к технологическим изменениям традиционной экономики в рамках Индустрии 4.0 и сопровождается обострением конкуренции между корпорациями и государствами за контроль новейших технологий и завоевание новых ниш и сегментов мирового рынка. Как справедливо отмечает российский академик Б.Н. Порфирьев, развитие новых технологий и Четвертой промышленной революции в целом происходит крайне неравномерно в разных странах и выражается в пространственной (региональной) и отраслевой (секторальной) дифференциации, что обусловлено особенностями их природно-географических, культурно-исторических и социально-экономических условий, в совокупности определяющими скорость, масштабы и глубину их распространения [7].

Традиционные технологии	Технологические изменения
Энергетика и топливные ресурсы	
Ископаемые источники энергии: нефть, газ, уголь	Возобновляемые источники энергии: ветровая, солнечная, атомная, геотермальная, биомасса. Технологии передачи и хранения энергии, интеллектуальные электросетевые системы распределения энергии и интеллектуальная бытовая и промышленная техника, которая регулирует свою работу в зависимости от спроса на энергию в режиме реального времени и ценообразования, а также иные энергоэффективные проекты и инструменты
Управление отходами	
Захоронение отходов, вторичное использование ограниченных видов отходов (металл, бумага, стекло)	Инновационные технологии переработки и преобразования отходов в пригодную для использования энергию или другие полезные продукты, включая технологии анаэробного сбраживания, плазменной газификации и биологического выщелачивания. Инновации в области переработки, в том числе умные роботы-сортировщики, методы химической и ферментативной переработки, обеспечивающие повторное вовлечение в производственный процесс вторичных материальных ресурсов. Инновационные циркулярные бизнес-модели, такие как продукт как услуга, цифровые платформы для сокращения отходов, расширенная ответственность производителей и др.
Транспорт	
Автомобили, работающие на традиционном топливе	Электромобили, гибридные системы, а также инновации в системах общественного транспорта, такие как поезда на магнитной подвеске и hyperloops. Усовершенствованные методы переработки отходов и использование экологически чистых материалов для смягчения воздействия производства аккумуляторов на окружающую среду, научный поиск решений утилизации электронных отходов от старых аккумуляторов. Альтернативные виды городского транспорта (велосипеды, электроскутеры, каршеринг, байкшеринг, сервисы поиска попутчиков и др.)



Традиционные технологии	Технологические изменения
Строительство	
Традиционные технологии строительства	Экологически чистые строительные материалы и архитектурные решения, обеспечивающие снижение потребления энергии. Технологии умных городов и экологических зданий, предполагающие использование интеллектуальных термостатов и систем освещения, водосбережения и др.
Промышленное производство и переработка	
Традиционное «коричневое» производство	Энергоэффективные производственные технологии; замкнутые системы циркуляции отходов и повторного использования материалов; технологии и оборудование для снижения выбросов в атмосферу и водоемы. Переход к зеленой логистике для сокращения выбросов CO ₂ и оптимизации транспортных потоков
Сельское хозяйство	
Традиционное интенсивное сельское хозяйство. Методы генной инженерии	Точное земледелие, органическое земледелие, устойчивые ирригационные системы и биологические методы борьбы с вредителями, интеллектуальные и спутниковые технологии, позволяющие оптимизировать использование ресурсов и осуществлять мониторинг производственных процессов и др.
Водное хозяйство	
Традиционные методы очистки сточных вод, неэффективное водопотребление	Технологии, обеспечивающие эффективную очистку и опреснение воды, включая обратный осмос с использованием чистых мембран, биофильтрацию, солнечную дистилляцию. Инновационные методы сохранения водных ресурсов, в том числе интеллектуальные счетчики воды, системы рециркуляции сточных вод, сбор дождевой воды, системы орошения и др.
IT-отрасль	
Высокопроизводительные устройства, сетевые технологии, традиционные системы хранения данных и т.д.	Энергоэффективные устройства; продвижение практик зеленого программирования, направленных на создание более эффективного программного кода и организацию процессов разработки с учетом экологических аспектов

Таблица 1. Технологические изменения в отдельных отраслях/секторах экономики за счет внедрения экологических инноваций и зеленых технологий. Составлено автором по данным литературных источников

Китай – общепризнанный мировой лидер по зеленым инновациям. Во многом это было достигнуто благодаря реализации мер государственной промышленной политики «Сделано в Китае 2025», целями которой является их продвижение на глобальных рынках [8]. В Великобритании и Германии экологические инновации также отнесены к перспективному направлению экспорта. Их преимуществами, по оценкам экспертов, в большей мере пользуются развитые страны, что способствует усилению экономического неравенства [9].

Согласно отчету Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД), Беларусь обладает потенциалом «выше среднего» по уровню готовности к развитию зеленых передовых технологий

и занимает 55-ю позицию среди 166 государств мира (табл. 2). Республика имеет 0,61 балла, что выше среднего значения (0,50 балла). В первую пятерку вошли США, Швеция, Сингапур, Швейцария и Нидерланды. Несмотря на то, что развивающиеся страны в меньшей степени готовы к использованию передовых технологий, такие государства, как Индия, Филиппины и Вьетнам, внесли важные изменения в государственную инновационную политику и значительно улучшили свои позиции. Данный рейтинг ранжирует страны на основе 5 элементов измерения: внедрение ИКТ, навыки, научные исследования и разработки (R&D), отраслевая активность и доступ к финансированию. По оценке за 2023 г., по уровню квалификации кадров Беларусь зани-

мает 35-е место, по наличию промышленного потенциала – 53-е; по применению информационно-коммуникационных технологий – 57-е; развитию исследований и разработок – 78-е, а по возможностям для финансирования – 103-е [10].

Международные эксперты высоко оценили деятельность отечественного инновационно-промышленного кластера, предназначенного для разработки и выпуска новых видов электротранспорта и его компонентов, а также для координации научно-технической деятельности, образования и промышленности [10]. Задачи по его созданию были поставлены Программой Правительства Республики Беларусь на период до 2025 г., утвержденной постановлением Совета Министров от 24.12.2020 г. №758

и Комплексной программой развития электротранспорта на 2021–2025 гг. (постановление Совета Министров от 09.04.2021 г. №213). Развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности в перспективе продолжит оставаться одним из важнейших направлений становления зеленой экономики в нашей стране, обеспечивая снижение выбросов автомобилей и содействуя устойчивому экономическому росту.

Реализация Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденная Указом Президента от 15.09.2021 г. №348, будет содействовать достижению социально-экономических приоритетов на текущую пятилетку в области эффективных инвестиций и ускоренного роста инновационных секторов экономики, основных направлений государственной инновационной политики, научной, научно-технической и инновационной деятельности и дальнейшему формированию национальной инновационной системы. Программой предусмотрено создание высокотехнологичных производств, осуществляющих выпуск продукции с применением передовых эффективных технологий, основанных на экологических (зеленых) принципах, предполагающих снижение рисков для окружающей среды и предотвращение истощения ее компонентов при обеспечении намеченных темпов производства продукции.

Во многих белорусских городах внедряются технологии умного города, интеллектуальные системы управления населенными пунктами, улучшается транспортная и энергетическая инфраструктуры. В частности, широкое распространение



Экологические инновации и зеленые технологии



Появление новых понятий и сфер



Рисунок. Факторы развития и эффективность внедрения экологических технологий и зеленых инноваций. Составлено автором по данным собственных исследований

получили системы умного освещения, работающие в зависимости от времени суток, условий погоды и других факторов, что позволяет значительно сократить расход электроэнергии и снизить нагрузку на энергосистемы.

На отечественных предприятиях последовательно реализуются меры по внедрению энергоэффективных технологий и оборудования, снижению объема образования отходов и их использованию, вовлечению в топливный баланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Проведена технологическая модернизация, предусматривавшая внедрение в том числе экологических инноваций в работу предприятий молочной, бумажной, нефтеперерабатывающей промышленности, создаются новые возможности для дополнительной занятости

населения. Например, если ранее творожные и казеиновые остатки рассматривались как опасный вид отходов, то в 2021–2022 гг. свыше 98% полученной молочной сыворотки направлено на промышленную переработку (в 2007 г. – только 25%).

С 2016 по 2022 г. в 2,3 раза сократился объем сброса в поверхностные водные объекты недостаточно очищенных сточных вод. Их прохождение через системы оборотного и повторно-последовательного водоснабжения за последние 5 лет позволило увеличить их объем на 1,5 млрд м³. В результате экономия воды составляет 94,5%.

Уровень использования традиционных вторичных материальных ресурсов (бумага, картон, стекло, изношенные шины) превышает 90%, а количество пере-

работанных ТКО выросло с 15,6% в 2015 г. до 33,9% в 2022 г. Снижение энергоемкости валового внутреннего продукта (в ценах 2005 г.) с 423,8 кг у.т./млн руб. в 2010 г. до 367 кг в 2022 г. свидетельствует об эффективности применения энергосберегающих технологий и снижении негативных последствий воздействия на окружающую среду.

Использование возобновляемых источников энергии позволяет уменьшить зависимость от традиционного углеводородного сырья, такого как нефть, газ и уголь, и сократить экологические проблемы. Фактическая электрогенерирующая мощность таких установок за последние 13 лет выросла в 14 раз и составила 630 МВт на начало 2023 г. Ежегодно в Республике Беларусь экономится порядка 1 млн т у.т. за счет выполняемых мероприятий по энергосбережению и внедрения ВИЭ, что является значимым вкладом в предотвращение глобального изменения климата. В фактической структуре альтернативных источников около 97% занимает биомасса, в основном древесное топливо, и чуть более 3% – энергия воды, ветра и солнца [11]. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 гг. содействует развитию ВИЭ и увеличению их доли до 8–9% в общем энергобалансе страны, при этом основной акцент делается на строительство установок для собственных нужд.

Успешное решение стратегических задач ускорения экономического и социального роста Беларуси, перевода экономики на инновационный путь напрямую зависит от эффективности процессов трансформации научных знаний в инновации и их коммерциализации, от степени

Наимено- вание страны	Баллы	Место в рейтинге	Критерии оценки				
			Внедрение ИКТ	Навыки	Научные исследования и разработки (R&D)	Отраслевая активность	Доступ к финансированию
Высокий							
Российская Федерация	0,76	31	43	32	13	54	69
Китай	0,74	35	117	92	1	8	4
Беларусь	0,61	55	57	35	78	53	103
Выше среднего							
Казахстан	0,55	68	82	36	69	69	124
Армения	0,51	78	64	63	105	98	54
Грузия	0,51	79	77	56	96	88	46
Ниже среднего							
Азербайджан	0,40	96	81	94	85	141	121
Кыргызстан	0,34	113	107	103	119	111	113
Низкий							
Таджикистан	0,17	149	160	118	140	138	151

Таблица 2. Рейтинг развития передовых технологий в отдельных странах, 2023 г. Составлено автором по [10]

инновационной восприимчивости основных отраслей хозяйственного комплекса страны.

Приоритетными направлениями развития экологических инноваций и зеленых технологий в республике являются следующие:

- *формирование информационной инфраструктуры (онлайн-платформы) для популяризации и продвижения чистых новаций, а также для обмена знаниями и опытом;*
- *разработка и реализация областных (районных) программ развития или планов внедрения экологических инноваций, направленных в том числе на субъекты малого и среднего предпринимательства;*
- *расширение мер финансовой поддержки этого сегмента, включая гранты, субсидии, налоговые льготы и др.;*
- *нормативное регулирование: ужесточение экологических стандартов и нормативов, а также поощрение предприятий, их соблюдающих (сертификат «зеленого предприятия»);*

■ **Summary.** The article discusses the essence and types of ecological innovations, analyzes technological changes in traditional sectors of the economy, as well as new concepts and areas that have arisen due to the application of green technologies. The position of Belarus on the global stage is analyzed in terms of readiness to implement ecological innovations. The analysis of the state innovation policy is conducted, and priority areas for the development of ecological innovations and green technologies are justified to ensure the economic security of Belarus.

■ **Keywords:** innovations, ecological innovations, green technologies, sustainable development.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-48-53>

- *проведение кампаний по популяризации экологически устойчивого развития и преимуществ зеленых технологий;*
- *расширение инфраструктуры для экологически чистых технологий, в том числе зарядных станций для электромобилей и солнечных электростанций и др.;*
- *содействие исследованиям и разработкам в области экотехнологий, а также поощрение сотрудничества между научными учреждениями и бизнесом;*
- *создание специализированных центров и бизнес-инкубаторов для поддержки стартапов и субъектов малого и среднего предпринимательства, занимающихся зелеными инновациями;*

- *реализация пилотных проектов в этой сфере для демонстрации их экономической, экологической и социальной эффективности.*

Наращивание потенциала Беларуси в сфере экологических инноваций и зеленых технологий будет способствовать сохранению природных ресурсов, увеличению объемов экспорта, освоению зарубежных рынков сбыта и повышению международной конкурентоспособности продукции белорусских предприятий; нивелированию внутренних и внешних угроз национальной безопасности в экономической и технологической сферах. ■

Статья поступила в редакцию
12.06.2024 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. New form of innovations related to the environment – a systematic review / Szopik-Depczyńska [et al.] // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 192. P. 5039–5049.
2. Илюшкина Е.С. Классификация экологических инноваций / Е.С. Илюшкина, В.Ю. Конюхов // Вестник ИРГТУ. 2012. №7 (66). С. 181–187.
3. Егорова М.С. Технологические изменения как необходимое условие перехода к «зеленой экономике» // Креативная экономика. 2015. Т. 9, №3. С. 297–312.
4. Яшалова Н.Н. Экологические инновации как приоритетное направление «зеленой» экономики / Н.Н. Яшалова // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2012. №5. С. 72–81.
5. Батова Н.Н. Циркулярная экономика как стратегический приоритет устойчивого развития Республики Беларусь / Н.Н. Батова, И.Э. Тоичкая, С.В. Дорошко // Стандартизация. 2023. №1. С. 22–27.
6. Мясникова О.В. Цифровая трансформация логистических систем дистрибуции при переходе на модели экономики замкнутого цикла // Экономика. Управление. Инновации. 2018. №2(4). С. 3–10.
7. Порфирьев Б.Н. «Зеленый» фактор экономического роста в мире и в России // Проблемы прогнозирования. 2018. №5(170). С. 3–12.
8. Lanxiang Xu. Towards Green Innovation by China's Industrial Policy: Evidence From Made in China 2025 // <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.924250>.
9. ЮНКТАД: объем рынка «зеленых» технологий достигнет к 2030 г. 9,5 трлн долларов // <https://news.un.org/ru/story/2023/03/1438752>.
10. Opening Green Windows: Technological Opportunities for a Low-carbon World: Technology and Innovation Report 2023 / United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Technology and Innovation Report (TIR) // https://unctad.org/system/files/official-document/tir2023_en.pdf.
11. Развитие возобновляемой энергетики Беларуси // Материалы пресс-конференции на тему: «Чистая энергия. Развитие возобновляемой энергетики Беларуси» // https://energoeffect.gov.by/news/news_2023/20231025_news1.

На открытии выставки Smart China Expo в китайском городе Чунцин в августе 2019 г. руководитель компании Baidu заявил, что искусственный интеллект (ИИ) должен стать стратегией государства, причем не отдельной технологией по совершенствованию единичных процессов, а основой для всестороннего развития общества. Тогда такой подход виделся системным, но преждевременным, а сам ИИ — переоцененным. Спустя 5 лет американский фондовый рынок подтвердил ценность искусственного интеллекта, зафиксировав рост акций компаний, занимающихся его разработкой. Например, издание The Economist выявило, что с начала 2023 г. до середины 2024 г. средняя стоимость акций 60 таких фирм выросла на 103%, а индекс S&P 500 — на 42%. Новыми лидерами рынка стали производители чипов, а также серверов. По мнению экспертов, в 2025 г. выручка фирм, занимающихся технологиями на основе ИИ, увеличится на 14%, а остальных — нефинансовых — на 1%, при этом объем инвестиций в центры обработки данных с поддержкой ИИ с 2024 по 2027 г. достигнет 1,4 трлн долл. [1].



Кирилл Рудый,
профессор кафедры мировой экономики Белорусского государственного экономического университета,
доктор экономических наук,
профессор

Взгляд на экономические эффекты ИИ в рамках стратегии развития государства



Следует заметить, что пока финансовый рынок демонстрирует противоречивые ожидания относительно применения искусственного интеллекта. С одной стороны, фиксируется переток и увеличение вложений, которые подталкивают его внедрение в электронное правительство, цифровое государство, национальную стратегию. С другой – наблюдается рост акций компаний, предлагающих решения на основе ИИ, но не спроса, что оставляет открытым вопросы перегрева и окупаемости этих инвестиций.

В этой связи важно рассмотреть целесообразность включения искусственного интеллекта в национальную стратегию развития страны и оценить ожидаемые экономические эффекты при ее реализации. Предполагается, что это позволит повысить мотивацию со стороны государства и бизнеса к внедрению ИИ в долгосрочном периоде.

Искусственный интеллект и электронное правительство: обзор эффектов

В среде госуправления разных стран установился определенный теоретический консенсус, что искусственный интеллект – это самостоятельная перспективная технология, которая требует стратегического планирования. Поэтому для него чаще всего разрабатывают отдельные программы, включая ИИ в отраслевые или национальные планы действий государств. Анализ 28 национальных стратегий раз-

вития искусственного интеллекта показал, что наиболее частыми сферами приложения, как правило, выступают 3 направления:

- *расширение информирования общества;*
- *упрощение административных процедур;*
- *улучшение качества госуслуг [2].*

То есть искусственный интеллект внедряется для оптимизации внутренних процессов и перераспределения финансовых ресурсов без существенного увеличения бюджета на эти цели. Приоритетными отраслями его применения в рамках долгосрочного планирования считаются здравоохранение и социальная защита. Имеющийся небольшой опыт принятых национальных стратегий в сфере ИИ позволяет выделить ряд их характерных особенностей, например декларативность, отсутствие четких механизмов, сроков реализации и объективной методологии для оценки инвестиционной окупаемости и иных экономических эффектов. Таким образом, пока они ориентированы скорее на развитие и более широкое использование, нежели на получение экономических выгод.

Прикладное применение госорганами технологий ИИ сужается до совершенствования уже имеющихся цифровых решений электронного правительства. При этом заметна тенденция, когда сначала какая-то сфера электронного правительства формирует спрос на ИИ, а после внедрения уже он становится двигателем цифрового развития. Многочисленные исследования показывают, что наиболее востребованными у органов власти являются госуправление, правопорядок, ведение бизнеса [3]. Обзор научных статей за 2014–2024 гг. свидетельствует о том, что искусственный интеллект

используется для улучшения процесса принятия решений, оптимизации процедуры оказания госуслуг, большего вовлечения граждан в госуправление [4], а также для повышения эффективности отдельных инструментов электронного правительства – например, для распознавания почерка граждан при подаче рукописных обращений [5]. То есть с практической точки зрения экономические ожидания от ИИ связаны с усилением позиций конкретных сфер электронного правительства.

Анализ более чем 50 методологий оценки его результативности показал многоуровневость технологических эффектов на национальном, политическом, социальном, организационном, проектном и инфраструктурном уровнях [6]. Комплексным индикатором, который часто используется в литературе, является индекс, предложенный ООН, учитывающий ряд параметров, в частности качество онлайн-услуг с точки зрения контента и общественной вовлеченности, уровень человеческого развития и телекоммуникационной инфраструктуры и т.д. [7, 8].

Оценка экономических эффектов электронного правительства, как правило, проводится сквозь призму анализа упрощения государственных процедур регистрации бизнеса, экономии времени и сокращения транзакционных издержек. Отталкиваясь от стоимости сэкономленного часа при регистрации бизнеса онлайн по сравнению с офлайн, рассчитываются последующие издержки, прибыль предприятия, поступления в бюджет и вклад в ВВП. Чаще всего оценка проводится с помощью регрессионного метода панельных данных, в то время как отдельной сферы в конкретной стране – методом затрат и выгод. Популярные

направления исследования экономических эффектов у ученых – электронная регистрация, цифровое налогообложение и таможенное обслуживание, интеллектуальная энергетика, транспортная система, умное здравоохранение, образование и т.д.

Среди наиболее значимых результатов е-правительства можно выделить следующие:

- упрощение процедуры открытия бизнеса из-за перевода госуслуг в онлайн, улучшения ИКТ-инфраструктуры и повышения уровня образования. Этот вывод получен на основе регрессионного анализа с фиксированными эффектами панельных данных 200 стран (с 2002 по 2010 г.) [9];
- сокращение на 50% издержек, связанных с открытием бизнеса, в странах с онлайн-регистрацией по сравнению с офлайн (рассчитано по итогам регрессионного анализа панельных данных 101 страны за 2000–2008 гг.) [10];
- экономия трудовых затрат для бизнеса в размере, эквивалентном 2% ВВП ежегодно, благодаря применению безопасной электронной подписи – на примере Эстонии [11];
- сокращение времени лицензирования бизнеса на 65% и издержек за анализиру-

емый 18-месячный период в размере 27 млн долл.

за счет внедрения системы онлайн-операций в Сингапуре, рассчитанные методом затрат и выгод [12];

- окупаемость на 4-й год государственных инвестиций от использования электронной системы «одно окно», на 6-й год – превышение доходов над вложениями в 6 раз (Корея) [13].

Помимо экономических методов проводится социологический анализ эффектов ИИ и электронного правительства путем регулярных национальных и глобальных опросов населения и бизнеса об удовлетворенности цифровыми технологиями госуслуг. Если граждане реже делают акцент на экономической составляющей искусственного интеллекта, а чаще – на защите персональных данных, удобстве, скорости, экологических рисках производства серверов и чипов, то бизнес видит в нем дополнительный источник финансирования государственных инициатив в сфере ИИ и ориентирован прежде всего на окупаемость. Согласно опросу Boston Consulting Group, проведенному в конце 2023 г., большинство руководителей крупных американских корпораций считает, что «хайп вокруг ИИ завершится через 2 года» [14], и лишь затем можно будет всерьез вести речь о выгодах.

Экономические ожидания белорусского бизнеса от ИИ

Для оценки спроса отечественного предпринимательского сектора на ИИ, ожиданий экономических эффектов от использования данной технологии в национальной стратегии были проведены 2 социологических опроса. Первый выполнен в период с 29.04. по 27.05.2024 г. среди 530 респондентов, в числе которых 59% – владельцы бизнеса и руководители компаний, 41% – менеджеры и специалисты. Большинство опрошенных – выходцы из финансово-банковского и IT-сектора (41% и 33% соответственно). Второй опрос проходил с 31.01. по 13.02.2024 г. в рамках оценки проекта национальной стратегии Республики Беларусь до 2040 г. В нем приняли участие 130 респондентов, в основном собственники и руководители (80%) частных компаний из более 70% финсектора, транспорта и торговли, представляющих сферу услуг (90%), и среди них более 60% – со стажем работы свыше 20 лет.

Согласно первому анкетированию, белорусские компании воспринимают ИИ скорее как поддерживающую, а не подрывную технологию. Наибольший интерес у них вызывают обработка текста (43%), помощники принятия решений (19%), «компьютерное зрение» (8%). Кроме того, в нашей стране такая технология больше востребована не в промышленности, а в услугах, например в сфере развлечений (60%), образовании (59%), бизнесе (57%), финансах (55%), здравоохранении (48%), да и там она используется в основном эпизодически, путем

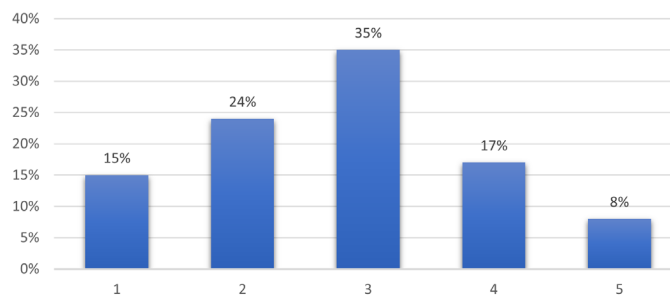


Рис. 1. Ожидания белорусского бизнеса по части экономических эффектов от внедрения ИИ
Составлено по результатам авторского опроса 530 респондентов в мае 2024 г. в Беларуси

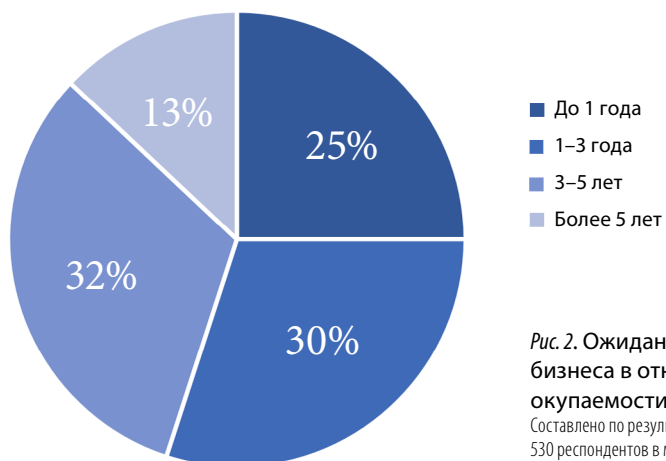


Рис. 2. Ожидания белорусского бизнеса в отношении срока окупаемости ИИ
Составлено по результатам авторского опроса 530 респондентов в мае 2024 г. в Беларуси

тестирования: 72% респондентов признались, что применяют ИИ только в процессах, которые составляют менее 10% всего бизнеса, 16% респондентов – от 10 до 30%, 10% респондентов – от 30 до 50% процессов. И это общемировой тренд. Проведенный в феврале 2024 г. опрос американских компаний показал, что только 5% из них применяет ИИ, а 7% планирует прибегнуть к нему в ближайшие 6 месяцев. При этом наиболее активно ИИ внедряется в IT-отрасли – 17%, а наименее – 3% – в транспорте, оптовой торговле, строительстве и промышленности [14].

Результаты первого опроса характеризуют невысокий уровень спроса отечественного бизнеса на ИИ в 2024 г. При этом, согласно второму опросу, большая его часть (52%) считает, что до 2040 г. эти технологии все же неизбежно придется внедрять. Пока же низкий спрос на ИИ в Беларуси со стороны бизнеса можно объяснить заниженными ожиданиями (рис. 1) при относительно высоких инвестициях, что ведет к длительному сроку окупаемости ИИ (рис. 2). Как видно, 74% респондентов оценили на 3 и менее баллов по 5-балльной шкале готовность искусственного

интеллекта дать экономический эффект, а 75% считают, что отдача от инвестиций составит более года. Одновременно большинство опрошенных (51%) в целом считают снижение издержек, вызванное использованием ИИ, главным преимуществом этой технологии (следующим с большим отрывом было названо машинное обучение (15%)). Но, вероятно, этого фактора пока недостаточно для более высокого спроса белорусского бизнеса на эту технологию.

Еще меньший спрос белорусского бизнеса на участие государства в использовании и развитии ИИ. Называя его главными недостатками непредсказуемость поведения в нестандартных ситуациях (42% опрошенных), распространение ложной информации (13%), отсутствие ответственности за работу ИИ (12%), невозможность управлять им вручную в кризисных ситуациях (10%), респонденты рассчитывают в преодолении этих проблем прежде всего сами на себя: на повышение цифровой грамотности (53%), защиту персональных данных (48%), принятие кодекса этики ИИ (41%), управление потреблением контента (31%) и в последнюю очередь – на госрегулирование (26%).

Роль государства белорусский бизнес видит в принятии отдельного нормативно-правового акта, регулирующего порядок разработок ИИ в Беларуси: 67% опрошенных поддержали эту идею, а 33% – нет. Иное отношение к созданию в стране регулятора, специального министерства, которое будет отвечать за внедрение ИИ, по аналогии с Министерством искусственного интеллекта ОАЭ, Департамента развития искусственного интеллекта и больших данных Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций России, Управления данных и искусственного интеллекта Саудовской Аравии и т.д. Так, 65% принявших участие в опросе отказались от создания регулятора ИИ в Беларуси, а 35% – согласились.

Белорусские деловые круги полагают, что государство должно регламентировать, но не ограничивать рынок ИИ, в том числе внешний. Данные технологии не уникальны, и респонденты в основном (42%) считают, что имеют достаточно собственных компетенций и данных для самостоятельного развития ИИ внутри компаний; 36% опрошенных рассчитывает на приобретение подобных услуг от сторонних поставщиков. Только 21% видит рынок ИИ как ограниченный для конкуренции между 2–3 вендорами. Большинство (86%) полагает, что этот рынок должен быть международным (вероятно, с открытым кодом использования данной технологии), 14% высказались за суверенный ИИ.

Второй опрос также подтверждает, что и в долгосрочном периоде у бизнеса более низкий спрос на регулятора ИИ, чем на сам ИИ, хотя и на последний он тоже невысокий. До 2040 г. респонденты видят в качестве

Риски		Влияние				
		незначительное	минимальное	среднее	критичное	очень сильное
Вероятность	81–100%	Регуляторный				
	61–80%					
	41–60%	Экологический Технологический Социальный				
	21–40%	Геополитический Экономический				
	0–20%					

Рис. 3. Матрица вероятностей долгосрочных рисков Беларуси до 2040 г.

Составлено автором на основе опроса 130 респондентов в феврале 2024 г.

наибольшего и наиболее вероятного риска в Беларуси регуляторный, связанный с правоприменением, нежели технологический, вызванный в том числе угрозой распространения ИИ (рис. 3).

Таким образом, обзор литературы и авторские опросы позволяют сделать главный вывод: в настоящее время для Беларуси нецелесообразно создавать национальный (суверенный) ИИ и ставить экономическую стратегию страны в зависимость от его развития по нескольким причинам.

Во-первых, в условиях неоднозначности экономических эффектов от ИИ в целом Беларуси невозможно конкурировать с другими странами в инвестировании собственного ИИ. Для этого потребуются значительные финансовые ресурсы (как у США и Китая, правительства которых направили в эту сферу в 2023 г. более 30 млрд долл. каждое), стимулы развития национального ИИ (для Китая – это ограничения со стороны США, для США и ЕС – это риск конфликта и блокады Тайваня, откуда импортируются чипы), предпосылки для его создания (конкурентно оплачиваемая научно-технологическая база, инфраструктура в виде суперкомпьютеров, ЦОДов и облаков, достаточно большой объем дан-

ных для построения моделей, как в Индии или Китае).

Во-вторых, в настоящее время международные инвестиции в ИИ идут для получения преимущественно технологических, а не экономических эффектов. Последние предположительно должны быть накопительными. Беларусь по вышеизложенным причинам не способна разработать и поддерживать конкурентную технологию ИИ, поэтому она может рассчитывать лишь на открытый код в данной технологии, как это делают, например, ОАЭ и Саудовская Аравия. В условиях конфронтации с Западом наша страна может получить доступ к передовым технологиям ИИ только в России и, возможно, в Китае, с учетом их специфики и уровня развития.

В-третьих, бизнес в Беларуси, как и в других странах, пока скорее с любопытством относится к ИИ как к инструменту замены низкоквалифицированного ручного труда. В условиях текущей общеэкономической и геополитической неопределенности инвестиции с долгосрочной окупаемостью в него малопривлекательны. Поэтому даже если пытаться создать национальный ИИ, его финансово не поддержит частный сектор ни со стороны предложения, ни со стороны спроса.

Да и внедрение искусственного интеллекта в промышленность пока существенно отстает – как в нашей республике, так и в мире – от сферы услуг, что усилит структурные диспропорции.

В-четвертых, ИИ пока не способен стать решающим фактором в достижении таких целей долгосрочной государственной стратегии, как повышение уровня и качества жизни населения, обеспечение политической и социальной стабильности, создание прорывных передовых отраслей национальной экономики, обеспечение экологической безопасности. Самостоятельное внедрение искусственного интеллекта органами госуправления в цифровые госуслуги лишь усилит отдельные эффекты электронного правительства по экономии времени и издержек, но вряд ли сформирует новые сегменты рынка. Иные инициативы властей по регулированию ИИ через создание регулятора в рамках национальной стратегии оцениваются бизнесом скорее как риск, нежели возможность.

Нецелесообразность крупной ставки на ИИ для экономического роста Беларуси не означает игнорирование этой технологии. Наоборот, необходима национальная стратегия экономического развития ИИ с концентрацией финансовых, технологических ресурсов

и кадров на отдельных направлениях с уже проявленными экономическими эффектами, которые в будущем станут, очевидно, усиливаться. Целью такой стратегии может стать не только создание конкретных технологий ИИ, но и разработка бизнес-моделей с минимизацией срока окупаемости инвестиций в этот сегмент. Логикой структуры предлагаемого документа может стать бизнес-цикл ИИ с опорой на подготовку кадров, например, в специальной научно-исследовательской бизнес-школе ИИ, основанной по примеру университета искусственного интеллекта MBZUAI в ОАЭ. Прикладной характер повышению квалификации белорусским специалистам ИИ могут придать стажировки дата-сайентистов, дата- и ML-инженеров в лабораториях и проектах меж-

дународных компаний при условии финансирования оплаты их труда на период обучения за счет госбюджета. Схожий опыт господдержки профессионального роста и работы на экспорт национальных программистов есть в Азербайджане, Узбекистане. Бизнес-школа ИИ должна быть интегрирована в инкубатор стартапов и специализированный парк, предоставляющий резидентам налоговые условия, сопоставимые с белорусским Парком высоких технологий. При этом отбор проектов в такую структуру следует осуществлять на условиях минимизации срока окупаемости с приоритетом в тех отраслях, где ИИ уже внедряется опережающими темпами (например, финансы, ритейл, телекоммуникации). Целевыми показателями стратегии экономического

развития ИИ может стать создание рынка решений ИИ, количество специалистов, профильных организаций, например необанков, и пр.

Таким образом, можно сделать вывод, что сегодня ИИ – это популярная опытно-тестируемая технология с низким уровнем внедрения. Пока она наиболее востребована в сфере услуг, а не в производстве. Это скорее поддерживающая, а не подрывная технология с длительным сроком окупаемости. Роль государства в развитии ИИ со стороны бизнеса видится в форме регламента, а не регулятора. При этом ожидается, что государство обеспечит международную открытость данной технологии и избежит ее суверенности в целях повышения качества и максимизации экономических эффектов. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. What Could Kill the \$1trn Artificial-Intelligence Boom? // The Economist. 2024. August 3 // <https://www.economist.com/business/2024/07/28/what-could-kill-the-1trn-artificial-intelligence-boom>.
2. Hjaltalin I.T., Sigurdarson H.T. The strategic use of AI in the public sector: A public values analysis of national AI strategies // <https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101914>.
3. Reis J., Santo P.E., Melão N. Artificial Intelligence in Government Services: A Systematic Literature Review / New Knowledge in Information Systems and Technologies // https://doi.org/10.1007/978-3-030-16181-1_23.
4. Al-Ansi A.M., Garad A., Jaboo M., Ansi A. Elevating E-Government: Unleashing the Power of AI and IoT for Enhanced Public Services // <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4883206>.
5. Omar Al-Mushayt. Automating E-Government Services With Artificial Intelligence // <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946204>.
6. Stanimirovic D., Jukic T., Nogrased J., Vintar M. Analysis of the Methodologies for Evaluation of E-Government Policies // https://doi.org/10.1007/978-3-642-33489-4_20.
7. Almeida G. de O., Zouain D.M. E-government Impact on Business and Entrepreneurship in High-, Upper-middle- and Lower-income Countries from 2008 to 2014: A Linear Mixed Model Approach // Global Business Review. 2016. 17(4). P. 743–758. <https://doi.org/10.1177/0972150916645485>.
8. Shkarlet S. [et al.]. Comparative analysis of best practices in e-Government implementation and use of this experience by developing countries // <https://doi.org/10.24818/amp/2020.34-07>.
9. Das A., Das S.S. E-Government and Entrepreneurship: Online Government Services and the Ease of Starting Business // <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10121-z>.
10. Klapper L., Amit R., Guillén M. Entrepreneurship and Firm Formation across Countries // NBER Chapters in International Differences in Entrepreneurship. 2010. 129–158.
11. Azzopardi D. [et al.]. Seizing the productive potential of digital change in Estonia // <https://doi.org/10.1787/999c7d5a-en>.
12. Molfetas A. Business Licensing Reforms: Insights from Selected Country Experiences // <http://hdl.handle.net/10986/32065>.
13. Yang S. Measuring the Effects of the Republic of Korea's Single Window System. // In Reform by Numbers: Measurement Applied to Customs and Tax Administrations in Developing Countries // <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/c9d4984b-0821-54af-9e62-276d171805bc/content>.
14. How Businesses Are Actually Using Generative AI // The Economist. 2024. February 29 // <https://www.economist.com/business/2024/02/29/how-businesses-are-actually-using-generative-ai>.



Оценка техноло- гического уровня умных городов Китая



Галина Головенчик,

доцент кафедры
международных
экономических
отношений БГУ,
кандидат
экономических наук,
Golovenchik@bsu.by



Сюэ Цяньвэнь,

аспирантка
кафедры
аналитической
экономики и
эконометрики БГУ

Аннотация. Представлена методика оценки уровня развития умных городов Китая, разработанная путем ранжирования трех подходов (взвешенной суммы критериев WSM с равными весами, суммы критериев в сочетании с методом энтропийного взвешивания EWM, комбинированного метода EWM-TOPSIS на основе расчета степени близости между текущей ситуацией и ее «идеальным» состоянием), что позволило определить перспективные направления их устойчивого развития. Среди них: повышение цифровой грамотности жителей и выращивание цифровых талантов, совершенствование умной инфраструктуры, улучшение возможностей умного управления с помощью цифровых технологий, рост цифровой экономики и создание умных отраслей, содействие продвижению городской среды, обеспечение умной жизни.

Ключевые слова: умный город, Китай, цифровая инфраструктура, WSM, EWM, TOPSIS, ранжирование.

Для цитирования: Головенчик Г., Цяньвэнь С. Оценка технологического уровня умных городов Китая // Наука и инновации. 2024. №10. С. 60–68.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-60-68>

Города, являющиеся в XXI в. центром сосредоточения трудовых, финансовых и технологических ресурсов, выполняют множество важных функций в сфере создания валового внутреннего продукта, инновационного развития, подготовки кадров. По данным Всемирного банка, в конце 2022 г. жители мегаполисов составляли 56,9% населения планеты [1]. Высокий уровень урбанизации повысил значимость городов в экономике, одновременно став причиной беспрецедентных проблем в их социально-экономическом развитии, таких как нехватка тепло- и электроэнергии, транспортные коллапсы, загрязнение окружающей среды. Их решение видится в широкомасштабном применении цифровых технологий, способствующих появлению концепции умного города, значительно улучшающих качество жизни горожан и повышающих эффективность городского хозяйства.

За последние 10 лет существенно возросло количество инициатив по созданию умных городов в разных странах мира. К этому процессу активно подключился и Китай, где уровень урбанизации вырос с 17,9% в 1978 г. до 66,2% в 2023 г. Более 930 млн человек живут в городах [2], что обострило противоречие между быстрым ростом городского населения и снижением его качества жизни и заставило китайское правительство обратить внимание на стратегию развития умных городов. В ноябре 2012 г. Министерство жилищного строительства и городского и сельского развития Китая выпустило «Уведомление о запуске национального пилотного проекта умного города», параллельно издав 2 документа: «Временные меры управления для национального пилотного проекта умного города» и «Испытательная система показателей национального пилотного проекта умного города (район, поселок)», начав тем самым реализацию масштабной общенациональной стратегии строительства умных городов [3].

По состоянию на начало 2024 г. в стране насчитывается более 700 пилотных проектов, связанных с умными городами. Представляется актуальным оценить уровень их развития в КНР, выявить проекты-лидеры, обобщить накопленный Китаем опыт для его масштабирования в других странах.

Анализ научной литературы позволяет утверждать, что существует 4 основных подхода к определению категории «умный город»:

- *технологический* [4–6];
- *компетентностный, ориентирующийся на человеческий капитал, то есть умные человеческие ресурсы* [7, 8];
- *управленческий, концентрирующийся на умном управлении и сотрудничестве* [9–12];
- *комбинированный* [13–15].

Исходя из них можно выделить 6 компонентов (субиндексов) умного города, которые следует измерить: умные жители, умная инфраструктура, умное управление, умная экономика, умная окружающая среда и умная жизнь – и сформировать систему из 32 показателей для интегральной оценки уровня развития умных городов (табл. 1).

Рассмотрим существующие способы ранжирования на основе нескольких показателей. Метод взвешенной суммы критериев (WSM) включает несколько процессов:

- *нормализации, выполняемый для преобразования всех показателей в одну и ту же единицу измерения;*

- *взвешивания, используемый для определения важности показателей;*
- *свертывания всех показателей в один интегральный показатель (индекс), представляющий собой сумму показателей, взвешенных коэффициентами их относительной важности, или весами.*

Широкая распространенность давно известного и активно применяемого WSM обусловлена рядом причин: он прост и понятен, удобен для расчетов, применим для решения большого спектра задач, в том числе упорядочения (ранжирования) результатов вычислений.

Для расчета интегрального индекса оценки умных городов Китая были использованы 3 метода, каждый из которых имеет свои особенности.

В первом случае для простоты будем полагать, что все субиндексы одинаково важны, так что их веса внутри индекса одинаковы: $w_1 = \dots = w_k = 1/k$, то есть взвешенная сумма субиндексов превращается в простое среднее арифметическое. То же касается и важности показателей внутри каждого субиндекса: $w_1 = \dots = w_n = 1/n$ (столбец 4 в табл. 1).

Во втором случае для определения веса каждого показателя и субиндексов будет использоваться метод энтропийного взвешивания [16], впервые предложенный американским ученым Дж. Форрестером в 1960 г. Метод EWM основан на информационной энтропии, измеряющей разницу между показателями и больше энтропия, тем больше разница, тем больше вес показателя, и наоборот, то есть метод учитывает различия между показателями и позволяет объективно оценить важность каждого. Он прост в расчетах, удобен в применении и более надежен по сравнению с субъективными методами оценки, поскольку на него не влияет человеческий фактор (например, знания и опыт экспертов).

В третьем случае для расчета интегрального индекса оценки умных городов будет применим комбинированный подход: к EWM будет добавлен метод определения порядка ранжирования по сходству с идеальным решением (TOPSIS). Его логика основана на концепции, согласно которой выбранное идеальное решение должно иметь наименьшее геометрическое расстояние от наилучшего решения и наибольшее – от наихудшего [17]. Методика EWM-TOPSIS активно используется китайскими экономистами [18, 19]) и позволяет находить компромиссы между показателями оценки, когда плохие результаты по одному из них могут быть компенсированы хорошими результатами по другому.

Наименование субиндекса/показателя		Обозначение субиндекса / показателя	Удельный вес в индексе	
			равные веса	взвешенные веса
1	Умная инфраструктура	B01	0,16667	0,18868
1.1	Количество абонентов фиксированного широкополосного доступа в Интернет на 100 чел.	A01	0,02381	0,01258
1.2	Количество абонентов мобильной связи на 100 чел.	A02	0,02381	0,01033
1.3	Объем бизнеса почты и телекоммуникаций (100 млн юаней)	A03	0,02381	0,08358
1.4	Площадь городских дорог на душу населения (м²)	A04	0,02381	0,01430
1.5	Количество единиц общественного транспорта на 10 тыс. чел.	A05	0,02381	0,02499
1.6	Плотность дорожной сети на застроенных территориях (км на м²)	A06	0,02381	0,02005
1.7	Плотность дренажных труб на застроенных территориях (км на м²)	A07	0,02381	0,02284
2	Умное управление	B02	0,16667	0,13388
2.1	Подушевые доходы общего государственного бюджета (юани на человека)	A08	0,03333	0,03248
2.2	Покрываемость расходов государственного бюджета расходами¹ (%)	A09	0,03333	0,01102
2.3	Научаемость государственного бюджета² (%)	A10	0,03333	0,04525
2.4	Доля расходов государственного бюджета на образование (%)	A11	0,03333	0,02092
2.5	Доля расходов государственного бюджета на социальное обеспечение и занятость (%)	A12	0,03333	0,02420
3	Умная экономика	B03	0,16667	0,37136
3.1	ВВП на душу населения (юани)	A13	0,02778	0,02211
3.2	Доля продукции третичного сектора³ в ВВП (%)	A14	0,02778	0,01546
3.3	Индекс инноваций (баллы)	A15	0,02778	0,12092
3.4	Общая стоимость импорта и экспорта (100 млн юаней)	A16	0,02778	0,11686
3.5	Фактическое использование прямых иностранных инвестиций (100 млн долл.)	A17	0,02778	0,08489
3.6	Индекс цифровой финансовой доступности (баллы)	A18	0,02778	0,01112
4	Умная окружающая среда	B04	0,16667	0,04481
4.1	Степень централизованной очистки очистных сооружений (%)	A19	0,04167	0,01401
4.2	Доля дней с отличным качеством окружающего воздуха в городе (%)	A20	0,04167	0,01940
4.3	Степень озеленения застроенных территорий (%)	A21	0,04167	0,00817
4.4	Доля безопасной обработки бытовых отходов (%)	A22	0,04167	0,00323
5	Умные жители	B05	0,16667	0,13766
5.1	Число студентов, обучающихся в высших учебных заведениях, на 10 тыс.чел. населения (чел.)	A23	0,04167	0,03616
5.2	Соотношение числа студентов и преподавателей в системе высшего образования	A24	0,04167	0,00549
5.3	Доля занятых в сфере передачи информации, программного обеспечения и информационно-технологических услуг в городском нечастном секторе (%)	A25	0,04167	0,06561
5.4	Доля занятых в сфере научных исследований и технических услуг в городском нечастном секторе (%)	A26	0,04167	0,03040
6	Умная жизнь	B06	0,16667	0,12362
6.1	Располагаемый доход на душу населения (юани)	A27	0,02778	0,02546
6.2	Коэффициент Энгеля (%)	A28	0,02778	0,00684
6.3	Общий объем розничных продаж потребительских товаров на душу населения (юани)	A29	0,02778	0,01324
6.4	Количество книг на душу населения (книг/чел.)	A30	0,02778	0,04907
6.5	Число сертифицированных (и ассистирующих) врачей на 10 тыс. чел. постоянного населения (чел.)	A31	0,02778	0,01282
6.6	Число коек в учреждениях здравоохранения на 10 тыс. чел. постоянного населения (коек)	A32	0,02778	0,01619

¹ Доходы общего государственного бюджета / расходы общего государственного бюджета × 100%

² Расходы государственного бюджета на науку и технологии / общие расходы государственного бюджета × 100%

³ Отрасли третичного сектора: традиционные (транспорт, связь, торговля), социально-культурные (наука, образование, медицина, жилищное и коммунальное обслуживание, культура, туризм), другие отрасли хозяйственной деятельности (финансы, консультационные, информационные услуги, недвижимость)

Таблица 1. Показатели для оценки уровня развития умных городов Китая и их веса (равные и взвешенные)

В Китае пилотные проекты умных городов реализуются на 3 уровнях: города, районы городского подчинения (уезды) и поселки. В качестве объектов исследования выбраны 63 города, ранее других запустившие пилотные программы, данные по которым доступны из многочисленных статистических сборников КНР за 2022 г.

Методика ранжирования

Представим методику ранжирования умных городов Китая для каждого из 3 методов.

Создание исходной матрицы для оценки уровня развития m умных городов на основе выбранных n показателей ($n=32$):

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}_{mn}, \quad (1)$$

где x_{ij} – значение j -го показателя для i -го города; $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$.

Нормализация исходных данных. Поскольку единицы измерения каждого показателя различны, исходные данные необходимо нормализовать в безразмерные единицы в диапазоне от 0 до 1 по формулам (2):

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}, \quad x'_{ij} = \frac{x_{ij}^{\max} - x_{ij}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}. \quad (2)$$

Показатели, основанные на выгодах, рассчитываются по первой формуле; показатели, основанные на затратах, – по второй.

В первом методе сначала осуществляется расчет субиндексов i -го города, каждый из которых содержит n показателей с равными весами:

$$SI_i = \frac{\sum_{j=1}^n x'_{ij}}{n}, \quad (3)$$

а затем интегрального индекса i -го города, содержащего k равнозначных субиндексов:

$$I_i = \frac{\sum_{i=1}^k SI_i}{k}. \quad (4)$$

Во втором и третьем методах далее производится вычисление энтропийного веса e_j :

$$e_j = -\frac{\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})}{\ln m}, \quad (5)$$

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}}, \quad \text{где}$$

затем – вычисление веса w_j каждого показателя x'_{ij} :

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}, \quad (6)$$

$$\text{при этом} \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1,$$

и веса w_k каждого субиндекса SI_i :

$$w_k = \sum_{j=1}^n w_j. \quad (7)$$

На основе данных столбца 5 табл. 1 выделим 5 показателей с наибольшими весами – A15, A16, A17, A03 и A25, сумма которых составила 0,47186 (или 47,19%), что свидетельствует о значительной разнице между исследуемыми городами. Также определим 5 значений с наименьшими весами – A02, A21, A28, A24 и A22, набравших в сумме 3,41% и указывающих на минимальное отличие оцениваемых городов.

Результаты расчета весов субиндексов с использованием EWM (столбец 5 табл. 1) показывают, что среди 6 измерений умного города Китая самым высоким является вес умной экономики – 37%, за ним следуют умная инфраструктура (19%), умные жители (14%), умное управление (13%), умная жизнь (12%) и умная окружающая среда (5%).

В завершение второго метода рассчитывается интегральный индекс i -го города по 32 показателям с разными весами:

$$I_i = \sum_{j=1}^{32} x'_{ij} \times w_j. \quad (8)$$

Третий метод начинается с построения взвешенной матрицы решений Y :

$$Y = [y_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$\text{где} \quad y_{ij} = x'_{ij} \times w_j,$$

при этом нормализация показателей x_{ij} исходной матрицы X проводится иным способом:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad m = 1, 2 \dots m. \quad (10)$$

Далее – определение наилучшего (best) и наихудшего (worst) показателя j для города i :

$$Y_j^b = \max_{i=1} y_{ij}, \quad (11)$$

$$Y_j^w = \min_{i=1} y_{ij}. \quad (12)$$

Вычисление геометрических расстояний между значением каждого показателя j для города i и наилучшим/наихудшим значением такого показателя среди всех городов:

$$d_i^b = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - Y_j^b)^2}, \quad (13)$$

$$d_i^w = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - Y_j^w)^2}. \quad (14)$$

Вычисление интегрального индекса i -го города как относительной близости s_i каждого показателя к худшему значению для каждого города:

$$I_i = s_i = \frac{d_i^w}{d_i^w + d_i^b}, \quad (15)$$

$$0 \leq s_i \leq 1.$$

Ранжирование 63 городов Китая в соответствии с полученными по 3 методикам результатами в порядке убывания представлено в *табл. 2*. Чем больше значение I_i , тем умнее город, и наоборот.

Анализ результатов оценки уровня развития китайских умных городов

Результаты ранжирования свидетельствуют о значительных различиях в уровне развития умных городов, при этом большую часть составляют мегаполисы со средними и низкими итоговыми показателями, что в целом демонстрирует пирамидальную структуру распределения. В региональном распределении высокий уровень развития наблюдается

Рейтинг	WSM с равными весами		EWM-WSM		EWM-TOPSIS	
	Город	Балл оценки	Город	Балл оценки	Город	Балл оценки
1.	Пекин	0,69953	Пекин	0,69330	Пекин	0,71796
2.	Шанхай	0,62811	Шанхай	0,67909	Шанхай	0,66813
3.	Нанкин	0,61768	Шэньчжэнь	0,59835	Шэньчжэнь	0,60823
4.	Ханчжоу	0,60943	Ханчжоу	0,47622	Сучжоу	0,34033
5.	Шэньчжэнь	0,60090	Гуанчжоу	0,46521	Гуанчжоу	0,33230
6.	Гуанчжоу	0,57292	Сучжоу	0,44065	Ханчжоу	0,31221
7.	Сучжоу	0,54426	Нанкин	0,44037	Нанкин	0,23907
8.	Цзинань	0,49612	Ухань	0,35289	Ухань	0,23831
9.	Сямынь	0,49268	Хэфэй	0,33050	Чэнду	0,21217
10.	Уси	0,49140	Чэнду	0,32159	Сиань	0,19292
11.	Ухань	0,48799	Уси	0,31299	Тяньцзинь	0,17968
12.	Чжухай	0,48783	Циндао	0,31177	Нинбо	0,17573
13.	Хэфэй	0,48615	Цзинань	0,31083	Циндао	0,17097
14.	Циндао	0,48378	Нинбо	0,30953	Хэфэй	0,16676
15.	Нинбо	0,48172	Тяньцзинь	0,30646	Чжэнчжоу	0,15556
16.	Чанша	0,47296	Сямынь	0,30471	Чунцин	0,14778
17.	Чанчжоу	0,46438	Чжухай	0,30119	Уси	0,14634
18.	Вэйхай	0,46427	Чанша	0,29954	Сямынь	0,14359
19.	Фучжоу	0,46043	Сиань	0,29694	Далянь	0,14115
20.	Хайкоу	0,45810	Чжэнчжоу	0,28800	Цзинань	0,14042
21.	Санья	0,45728	Далянь	0,27976	Фошань	0,13158
22.	Чжэнчжоу	0,45659	Фучжоу	0,27742	Уху	0,12775
23.	Гуйян	0,44907	Чанчжоу	0,27019	Чанша	0,12725
24.	Далянь	0,44761	Цзясин	0,25557	Чжухай	0,12180
25.	Куньмин	0,44500	Уху	0,25459	Наньчан	0,11292
26.	Чэнду	0,44433	Санья	0,25274	Цзясин	0,10740
27.	Сиань	0,44226	Наньчан	0,25173	Фучжоу	0,10569
28.	Уху	0,43472	Фошань	0,24855	Чанчжоу	0,10240
29.	Шэньян	0,43266	Вэйхай	0,24748	Шицзячжуан	0,10001
30.	Тяньцзинь	0,43115	Шэньян	0,24532	Ланьчжоу	0,09866
31.	Цзясин	0,42991	Чунцин	0,24513	Наньтун	0,09725

Таблица 2. Результаты рейтингового ранжирования умных городов Китая

в основном на востоке и юге, низкий на – западе и севере Китая. В соответствии с наиболее сложным методом расчета EWM-TOPSIS средний уровень оценки 63 умных городов составляет 0,14 балла, при этом у 20 населенных пунктов (31,7% выборки) она превышает среднее значение, а у 43 (68,3%) – находится ниже его.

Сравнивая методы ранжирования, можно отметить, что разница между наибольшим и наименьшим значением индекса по методу EWM-TOPSIS (0,68511) больше, чем между этими же показателями по методу EWM-WSM (0,58043) и методу WSM с равными весами (0,44811) (*рисунок*). Это связано с различными мето-

Рейтинг	WSM с равными весами		EWM-WSM		EWM-TOPSIS	
	Город	Балл оценки	Город	Балл оценки	Город	Балл оценки
32.	Наньчан	0,42545	Гуйян	0,24481	Шэньян	0,09422
33.	Тайчжоу	0,42227	Куньмин	0,24249	Тайюань	0,09317
34.	Яньтай	0,41911	Хайкоу	0,23904	Хух-Хото	0,09161
35.	Тайюань	0,41527	Тайюань	0,23778	Санья	0,09063
36.	Вэньчжоу	0,40903	Наньтун	0,23750	Вэньчжоу	0,09032
37.	Хух-Хото	0,40803	Вэньчжоу	0,23490	Лоян	0,08839
38.	Ланьчжоу	0,40669	Яньтай	0,23400	Яньтай	0,08803
39.	Наньтун	0,40449	Ланьчжоу	0,23057	Куньмин	0,08764
40.	Чунцин	0,39678	Тайчжоу	0,22301	Гуйян	0,08432
41.	Вэйфан	0,39337	Хух-Хото	0,22207	Харбин	0,08294
42.	Цзыбо	0,38638	Наньнин	0,21583	Наньнин	0,07924
43.	Шицзячжуан	0,38534	Шицзячжуан	0,20993	Хайкоу	0,07675
44.	Жичжао	0,38165	Вэйфан	0,20300	Вэйхай	0,07472
45.	Наньнин	0,37985	Янчжоу	0,19937	Тайчжоу	0,07454
46.	Иньчуань	0,37902	Харбин	0,19759	Сюйчжоу	0,06666
47.	Фошань	0,37558	Цзыбо	0,19498	Вэйфан	0,06571
48.	Баотоу	0,37473	Лоян	0,19423	Янчжоу	0,06362
49.	Янчжоу	0,36895	Жичжао	0,19007	Иньчуань	0,06202
50.	Таншань	0,35907	Таншань	0,18809	Таншань	0,06189
51.	Цзинин	0,35314	Иньчуань	0,18800	Шаньтоу	0,05786
52.	Сюйчжоу	0,34931	Сюйчжоу	0,18484	Синин	0,05755
53.	Харбин	0,34789	Баотоу	0,18470	Цзыбо	0,05746
54.	Синин	0,33849	Синин	0,18166	Линьби	0,05736
55.	Гуйлинь	0,33278	Цзинин	0,17098	Жичжао	0,05395
56.	Лоян	0,32750	Гуйлинь	0,16488	Гуйлинь	0,05146
57.	Шаньтоу	0,32740	Линьби	0,15989	Лицзян	0,05063
58.	Линьби	0,32481	Шаньтоу	0,15912	Цзинин	0,04854
59.	Лицзян	0,32225	Лицзян	0,15669	Баотоу	0,04802
60.	Дэчжоу	0,29901	Дэчжоу	0,13497	Цицикар	0,04508
61.	Датун	0,27689	Датун	0,12763	Дэчжоу	0,03887
62.	Хуайнань	0,27040	Хуайнань	0,12719	Хуайнань	0,03442
63.	Цицикар	0,25142	Цицикар	0,11287	Датун	0,03285

дами нормализации исходных показателей – сравни (2) и (10), – в результате чего TOPSIS позволяет более четко выделять различия между объектами оценки.

Если рассмотреть 10 лидеров общего рейтинга по всем методам расчета, то совпадают первые 7 городов: Пекин, Шанхай, Шэньчжэнь, Сучжоу, Гуанчжоу, Ханчжоу, Нанкин. Эти мегаполисы ранее других в Китае (и даже во всем мире) начали разработку и реализацию концепции умного города, поэтому обладают более эффективными системами управления муниципальным образованием. Там не только были подготовлены стратегии

создания таких мегаполисов, планы их поэтапного развития, учреждены специальные фонды для поддержки и выполнения проекта, но и выстроена умная городская инфраструктура в соответствии с местными особенностями и наличием ресурсов.

Абсолютными лидерами по значению интегрального индекса являются Пекин, Шанхай и Шэньчжэнь, вошедшие в тройку лидеров умных городов по 2 методам расчета.

Будучи столицей и центром научно-технических инноваций Китая, Пекин обладает уникальными ресурсными преимуществами. Еще в марте 2012 г. был опубликован План действий по умному Пекину, в котором разъяснялись цели его развития и конкретные инициативы:

- *реализация системы городского управления с умным контролем движения транспорта и рациональным распределением ресурсов посредством создания повсеместной, интегрированной, интеллектуальной и надежной информационной инфраструктуры;*
- *построение интегрированной, персонализированной и гуманизированной цифровой среды обитания городских и сельских жителей, сопровождающей их на протяжении всей жизни;*
- *распространение новой операционной модели, ведущей к инновационным изменениям на предприятиях посредством цифровых технологий;*
- *формирование эффективной системы государственных услуг, ориентированной на потребности населения [20].*

Далее были обнародованы Пекинский план действий по развитию больших данных и облачных вычислений (2016–2020 гг.), План действий Пекина по развитию умного города в период XIV пятилетки, Руководство по созданию новой сенсорной системы умного города в Пекине,

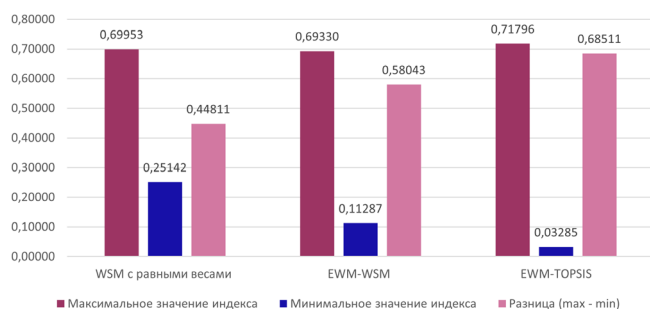


Рисунок. Максимальное и минимальное значения индекса при различных методах ранжирования

в которых были обобщены существующие практики и определены цели и конкретные меры на каждом этапе. После более чем 10-летних усилий столица добилась замечательных успехов в области создания информационной инфраструктуры, цифровой трансформации предприятий, умного управления элементами городского хозяйства и предоставления удобных услуг. Так, по итогам 2023 г. добавленная стоимость цифровой экономики в Пекине достигла 1876,67 млрд юаней, что составило 42,9% ВВП. В течение года создано 123 тыс. новых научно-технических предприятий, или 41,4% всех вновь открывшихся в столице предприятий. В городе установлено в общей сложности 329 тыс. базовых станций мобильной связи, включая 163 тыс. 4G и 107 тыс. 5G [21].

Шанхай как экономический и финансовый центр КНР обладает хорошей основой для развития индустрии финансовых, торговых и IT-услуг. В 2010 г. там была представлена стратегия создания умного города, ориентированного на будущее. В 2011 г. сформирована ведущая группа по строительству умного города и был опубликован Шанхайский 3-летний план мероприятий по содействию строительству умного города на 2011–2013 гг., в котором основное внимание уделялось 4 аспектам: информационной инфраструктуре, системе восприятия и интеллектуального применения информации, индустрии цифровых технологий нового поколения и обеспечению информационной безопасности [22]. Позднее был принят ряд планов, направленных на поддержку упорядоченного строительства умного города. По состоянию на конец 2023 г. в Шанхае установлено более 78 тыс. наружных базовых и 370 тыс. малых станций 5G внутри помещений, что обеспечивает покрытие мобильной сетью последнего поколения всей территории города. Благодаря развитой инфраструктуре высокоскорост-

ной мобильной связи в Шанхае осуществлено более 920 проектов по применению 5G в таких областях, как умное производство, здравоохранение, образование. В сфере умного управления создана единая платформа доступа к 3705 государственным услугам (по состоянию на конец 2023 г.), из которых 3326 могут реализовываться онлайн-операциями [23].

В 2012 г. в Шэньчжэне был сформирован долгосрочный план строительства умного города на 2011–2020 гг., а в 2018 г. обнародован Общий план строительства нового умного города: предполагалось, что к 2020 г. он станет глобальным первопроходцем в области цифровых технологий. В 2021 г. Генеральный офис муниципального народного правительства Шэньчжэня представил XIV 5-летний План национального экономического и социального развития города и наброски долгосрочных целей на 2035 г., в 2022 г. – План развития цифрового правительства и умного города, в 2023 г. – План действий по строительству цифрового города-близнеца – Pioneer City. В результате более чем 10-летней практики Шэньчжэнь занимает лидирующие позиции среди китайских городов в области создания цифровой информационной инфраструктуры, интегрированной платформы онлайн-государственных услуг, внедрения цифровых технологий в производство и становления открытой и безопасной цифровой городской экосистемы.

Сучжоу, Гуанчжоу, Ханчжоу, Нанкин, входящие в топ-10 по всем методикам, являются центрами политического, экономического, культурного, научно-образовательного развития в своих регионах.

Города из десятки аутсайдеров во всех трех рейтингах (Линьи, Гуйлинь, Лицзян, Цицикар, Дэчжоу, Хуайнань и Датун) также реализуют пилотные проекты умных городов, однако они ограничены в природных ресурсах, располагают скромной экономической базой и недостаточным резервом высококвалифицированных специалистов и «цифровых талантов», в связи с чем на их основе сложно сформировать конкурентоспособные промышленные кластеры и препятствовать очевидной утечке квалифицированного персонала.

В целях проверки достоверности проведено тестирование результатов, полученных с помощью 3 методов, с использованием корреляционного анализа Пирсона (табл. 3). Видно, что коэффициент корреляции Пирсона в данном исследовании близок к 1 (варьируется в пределах 0,84265... 0,95339), что свидетельствует о высокой схожести результатов и надежности предложенной методики.

Рекомендации по развитию компонентов умного города

Анализ показал, что в долгосрочной перспективе устойчивое развитие умных городов может основываться на китайском опыте, продемонстрировавшем впечатляющие успехи и выявившем ряд важнейших аспектов, которые следует учитывать.

Цифровая грамотность жителей и выращивание цифровых талантов. Будучи составной частью города, его население выступает не только планировщиком и строителем умных городов, но и потребителем услуг, основанных на широком применении цифровых технологий нового поколения в таких областях, как общественный транспорт, образование, медицина и здравоохранение, социальное обеспечение, охрана окружающей среды и других, что требует соответствующего владения цифровыми знаниями и навыками. Поэтому следует поощрять местные университеты, научно-исследовательские институты и технологические предприятия к сотрудничеству в подготовке специалистов с теоретической базой и практическим опытом в области умных городов, повышать уровень навыков и умений горожан по использованию цифровых технологий и оборудования.

Совершенствование умной инфраструктуры. Это основа для построения умного города, состоящая из информационных сетей и интеллектуализированной традиционной инфраструктуры (муниципальные трубопроводы, дороги, мосты, электросети), которая, с одной стороны, может повысить эффективность городской логистики и сократить временные затраты, предоставить людям доступ к удобным городским услугам, с другой – позволит отслеживать рабочее состояние инфраструктуры в режиме реального времени на основе сбора, передачи и анализа данных с помощью датчиков, камер наблюдения, смартфонов, высокоскоростной мобильной связи 5G и прочего, для оперативного реагирования

на городские проблемы. Все это важно для повышения уровня умного управления, качества жизни населения, улучшения бизнес-среды. Инвестиции в инфраструктуру улучшают городскую среду, привлекают высокотехнологичные отрасли и высококвалифицированные таланты.

Улучшение возможностей умного управления с помощью цифровых технологий, которое выявляет насущные социальные проблемы города, а также фокусируется на сотрудничестве между государственными ведомствами, отраслевыми организациями, исследовательскими институтами и гражданами. Особое внимание должно уделяться совершенствованию процесса принятия решений путем учета мнений более широкого круга заинтересованных сторон для достижения устойчивого развития умных городов в социальной, экономической и экологической сферах. Соответствующие меры включают создание интерактивных муниципальных веб-сайтов, платформ для предоставления государственных услуг по принципу «одного окна» и мобильных приложений для содействия участию общественных структур, предприятий и населения в строительстве умных городов путем диверсифицированного сотрудничества.

Развитие умной экономики и умных отраслей, способствующих трансформации модели экономического развития умных городов от ресурсоемкой и трудоемкой к наукоемкой и технологичной, тем самым еще больше повышая их конкурентоспособность. Поэтому следует не только наращивать существующий отраслевой потенциал, содействуя цифровой трансформации традиционных сильных отраслей с помощью цифровых технологий и цифровых бизнес-моделей, но и активно создавать новые стратегические отрасли, такие как большие данные, искусственный интеллект и высокотехнологичное производство.

Содействие развитию умной городской среды, являющейся основой для комфортного обитания человека. При этом переход к «зеленой» низкоуглеродной энергетике для достижения более чистого производства должен рассматриваться как важный аспект строительства умного города. Создание интеллектуальных платформ для экологического мониторинга будет способствовать интеграции и анализу данных из различных источников, предоставит информационную поддержку для принятия соответствующих мер по охране окружающей среды, сможет обеспечить научную основу для реагирования на экологические чрезвычайные ситуации.

Методы	WSM с равными весами	EWM-WSM	EWM-TOPSIS
WSM с равными весами	1	-	-
EWM-WSM	0,94889	1	-
EWM-TOPSIS	0,84265	0,95339	1

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Пирсона между результатами рейтингов умных городов Китая по трем методикам

Обеспечение умной жизни – создание экологичной, безопасной и пригодной для благополучной жизни городской среды, охватывающей удобные услуги, предоставляемые жителям различными заинтересованными сторонами. При этом в приоритете должны быть умное здравоохранение, дома и библиотеки, учитывающие интересы всех групп населения, в том числе пожилых людей и инвалидов, для которых услуги должны быть адаптированы или изначально разработаны соответствующим образом.

Таким образом, развитие на основе концепции умного и устойчивого города – одно из возможных ответов на множество вызовов, возникающих перед современными городами. Единого подхода к оценке уровня развития умных городов в настоящее время не существует, что затрудняет применение доступных инструментов мониторинга и анализа различных аспектов городского строительства для выработки перспективной политики, основанной на фактических данных. Для решения этой проблемы авторами определены компоненты, составляющие

■ **Summary.** A methodology for assessing the level of development of smart cities in China is presented, developed by ranking three approaches (a weighted sum of WSM criteria with equal weights, a sum of criteria combined with the EWM entropy weighing method, a combined EWM-TOPSIS method based on calculating the degree of proximity between the current situation and its "ideal" state), which made it possible to determine promising areas of their sustainable development. Among them: improving the digital literacy of residents and growing digital talents, improving smart infrastructure, improving smart management capabilities through digital technologies, growing the digital economy and creating smart industries, promoting the urban environment, and ensuring smart living.

■ **Keywords:** smart city, China, digital infrastructure, WSM, EWM, TOPSIS, ranking.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-60-68>

концепт умного города, сформирована система показателей для интегральной оценки уровня развития умных городов Китая, предложена авторская методика их оценки. ■

Статья поступила в редакцию
24.06.2024 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Urban population (% of total population) / World Bank // <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?view=chart>.
- Построение новой модели интеграции и развития между городами и сельскими районами / China Daily // <https://china.chinadaily.com.cn/a/202403/13/WS65f1661ea3109f7860dd5416.html> (на кит. яз.).
- Уведомление о запуске национального пилотного проекта умного города / Министерство жилищного строительства и городского и сельского развития Китая // <https://law168.com.cn/doc/view?id=167540> (на кит. яз.).
- Белая книга по умным городам / Китайский исследовательский центр по развитию промышленной информационной безопасности. – Пекин, 2022 (на кит. яз.).
- Odendaal N. Information and communication technology and local governance: understanding the difference between cities in developed and emerging economies // Computers, Environment and Urban Systems. 2003. №27. P. 585–607.
- Smart cities / European Commission // https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en.
- Meijer A., Rodríguez-Bolívar M.P. Governing the Smart City: a Review of the Literature on Smart Urban Governance // International Review of Administrative Sciences. 2015. №81(2). P. 1–17.
- Winters J.V. Why are Smart Cities Growing? Who Moves and Who Stays // Journal of Regional Science. 2011. Vol. 51. №2. P. 253–270.
- Лю Шуян, Ли Сируй. Умное городское управление: изменение государственной модели предоставления общественных услуг // Социальная наука. 2019. №1. С. 26–34 (на кит. яз.).
- Akande A. [et al.]. The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe // Sustain. Cities Soc. 2019. №44. P. 475–487.
- Kourtiti K., Nijkamp P. Smart cities in the innovation age // Innovation. 2012. №2. P. 93–95.
- Nesti G. Defining and assessing the transformational nature of smart city governance: Insights from four European cases // International Review of Administrative Sciences. 2020. №1. P. 20–37.
- Batty M. [et al.]. Smart Cities of the Future // The European Physical Journal. 2012. №214. P. 481–518.
- Giffinger R., Gudrun H. Smart Cities Ranking: An Effective Instrument for the Positioning of Cities? // Architecture, City and Environment. 2010. Vol. 4. №12. P. 7–25.
- Nam T., Pardo T.A. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions // Proc. 12th Conference on Digital Government Research, College Park, MD, June 12–15, 2011. P. 282–291.
- Yuxin Zhu, Dazuo Tian, Feng Yan. Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making // Mathematical Problems in Engineering. 2020. Vol. 2020. P. 1–5.
- Madanchian M., Taherdoost H. A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making // Sustainable Social Development. 2023. Vol. 1. №1. P. 1–6.
- Ding Lin. [et al.]. A Comprehensive Evaluation of Urban Sustainable Development in China Based on the TOPSIS-Entropy Method // Sustainability. 2016. №746. P. 1–23.
- Liu Yang [et al.]. Evaluation of New Power System Based on Entropy Weight-TOPSIS Method // Mathematical Problems in Engineering. 2022. №7. P. 1–10.
- План действий по умному Пекину / Народное правительство города Пекина // https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj/szfwj/201905/t20190523_72559.html (на кит. яз.).
- Статистический бюллетень национального экономического и социального развития Пекина за 2023 год / Муниципальное бюро статистики Пекина // https://tjj.beijing.gov.cn/tjsj_31433/tjgb_31445/ndgb_31446/202403/t20240321_3595860.html (на кит. яз.).
- Шанхайский трехлетний план действий по содействию строительству умного города (2011–2013 гг.) / Шанхайская муниципальная комиссия по экономике и информационным технологиям // <https://app.sheht.sh.gov.cn/szfgh/652766.htm> (на кит. яз.).
- Статистический бюллетень национального экономического и социального развития Шанхая за 2023 год / Муниципальное бюро статистики Шанхая // <https://tjj.sh.gov.cn/tjgb/20240321/f66c5b25ce604a1f9af755941d5f454a.html> (на кит. яз.).

Синдром эмоционального выгорания у специалистов IT-сферы



Эмоциональное выгорание у специалистов сферы информационных технологий еще не стало предметом серьезных научных исследований. Данная профессия относится к субъект-объектному типу, ее характеризуют монотонный характер работы, дистанцированность от других людей, погруженность в собственные интеллектуальные переживания, необходимость постоянно следить за новыми технологиями, обновлять знания и навыки – все эти факторы повышают риск возникновения обозначенного состояния [1]. К ним можно добавить также ролевую неопределенность, малую степень участия в принятии решений, недостаточность творческого компонента [2].



Татьяна Моисеенко,
магистрант
Российского
государственного
социального
университета

Имеющиеся немногочисленные исследования не отражают полной картины детерминант синдрома эмоционального выгорания (СЭВ). В частности, не изучено влияние социально-психологических факторов, таких как пол, стаж работы, семейный и профессиональный статус, структура ролей, а также личностных – оптимизма и активности, перфекционизма.

Негативные последствия СЭВ (утрата чувства новизны, снижение критичности, развитие профессионального стресса вплоть до желания уйти из профессии) обуславливают необходимость разработки методов профилактики данного состояния у представителей IT-сферы. А так как

в настоящее время эта область привлекательна для женщин, требуется изучение проблемы в зависимости от пола, что поможет усилить программы профилактики с учетом особенностей разных категорий.

В ходе исследования мы исходили из того, что к социально-психологическим факторам эмоционального выгорания специалистов IT-сферы относятся стаж работы, стрессоустойчивость, личностные особенности, структура деятельности, групповые роли, а также существуют различия этого состояния и социально-психологических особенностей мужского и женского пола.

Эмоциональное выгорание, согласно классификации

К. Маслач и С. Джексон, включает в себя эмоциональное истощение, деперсонализацию и редуцирование личных достижений [3].

Признаки эмоционального истощения – нарастающее чувство опустошенности, усталости, потеря интереса к работе. Человек ощущает истощенность своих эмоциональных ресурсов, работа не приносит такого же удовлетворения, как раньше. Деперсонализация связана с возникновением равнодушного и даже негативного отношения к людям, с которыми взаимодействует специалист (клиентам, сотрудникам), циничного отношения к труду и его объектам. Развивается комплекс профессиональной неуспешности, снижается самооценка, нарастает недовольство собой. Негативное восприятие себя как профессионала переходит в отрицательное отношение к себе как к личности.

На уровне поведения нарастает чувство тяготения своими обязанностями: специалист часто опаздывает, стремится скорее закончить работу, которая воспринимается как рутина; утрачивается творческий подход; уменьшается результативность, сужаются контакты с коллегами; работник может чаще прибегать к веществам, повышающим тонус (курение, кофе и др.); нарушается удовлетворение потребностей в восстановлении здоровья.

Таким образом, эмоциональное выгорание определяется как механизм психологической защиты, выработанный личностью в форме полного или частичного исключения эмоций в ответ на психотравмирующие воздействия.

Сфера информационных технологий – одна из самых быстроразвивающихся и инновационных, что вкупе с высокой конкуренцией в ней предъявляет осо-

бые требования к специалистам, необходимость непрерывного обучения и адаптации к изменяющимся рыночным условиям. Среди качеств, обеспечивающих успешность профессиональной деятельности, – хорошая память, внимание, воображение, развитое логическое мышление, аналитические и речевые способности, высокий уровень технических и математических знаний. Препятствиями могут стать рассеянность, ригидность мышления, выраженная близорукость [4].

На психическое состояние IT-специалиста влияет погруженность в виртуальное пространство, высокая нагрузка на когнитивные функции, напряженный темп работы, недостаток прямых межличностных контактов. В то же время «постоянное взаимодействие с техникой или кодом формирует специфическую структуру мышления, развивает логику и дисциплинирует ум» [5]. К специфике данной деятельности также относятся частые изменения инструментов работы (например, появление новых языков программирования), технологические прорывы, наличие постоянно сменяющихся нестандартных задач, которые часто находятся на пересечении нескольких областей знаний.

Согласно данным анонимного опроса, проведенного платформой Blind в 2018 г., 23% айтишников главными причинами профессионального выгорания называют некачественный менеджмент и отсутствие четкой стратегии компании, 19% указывают на переработки, сверхурочную нагрузку, 18% – на токсичную корпоративную культуру [6].

Стресс и выгорание могут возникать, как ни парадоксально, на фоне пространственной и временной гибкости работы, так как

это создает установку на трудовую активность в любом месте и в любое время: в офисе, коворкинге, дома и др. Формируется привычка думать о поставленных задачах перманентно, что нарушает баланс между занятостью и отдыхом, ведет к трудовому выгоранию.

Дистанционная коммуникация, особенно актуальная в период пандемии, усиливает негативные проявления. Молодые и неопытные сотрудники испытывают чувство одиночества и изоляции, в то время как занятость в офисе обеспечивает возможности для стихийного взаимодействия и укрепляет доверие.

В зарубежном исследовании [7] на примере 1 тыс. человек было установлено, что 56% респондентов – представителей IT – имели симптомы нарушений опорно-двигательного аппарата, 22% – гипертонию, 10% – диабет, 36% – дислипидемию, 54% – депрессию, тревогу и бессонницу, 40% – ожирение.

В ряде психологических исследований отмечается, что специалисты IT-сферы женского пола более подвержены СЭВ. В частности, в работе А.А. Лисаковой и др. [8] на примере 100 женщин и 897 мужчин определено, что первые демонстрируют более высокую интенсивность выгорания по сравнению с мужчинами, что говорит о восприятии ими рабочих задач как более значительной эмоциональной нагрузки. Они острее испытывают потребность в снижении уровня эмоций, возникающих в результате вовлечения в общение и сопереживания другим, сталкиваются с трудностями в регулировании рабочих задач и проявляют недостаточно сформированные стратегии реабилитации себя, а потому вынуждены активнее прибегать к защитным способам реагиро-

вания на напряжение. Женщины чаще уходят из сферы в середине карьеры по причине нарушения баланса между работой и личной жизнью.

Ситуация с СЭВ у IT-специалистов в Республике Беларусь была изучена нами с помощью опросника профессионального выгорания для инженерно-технических работников (К. Маслач и С. Джексон, в адаптации Н.Е. Водопьяновой) [9]. В исследовании приняли участие 100 респондентов (разработчики, менеджеры, веб-дизайнеры, тестировщики и др.): 50 мужчин и 50 женщин. Средний возраст представителей мужского пола – 38 лет, женского – 32 года, средний стаж работы – 10 и 7 лет соответственно.

Результаты продемонстрировали высокий уровень показателей эмоционального выгорания у респондентов (рис. 1).

Эмоциональное истощение более характерно для женщин (20%), по сравнению с мужчинами (16%). Деперсонализация и редукция личных достижений, наоборот, чаще свойственна мужчинам (54% и 46%), чем женщинам (42% и 30%). У последних сильнее проявляется эмоциональное напряжение, чувство усталости и истощения своих ресурсов, а у сильного пола – циничное отношение к труду, негуманное отношение к людям, негативное восприятие себя как профессионала.

По шкале оптимизма и активности личности получены средние значения показателей по выборке обоих полов (рис. 2).

Высокий оптимизм диагностируется от 20 баллов, высокая активность – от 25. Исходя из среднего значения и статистического отклонения, по выборке мужчин преобладает оптимизм, приближающийся к высокому



Рис. 1. Показатели эмоционального выгорания у специалистов IT-сферы разного пола, %



Рис. 2. Показатели оптимизма и активности личности у специалистов IT-сферы разного пола, среднее значение ± статистическое отклонение

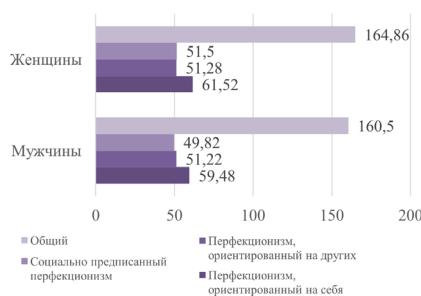


Рис. 3. Показатели перфекционизма у специалистов IT-сферы разного пола, среднее значение ± статистическое отклонение



Рис. 4. Уровень стрессоустойчивости специалистов IT-сферы разного пола, %

уровню, активность (подразумевает энергичность, жизнерадостность и склонность к риску) у них ниже и соответствует среднему значению.

Такое же соотношение этих двух показателей можно наблюдать и у женщин, хотя активность у них более высока. Оба пола демонстрируют открытость, общительность и доброжелательность.

С помощью опросника «Многомерная шкала перфекционизма» П. Хьюитта и Г. Флетта [10] изучены такие особенности респондентов, как перфекционизм, ориентированный на себя, на других и социально предписанный. Результаты отражены на рис. 3.

У специалистов IT-сферы наиболее выражен первый вид, также этот показатель выше у женщин. Значения перфекционизма, ориентированного на других, меньше и практически не отличаются у обоих полов, а социально предписанного – ниже у мужчин.

Из этого следует, что респонденты предъявляют чрезвычайно высокие требования к себе, в то время как к окружающим они более лояльны.

Рассмотрим результаты изучения уровня стрессоустойчивости представителей IT, полученные при помощи соответствующего теста [11] (рис. 4).

По выборке преобладает ее уровень выше среднего: 68% у мужчин и 80% у женщин при среднем значении 8% и 14% соответственно. Высокий более характерен для сильного пола (18% против 12%). Это означает, что специалисты способны быть сдержанными в ситуации стресса, не проявлять агрессии и конфликтности, иногда для них характерны импульсивность и раздражительность.

Изучение групповых командных ролей с помощью теста [12] показало, что у мужчин их иерархия такова: «рабочая пчелка», руководитель, мотиватор, контролер, которые имеют более высокую значимость, далее следуют роли аналитика, вдохновителя, генератора идей и снабженца. У женщин на ведущих позициях отмечены руководитель, «рабочая пчелка», вдохновитель

и контролер. Далее следуют роли мотиватора, снабженца, аналитика и генератора идей.

В целом, женщины характеризуются более высокой активностью и жизнерадостностью, энергичностью, общительностью и готовностью к риску. Этот результат связан с их плотной вовлеченностью в межличностные отношения.

Мужчины при выполнении задач направлены на результат, более трезво оценивают его, менее склонны к критике собственной работы и способны объективно относиться к труду других. Женщины же менее адекватны в оценке результатов своего труда и переоценивают вклад других.

У мужчин более высокая направленность на роль мотиватора, в то время как женщины в командной работе скорее ориентированы на исполнение ролей руководителя и вдохновителя. Они лучше видят потенциал коллег, могут принимать оптимальные решения, улучшать микроклимат в команде, более способны к сопереживанию. То есть им в большей степени присуща роль эмоционального лидера.

Таким образом, можно отметить следующие особенности эмоционального выгорания у специалистов ИТ-сферы разного пола:

- у всех преобладает средний уровень эмоционального истощения и редукции личных достижений, высокий уровень более характерен для деперсонализации (чаще у мужчин); статистически значимых различий в компонентах СЭВ между представителями двух полов не выявлено;
- активность ниже оптимизма, она более высока у женщин;

■ больше выражен перфекционизм, ориентированный на себя, чем по отношению к другим, – это характерно для обоих полов;

■ мужчины преимущественно нацелены на результат;

■ уровень стрессоустойчивости у двух полов выше среднего;

■ иерархия групповых ролей различается в зависимости от пола: мужчины более ориентированы на роль мотиватора, женщины – руководителя и вдохновителя.

В результате проведенного исследования могут быть сформулированы следующие рекомендации, направленные на профилактику СЭВ у специалистов ИТ-сферы.

Представителям обоих полов необходимо развивать оптимистические установки и вовлеченность в работу, снижать уровень перфекционизма в отношении себя.

Мужчинам следует иметь реалистичные ожидания в отношении своих профессиональных достижений (ожидание слишком высокого результата повышает эмоциональное истощение, поэтому необходимо гармонизировать сферу своих профильных притязаний); развивать стрессоустойчивость, снижать влияние ролей генератора идей и снабженца, которые повышают деперсонализацию; отрегулировать роль руководителя, которая повышает редукцию личных достижений.

Специалистам женского пола нужно работать над постановкой конкретных, обоснованных целей деятельности, стремиться к результативности, снижать уровень критичности в свой адрес; развивать стрессоустойчивость; усиливать роль руководителя, вдохновителя, аналитика, которые минимизируют эмоциональ-

ное истощение и деперсонализацию, а также роль генератора идей, которая снижает редукцию личных достижений. Профилактика СЭВ у женщин включает использование способностей вдохновлять команду, повышать командный дух, оказывать поддержку коллегам. Отказ от перфекционизма, завышенных ожиданий от себя и других в отношении профессиональных достижений также будет способствовать снижению риска СЭВ. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атясина Т.В. Профессиональная деятельность техника – программиста: содержание и сущность // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. №3–4 (50). – Новосибирск, 2015. С. 97–102.
2. Рудницкий В.А. Предпосылки возникновения эмоционального выгорания инженеров-программистов в компании IT // Междунар. науч.-техн. конф., приуроченная к 50-летию МР-ТИ-БГУИР (Минск, 18–19 марта 2014 г.): мат-лы конф. В 2 ч. Ч. 2. – Минск, 2014. С. 413–415.
3. Маслач К. Профессиональное выгорание: как люди справляются // Журнал практического психолога. 1998. №7. С. 4–9.
4. Романова Е.С. 99 популярных профессий. Психологический анализ и профессиограмма. – СПб, 2008.
5. Касьяненко И. «Айтишники» как современная профессиональная группа / И. Касьяненко, А. Алабин // INTER. 2017. №14. С. 98–104.
6. Главная причина профессионального выгорания у ИТ-специалистов – не переработки // <https://dev.by/news/issledovanie-glavnaya-prichina-professionalnogo-vygoraniya-ne-pererabotki>.
7. Гофман О.О. Проблема профессионального выгорания специалистов в сфере информационных технологий: теоретический обзор / О.О. Гофман, Н.Е. Водопьянова, О.Ф. Джумагулова, Г.С. Никифоров // Организационная психология. 2023. №1. С. 117–144.
8. Лисакова А.А. Исследование выраженности синдрома выгорания у представителей ИТ-профессий / А.А. Лисакова, Н.В. Иоффе, А.С. Сафина, Н.В. Курляндская // Обществознание и социальная психология. 2022. №12(42). С. 47–56.
9. Водопьянова Н.Е. Психодиагностика стресса. – СПб, 2009.
10. Грачева И.А. Адаптация методики «Многомерная шкала перфекционизма» П. Хьюитта и Г. Флетта // Психологический журнал. 2006. Т. 27, № 6. С. 73–80.
11. Щербатых Ю.В. Психология стресса и методы коррекции. – СПб, 2005.
12. Белбин Р.М. Команды менеджеров. Секреты успеха и причины неудач: пер. с англ. – М., 2003.

Юрий Курочкин,

заведующий научным центром
«Фундаментальные взаимодействия
и астрофизика» Института физики
им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,
доктор физико-математических наук,
профессор

Владмир Кабанов,

главный научный сотрудник центра, доктор
физико-математических наук, доцент

Сергей Андрухович,

научный сотрудник центра

Александр Науменко,

старший научный сотрудник центра, кандидат
физико-математических наук

Дмитрий Шелковий,

заместитель заведующего центром, кандидат
физико-математических наук

Евгений Сапрунов,

научный сотрудник центра

Леонид Близнюк,

ведущий инженер отдела научно-
организационного и конструкторского
сопровождения

Автономные погружные гамма- спектрометры NaI(Tl) и $\text{SrI}_2(\text{Eu}^{2+})$

Работы по созданию автономных погружных гамма-спектрометров в Институте физики НАН Беларуси начались в 2014 г. На этом этапе они осуществлялись в рамках научно-технического сотрудничества с Институтом океанографического приборостроения Академии наук провинции Шандунь (КНР) по контракту «Создание гамма-спектрометра морского базирования погружного типа». Стояла задача разработать гамма-спектроскопический комплекс, предназначенный для длительного подводного мониторинга радиационной обстановки по месту (*in situ*) в автономном режиме с высокой чувствительностью, постоянной обработкой и беспроводной передачей накопленных данных.

Наряду с требованиями работы таких гамма-спектрометров в сложных природных условиях (в определенном температурном диапазоне, при высоких давлениях на больших глубинах и химической агрессивности, например, морской воды), прибор должен надежно функционировать в автоматизированном режиме, постоянно накапливая, обрабатывая и передавая информацию, автоматически перестраиваясь

при изменении температуры окружающей среды. Кроме того, такие гамма-спектрометры должны надежно справляться с основной задачей идентификации и измерения концентрации радионуклидов в водной среде [1–10].

На этом этапе в Институте физики НАН Беларуси был сконструирован для заказчика гамма-спектрометр высокого разрешения на базе приобретенного детектора со сцинтиллятором NaI(Tl) (рис. 1). Была проведена его энергетическая и температурная

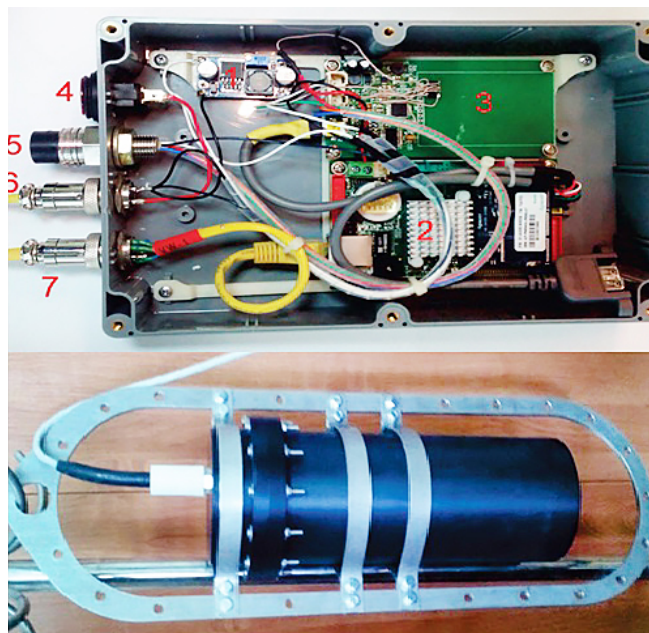


Рис. 1. Гамма-спектрометр высокого разрешения на базе детектора со сцинтиллятором NaI(Tl), созданный для Института океанографического приборостроения Академии наук провинции Шандунь

калибровка, спроектирован блок управления, корпус для работы прибора на больших (до 400 м) глубинах. Температурный диапазон, в котором планировалось его использование, находился в пределах от -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Был получен ряд научно-технических решений и приобретен новый опыт как по разработке отдельных узлов и блоков, так и их калибровке и сопряжению в единую систему [1, 8–10].

Кроме того, в процессе создания прибора была разработана программа обработки и передачи данных, проведено моделирование функций гамма-спектрометра. Интересно отметить, что последнее реализовано с помощью пакета программ GEANT4, который применяется на детекторах в крупных ускорительных центрах в проектах с участием наших сотрудников.

Основные технические характеристики, такие как чувствительность и энергетическое разрешение, соответствовали на момент создания (2016 г.) параметрам лучших аналогичных зарубежных спектрометров с NaI(Tl)-детектором (KATERINA, SARA) и превосходили отечественные МКС-ФЕ6104ДМ, МКС-АТ6104ДМ.

Область применения разработки предполагала измерение удельной гамма-активности радионуклидов в водной среде при экологическом мони-

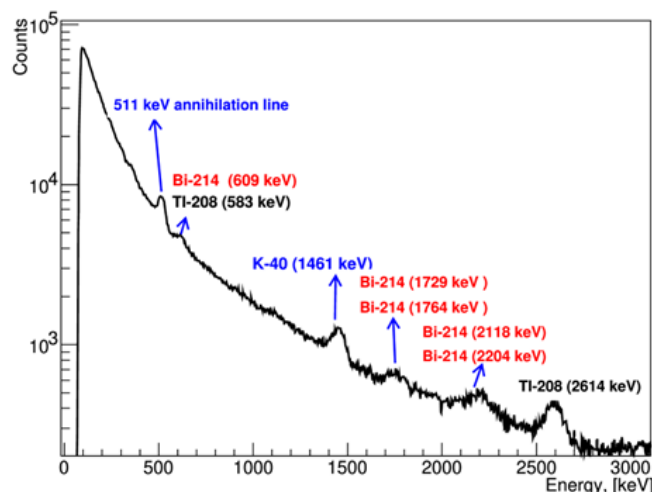


Рис. 2. Спектр фона чистой воды, измеренный за 7,5 дня погружным гамма-спектрометром, опущенным в БАК

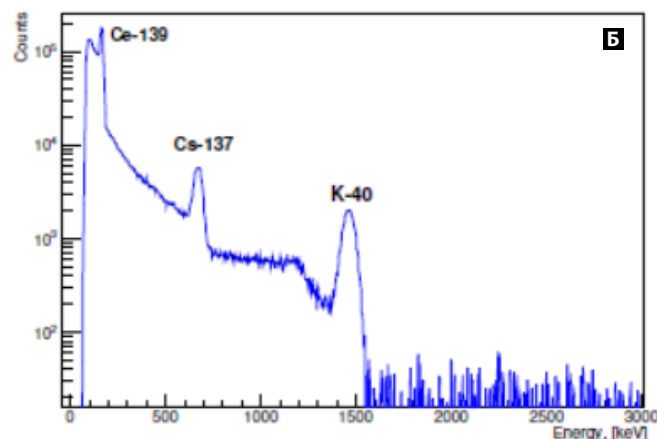
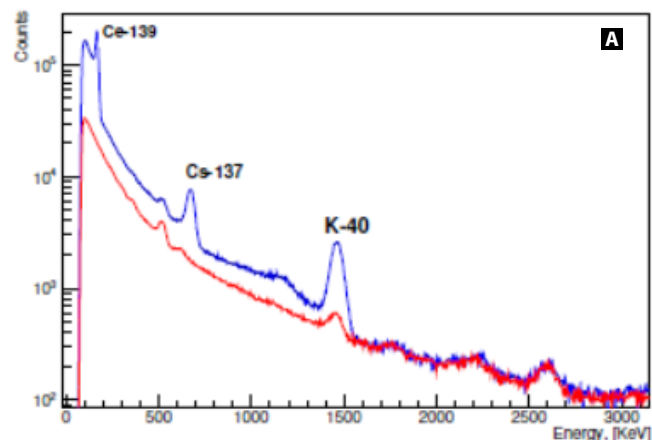


Рис. 3. А) спектр ^{139}Ce , ^{137}Cs и ^{40}K , снятый за 3,8 дня, и соответствующий спектр фона; Б) тот же спектр ^{139}Ce , ^{137}Cs и ^{40}K с вычтенным фоном

торинге и паспортизации отходов. Прибор прошел успешные испытания на сконструированном в институте стенде и натурные – на базе заказчика.

Параллельно учеными проводились экспериментальные и теоретические исследования, обработка результатов экспериментов, математическое моделирование. Таким образом, за это время были реализованы на практике: общая конструкция гамма-спектрометра и погружного блока; контроллер для управления анализатором блока детектирования; блок управления; программное обеспечение для управления анализатором, съема и обработки спектров.

Методом Монте-Карло с помощью программного обеспечения GEANT4 созданным гамма-спектрометром было выполнено численное моделирование процесса детектирования радиационной обстановки с заданными параметрами. По его результатам получена расчетная зависимость объемной эффективности регистрации от энергии.

Расчетные данные по объемной эффективности регистрации сравнивались с экспериментальными данными, полученными при измерении с помощью разработанного гамма-спектрометра заданных образцов радиоактивных растворов в эксперименте на испытательном стенде Блок автоматической калибровки БАК-8м³ с рабочим объемом воды 7,74 м³ для трех значений энергий: 169 кэВ (¹³⁷Cs), 661 кэВ (¹³⁷Cs) и 1461 кэВ (⁴⁰K).

В гамма-спектрометре была также встроена система стабилизации усиления, прокалываемая на тепловой камере. Итогом работ стало то, что новый прибор прошел тестирование на соответствие ТЗ на территориях исполнителя и заказчика.

Проект выполнялся в два этапа. Целью второго из них было исследование зависимости параметров предоставленного заказчиком погружного NaI(Tl)-детектора от температуры и определение зависимости его объемной эффективности регистрации от энергии гамма-квантов и температуры.

Детектор характеризовался закрытой (неизвестной) архитектурой электронных компонент, управляющего программного обеспечения и протоколов передачи данных. Для более полного понимания свойств устройства параллельно проводилось исследование погружного гамма-спектрометра, специально собранного в Институте физики на базе детектора с более открытой архитектурой с кристаллом NaI такого же размера (3"×3").



Рис. 4. Двухкристальный гамма-спектрометр высокого разрешения на базе детекторов со сцинтиллятором SrI₂ (Eu), созданный в Институте физики НАН Беларуси

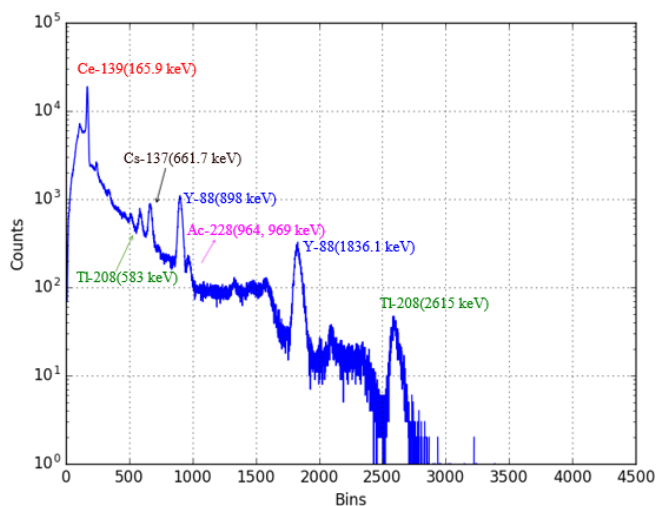


Рис. 5. Спектр ¹³⁹Ce, ¹³⁷Cs, ⁸⁸Y и ²³²Th (регистрация по его дочерним продуктам распада ²²⁸Ac, ²¹²Pb, ²⁰⁸Tl и др.) с детектора SrI₂-1 в логарифмическом масштабе. Температура T=25,5 °C, время набора 20 мин.



Рис. 6. Сборка спектрометра для погружения. Слева – двух-детекторный гамма-спектрометр с блоком управления, справа – плавающий буй с электронными компонентами

Экспериментальная калибровка эффективностей регистрации на испытательном стенде БАК-8м³

Кратко опишем, как получаются спектры, по которым можно судить о наличии в среде тех или иных радионуклидов, а также оценивать их концентрации, что, собственно, и является целью использования гамма-спектрометра.

Для проверки результатов моделирования объемной эффективности регистрации погружным гамма-спектрометром была спроектирована и частично апробирована система автоматизации стенда БАК-8м³ для калибровки погружных спектрометров по эффективности регистрации спектров гамма-излучения. Выполнен следующий эксперимент.

В пластиковую емкость БАК-8м³ было набрано 7,74 м³ чистой воды. Затем в нее был опущен погружной блок гамма-спектрометра таким образом, чтобы детектор располагался в середине объема воды. Толщина водяного слоя с каждой стороны составила более 1 м.

На первом этапе эксперимента был измерен спектр фона в течение 648 635 секунд (~7,5 дня) (рис. 2), в котором видны линии естественных радионуклидов ⁴⁰K (1461,6 кэВ), ²¹⁴Pb (609, 1729, 1764, 2118, 2204), ²⁰⁸Tl (583, 2614) и аннигиляционная линия 511 кэВ.

Затем в БАК вносились последовательно образцовые радиоактивные растворы (ОРР): 1 л ¹³⁹Ce (96150 Бк), 1 л ¹³⁷Cs (7565 Бк) и 12 л раствора с 3 кг KCl (49500 Бк). Их активность и удельная активность были выбраны таким образом, чтобы не превышать минимально значимых. Это позволило проводить эксперимент в лаборатории без специальных требований по радиационной безопасности.

Перед добавлением растворов для предотвращения оседания растворенных в них солей на стенки емкости и погружной блок гамма-спектрометра в бак было добавлено 2,8 кг азотной кислоты (0,007 N). После введения каждого раствора в нем проводи-



Рис. 7. Подготовка спектрометра к погружению

лось перемешивание воды с помощью воздушного компрессора, а затем – измерение спектра погружным гамма-спектрометром. В ходе этих замеров раствор в емкости 2 раза в сутки перемешивался дополнительно.

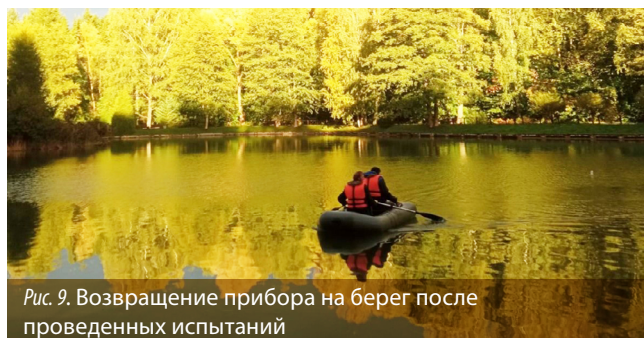
На рис. 3а приведен спектр с изотопами ¹³⁹Ce, ¹³⁷Cs и ⁴⁰K, снятый в течение 327 010 с (3,8 дня), и соответствующий ему спектр фона. На рис. 3б – спектр с изотопами ¹³⁹Ce, ¹³⁷Cs и ⁴⁰K с вычтенным спектром фона.

Гамма-спектрометры Института физики НАН Беларуси

После успешного выполнения первого этапа договора с китайскими коллегами Президиум Национальной академии наук Беларуси принял решение о финансировании научного проекта «Разработка погружного двухкристального сцинтилляционного гамма-спектрометра с улучшенным энергетическим разрешением».

В чем же заключалась суть очередного проекта? Традиционно в погружных гамма-спектрометрах использовался тип детектора на основе кристалла NaI(Tl). Наибольшая чувствительность таких однокристалльных приборов с энергетическим разрешением не ниже 7% (для гамма-квантов с энергией 661 кэВ) достигается у цилиндрических кристаллов с максимально возможными для данного разрешения размерами 3×3". Таким образом, для данного вида прибора речь идет о пределе чувствительности.

Тем не менее к началу работы по проекту появилось несколько новых типов кристаллов, имеющих более высокое, чем у NaI, энергетическое разрешение (в 1,5–2 раза) и низкий собственный фон. Однако технология их получения на тот момент еще не была полностью отработана. Поэтому для увеличения чувствительности решено было использовать несколько детекторов доступной величины



в одном приборе, что, однако, увеличивает его стоимость. Для отработки этой методики в проекте было предложено ограничиться двумя детекторами, а их количество в более чувствительном (многодетекторном) приборе определялось путем компромисса между стоимостью и степенью чувствительности. Следовательно, проблема требовала дополнительного изучения.

Для работы были выбраны два детектора на основе сцинтилляционных кристаллов $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ размера $1,5'' \times 1,5''$.

В результате реализации проекта был создан двухкристальный гамма-спектрометр (рис. 4, таблица) и выполнены следующие работы:

- сконструирован экспериментальный образец гамма-спектрометра;
- сформирована и собрана (из производимых серийно по ТЗ заказчика электронных блоков) его система регистрации;
- разработано программное обеспечение;
- проведено математическое моделирование блоков регистрации и расчетным методом определена зависимость объемной эффективности регистрации от энергии гамма-квантов для детекторов ($\text{SrI}_2(\text{Eu})$);
- выполнена калибровка блоков регистрации спектрометра в термокамере, необходимая для стабилизации энергетической шкалы;
- спроектирована и частично реализована система автоматизации стенда БАК-8000л для калибровки погружных спектрометров по эффективности регистрации.

На рис. 5 в качестве примера представлен спектр, полученный детектором SrI_2-1 .

В дальнейшем, уже после завершения проекта, была проведена сборка, отладка и доведение погружного двухдетекторного *in situ* гамма-спектрометра, состоящего из поверхностного и подводного модулей, до состояния, пригодного к полевым измерениям. В частности, разработанный поверхностный

Тип сцинтиллятора	$\text{SrI}_2(\text{Eu})$
Количество детекторов	2
Размер кристаллов	$\varnothing 38 \text{ мм} \times 38 \text{ мм}$
Энергетическое разрешение по линии 662 кэВ	3,5%
Энергетический диапазон измерения спектров	от 40 до 3000 кэВ
Размер измеряемого спектра	4096 каналов
Предел детектирования для ^{137}Cs за 24 ч	$\leq 0,04 \text{ Бк/л}$
Число каналов в спектре (выбирается пользователем)	256, 512, 1024, 2048, 4096
Рабочая температура	от -10°C до $+50^\circ\text{C}$
Максимальная рабочая глубина	400 м
Напряжение питания	от 9 до 18 В (DC)
Потребляемая мощность	$\leq 2 \text{ Вт}$
Интерфейс связи	RS-485, Ethernet
Масса	8 кг
Стабильность: сдвиг спектрального пика ^{137}Cs за 24 ч	$\leq \pm 1,0 \%$
Периодичность калибровки системы	≥ 1 года
Идентификация и количественное определение γ -излучающих радионуклидов, содержащихся в морской воде	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , 40К и др.
Измеряемая максимальной активностью для ^{137}Cs (в Бк/л)	$> 50 \text{ кБк}$
Погрешность измерения	от $\pm 8,0$ до $\pm 10,0\%$
Максимальная глубина погружения погружных герметичных корпусов	400 м
Максимальное время работы от аккумулятора в автономном режиме	10 дней

Таблица. Характеристики нового гамма-спектрометра

модуль этого прибора (плавающий буй с электронными компонентами) включает: герметичный пластиковый корпус с разборным внутренним наполнителем; внешний крепежный каркас и крепежную систему, удерживающую подводный модуль на заданной глубине; якорную систему; солнечные панели в регулируемых крепежных рамах; 3G/4G-модем и Ethernet-WiFi-роутер для связи с внешним миром и подводным модулем; аккумулятор, контроллер заряда с Bluetooth-модулем, контроллер разряда и электронный ключ для оптимизации энергопотребления. Также доработке подверглись подводные детекторные и микрокомпьютерный блоки, включая программное обеспечение последнего.

Были проведены непрерывные месячные полевые испытания погружного двухдетекторного *in situ* гамма-спектрометра (с NaI(Tl) и $\text{SrI}_2(\text{Eu}^{2+})$ сцинтилляционными детекторами) в Лебяжем озере Ботанического сада НАН Беларуси с измерениями гамма-спектров растворенных в воде естественных радионуклидов. По результатам определены узлы и компоненты гамма-спектрометра, нуждающиеся в доработке. Результаты измерений автоматически передавались на специально созданный сайт.

Анализ полученных в результате испытаний гамма-спектров осуществлялся с помощью собственного разработанного программного обеспечения. В частности, на первом шаге проводилась уточняющая (автоматическая) калибровка энергетической шкалы детекторов по хорошо выраженным фотопикам, ассоциированным с позитронной аннигиляцией и радионуклидами ^{40}K , ^{208}Tl и ^{214}Bi . После этого применялись более тонкие алгоритмы поиска и идентификации фотопиков и радионуклидов, использующие, в частности: меньшую величину ROI, сравнение гауссовых ширин фотопиков с полученной ранее калибровочной шириной (разрешением детекторов) для данной энергии гамма-кванта; двух-гауссову декомпозицию широких фотопиков, вычисление и вычитание гладкой фоновой подставки спектра и т.д. Идентифицированы следующие естественные радионуклиды (и их фотопики): e^+e^- аннигиляция, ^{40}K , ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{226}Ra . Определялись концентрации активности растворенных радионуклидов и MDA (минимальная детектируемая активность).

На основе анализа выполненных ранее экспериментов проведено сравнительное исследование погружных *in situ* гамма-спектрометров NaI(Tl)

и $\text{SrI}_2(\text{Eu}^{2+})$ в широком диапазоне температур, в частности особенностей применения методов пассивной и активной температурной стабилизации спектров. Часть результатов публиковалась [1, 8–10].

Приборы такого типа важны для контроля экологической обстановки на территории страны. Необходимо, чтобы в их разработке участвовали молодые сотрудники (студенты, магистранты). Тем не менее нужно учитывать, что для успешного проведения таких работ требуется довольно значительное финансирование. ■

Исполнители благодарят директора Центрального ботанического сада НАН Беларуси, академика Ф.И. Привалова за разрешение проведения натурных испытаний на Лебяжем озере и ведущего научного сотрудника, кандидата биологических наук Б.Ю. Аношенку – за помощь в организации непосредственно испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. A. Naumenko [et al.]. Autonomous NaI(Tl) gamma-ray spectrometer for in situ underwater measurements // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A (2018). P. 97–109.
2. Zhukouski A. [et al.]. Gamma-spectrometer for water areas and bottom sediments radiation monitoring // Приборы и методы измерений. 2016. Т. 7, №3. С. 256–261.
3. Kilel K.K. [et al.]. A low-cost delta underwater gamma system (DUGS) for in-situ measurement of natural radionuclides in aquatic sediments // <https://doi.org/10.1007/s10967-022-08701-7>.
4. Vlastou R. [et al.]. Monte Carlo simulation of g-ray spectra from natural radionuclides recorded by a NaI detector in the marine environment // Applied Radiation and Isotopes 64 (2006). P. 116–123.
5. Patiris D.L., Pensieri S., Tsabaris C. Rainfall Investigation by Means of Marine In Situ Gamma-ray Spectrometry in Ligurian Sea, Mediterranean Sea, Italy // <https://doi.org/10.3390/jmse9080903>.
6. Anistratenko S.S., Gareev G.A., Kuznetsova E.Y. Detection and identification of radionuclides under water Marine // Intellectual technologies. 2020. №3, part 1. P. 155–163.
7. Lunardon M. [et al.]. Development of a prototype of monitor for alpha and beta radiation in water using new silicone-based contamination-safe detectors // EPJ Conferences 288(3):06005 November 2023. DOI: 10.1051/epjconf/202328806005
8. Андрухович С.К. [и др.]. Автономный комплекс калибровки погружного SrI_2 гамма-спектрометра // Материалы XII Междунар. науч.-тех. конф. «Квантовая электроника» (Минск, 18–22 ноября 2019 г.). – Минск, 2019. С. 188–190.
9. Naumenko A. [et al.]. Submersible in situ NaI(Tl) gamma spectrometers: methods of passive and active temperature stabilization of spectra, temperature dependences of characteristics // Nonlinear Dynamics and Applications. Vol. 27. 2021. P. 331–337. Proceedings of the Twenty eight Anniversary Seminar NPC'S'2021, Minsk, May 18–21, 2021 / редкол.: В.А. Шапоров [и др.]; под ред. В.А. Шапорова, А.Г. Трифонова; Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – «Сосны» НАН Беларуси. – Минск, 2021.
10. Naumenko A., Andrukhovich S., Saprunov E. / Underwater in situ gamma spectrometers based on NaI(Tl) and $\text{SrI}_2(\text{Eu}^{2+})$ scintillators: comparison, temperature dependences, methods of temperature stabilization of spectra // VII Конгресс физиков Беларуси (26–28 апреля 2023 г.): Сборник науч. трудов. / редкол.: Д.С. Могилевцев (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. С. 31–32.

ТРОПИЛЕЛАПСОЗ ПЧЕЛ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ПЧЕЛОВОДСТВУ

УДК 619:638.15

Аннотация. В статье содержится обзор биологии и морфологии возбудителя тропилелатоза пчел – заразной болезни расплода медоносных пчел, вызываемой клещом рода *Tropilaelaps*, анализируются его распространение, клинические проявления заболевания, патогенез и методы диагностики. Поскольку напряженная эпизоотическая ситуация по данной патологии в Российской Федерации и ряде других стран рассматривается как потенциальная угроза заноса паразита на территорию Республики Беларусь, приводятся требования по недопущению его распространения.

Ключевые слова: тропилелатоз пчел, эпизоотическая ситуация, морфология возбудителя, клиническое проявление болезни, методы диагностики, требования по недопущению распространения.

Для цитирования: Черник М., Прищепчик О. Тропилелатоз пчел как потенциальная угроза пчеловодству // Наука и инновации. 2024. №10. С. 79–83. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-79-83>



Максим Черник, ведущий научный сотрудник Белорусского государственного технологического университета, кандидат ветеринарных наук, доцент; chernicm@mail.ru



Олег Прищепчик, заведующий лабораторией наземных беспозвоночных Научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам, кандидат биологических наук, доцент; cprischepchik@mail.ru

Гнезда медоносных пчел (*Apis mellifera*) характеризуются как своеобразные экосистемы, в которых условия обитания поддерживаются на относительно постоянном уровне и отличаются от условий окружающей среды. Это создает предпосылки для заселения жилищ пчел (ульев) различными группами беспозвоночных животных, находящихся здесь оптимальные условия для развития, пропитания и гибернации.



Паразитические клещи представляют собой главную угрозу для медоносной пчелы. В гнездах *Apis mellifera* обнаружено около 150 различных видов клещей, среди которых на территории бывшего СССР отмечено более 130 видов; из них 5,8% встречаются только у пчел, 16,5% – и на растениях, 77,7% – также в амбарно-норовых комплексах [1]. Как возбудители заболеваний пчел известны отдельные виды клещей из двух крупных таксономических групп: отряда Акариформные клещи (*Acariformes*) (представители *Acarapis* sp., *Pyemotes* sp. и др.) и надотряда Паразитиформные клещи (*Parasitiformes*) отряда *Ixodida* (надсемейство Гамазоидных – *Varroa* sp., *Eugarroa* sp., *Tropilaelaps* sp. и др.). Наибольший вред для пчеловодства представляют паразитические виды клещей, вызывающие опасные заболевания – арахнозы. Их отличительная особенность – трудность ранней диагностики и значительный ущерб при несвоевременной организации мероприятий по ликвидации этих заболеваний.

Большую тревогу пчеловодов, ветеринаров, специалистов по болезням пчел вызывает возбудитель тропилелапсоза (клещ рода *Tropilaelaps*). В последние несколько десятилетий *Tropilaelaps clareae* расселился за пределы своего естественного ареала, который изначально охватывал тропическую и субтропическую Азию.

Впервые этот вид был описан по случайным находкам в гнездах крыс на Филиппинах [2]. Однако его первоначальным (естественным) хозяином служит гигантская медоносная пчела *Apis dorsata brevilingua* [3], на которой он и был обнаружен на Филиппинах [4], в Индии [5], Вьетнаме [6]. В дальнейшем вид был отмечен как паразит расплода и у других видов пчел – китайской восковой пчелы (*Apis cerana*), медоносной пчелы (*Apis mellifera*) [7] и *Apis dorsata binghami* на острове Сулавеси в Индонезии. В 1982 г. был описан другой вид клеща – *Tropilaelaps koenigerum* [8], который является паразитом местных пчел *Apis dorsata dorsata* в Азии и Индонезии. В 2007 г. по данным молекулярных исследований было установлено еще 2 новых вида – *Tropilaelaps mercedesae* (паразит *Apis dorsata dorsata*) и *Tropilaelaps thai* (паразит *Apis laboriosa* в Гималаях [9]). Из 4 известных видов рода *Tropilaelaps* только *T. mercedesae* и *T. clareae* достоверно поражают семьи *Apis mellifera*. Клещи *T. koenigerum* и *T. thai* до сегодняшнего времени на медоносной пчеле не обнаружены.

Потенциально клещ *Tropilaelaps* sp. может распространиться благодаря международной тор-

говле пчелопакетами, матками и продуктами пчеловодства по всем континентам с тропическим климатом и стать глобальной угрозой для медоносных пчел. В 1991 г. клещи зарегистрированы в Кении на медоносной пчеле *Apis mellifera scutellata* Африканской возвышенности, а также на пчелах в Новой Гвинее.

В 2021 г., по данным доктора сельскохозяйственных наук А.З. Брандорф, на некоторых пасеках Краснодарского края (Российская Федерация) обнаружили клещей рода *Tropilaelaps*. Данное заболевание выявлено в следующих субъектах РФ: Краснодарский край, Республика Адыгея, Воронежская, Ростовская, Оренбургская, Тюменская и Иркутская области, Карачаево-Черкесия, Башкортостан, Дагестан [10]. Сохраняется высокий риск проникновения клещей из северных провинций Китая на Дальний Восток, юг Сибири и Урала.

В 2023 г. на пасеке в Белогорском районе Крыма было установлено присутствие данного паразита [11]. Большая вероятность нахождения клеща в регионе Кавказа (в частности, в Осетии), в Украине и Молдове.

Ранее считалось, что тропилелапс не может паразитировать в регионах с длительным безрасплодным периодом у пчел. Это связано с тем, что ротовой аппарат клеща не в состоянии прокусывать хитин взрослой пчелы, поэтому питается он только на расплоде, а в его отсутствие может существовать не более 3 сут. (по другим данным – до 10 сут.). Исходя из этих особенностей паразита, никто не ожидал его появления в странах с умеренным климатом. Но его биология изучена еще недостаточно. Некоторые исследователи предполагают, что яйца, отложенные самкой в холодное время года, способны длительное время находиться в диапаузе. Другие выдвигают гипотезу о возможности имагинальной диапаузы в неблагоприятный для размножения клеща период. Эти вопросы требуют всестороннего изучения. Предполагается, что в ближайшие годы области с умеренным климатом, в которых *Apis mellifera* может иметь расплод круглый год, увеличатся по мере того, как более холодные регионы станут теплее из-за изменения климата [13].

Основным диагностическим признаком поражения пчелосемей клещом *Tropilaelaps* служит появление его вытянутых красно-коричневых особей, которые видны невооруженным глазом, на сотах или на пчелах.

Самки и самцы *Tropilaelaps* морфологически сходны. У взрослых особей идиосома полностью

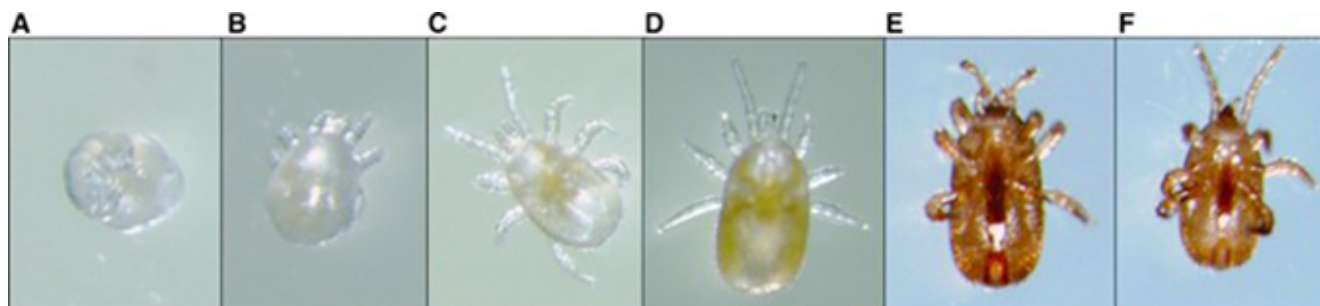


Рис. 1. Стадии развития клеща *T. mercedesae*: А – яйцо, В – личинка, С – протонимфа, D – дейтонимфа, Е – взрослая самка, F – взрослый самец. Фото K. Dongwon

покрыта дорсальным щитком красновато-коричневого цвета, с большим количеством коротких жестких щетинок. Ноги имеют амбулакры (аппарат фиксации на дистальном конце лапок, состоящий из перепончатого дистального членика и крючковидного коготка), которые позволяют прикрепляться к телу хозяина во время форезии или цепляться во время прекопуляции либо спаривания. С вентральной стороны находится анальная пластинка эллипсоидной формы, обрамляющая округлое анальное отверстие. Длинные и тонкие ноги, предположительно, выполняют сенсорную функцию [14]. Нимфальные стадии клеща отличаются белым цветом.

Тела клещей *Tropilaelaps* имеют удлинено-овальную форму, что способствует их высокой подвижности на сотах и между волосками пчел. Взрослые самки *T. mercedesae* крупнее по сравнению с самками *T. clareae*. Отличия между видами имеются в формах вершины эпигиниальных пластинок (от тупых до резко заостренных), а также сетчатых узорах как эпигиниальных, так и анальных пластинок.

Самцы обоих клещей *Tropilaelaps* имеют схожие характеристики: хелицеры зубчатые, подвижные и преобразованы в сперматодактиль (орган переноса спермы) со спиральными вершинами; анальные пластинки имеют прямоугольную форму [2, 9].

Исследование гнатосомных структур клещей *Tropilaelaps* показало, что их хелицеры являются рвущими органами, и, следовательно, для эффективного функционирования им требуется хозяин с мягким покровом [15].

Клещ развивается в запечатанных ячейках трутневого, пчелиного расплода и маточников. Цикл развития паразита составляет до 9 дней и заканчивается до того, как пчела выйдет из пчелиной ячейки [16]. Взрослые самки клещей покидают соты вместе с молодыми пчелами и свободно бродят по сотам для спаривания и поиска открытого расплода. Поло-

вой зрелости *Tropilaelaps* достигает через 2–3 дня после выхода из ячейки. Самки могут оплодотворяться несколько раз, тогда как самцы участвуют в процессе только один раз.

Оплодотворенная самка клеща откладывает на стенку ячейки с личинкой или куколкой пчелы по 1 яйцу в день. Всего самка способна произвести 3–4 яйца, из которых через 12 часов выходят личинки. В одну ячейку может зайти до 10 самок клеща.

Вышедшие из яиц личинки последовательно превращаются в протонимф, дейтонимф, нимф и половозрелых особей (рис. 1) примерно в течение недели. Средняя продолжительность отдельных стадий паразита на пчелином расплоде составляет: яйцо – 1,05 дня, личинка – 1,85, протонимфа – 2,11, дейтонимфа – 3,75 дня.

В одной ячейке можно обнаружить до 14 половозрелых клещей и 10 нимф. Насекомые на начальных стадиях развития и самцы, находящиеся в ячейке, после выхода молодых пчел погибают. Только нимфы и половозрелые клещи активны и питаются гемолимфой [16].

Питание личинками и куколками пчел вызывает недоразвитость расплода, смерть медоносных насекомых и последующее сокращение колонии или ее слет [17]. Инвазии клещей сопутствуют вирусные и бактериальные заражения – одна из причин гниения расплода (например, клещ переносит вирус деформации крыла). В результате поражения семей пчел клещами *Tropilaelaps* sp. наблюдается гибель личинок и куколок рабочих пчел и трутней, которых можно обнаружить около летков и на дне ульев. Расплод на соте располагается неравномерно, его количество постоянно уменьшается.

Личинки гибнут в период полного формирования, однако чаще они завершают свое развитие до взрослой пчелы, при этом тело такого насекомого бывает деформированным, крылья –

рудиментированы, конечности часто отсутствуют. У погибших личинок и куколок отмечают утрату блеска, изменение формы тела, некротические поражения ног и коготков, ротового аппарата. Часто обнаруживают погибших уродливых взрослых пчел – без ног, крыльев, с деформированными грудью и брюшком. Не способные к полету, они покидают улей и ползают по земле.

Возможно одновременное поражение пчел клещами *Tropilaelaps* и *Varroa*, течение болезни в этом случае наиболее тяжелое.

Гибель пчелосемьи может наступить в течение 3–4 месяцев с момента заражения. При поражении взрослых особей в 1,5–2% степень заклещенности расплода достигает 50–60%. Между ульями и пасеками клещ распространяется через блуждающих пчел и пчел-воровок, а также через миграцию трутней, роев и завоз маток. Клещи могут падать с тела рабочих пчел на цветы во время сбора нектара и пыльцы.

Инфестацию *Tropilaelaps* можно распознать либо визуально на пчелах, либо путем обследования восковой крошки в улье. Решетчатый расплод, наличие мертвых или уродливых неполовозрелых особей, в том числе с изуродованными крыльями, выявление быстро бегающих клещей на пчелиных сотах говорит о присутствии *T. clareae*. Диагностику на ранней стадии можно провести, открыв расплод и обнаружив там незрелых и взрослых клещей.

Основным способом постановки диагноза на тропилеласоз пчел считается обнаружение в материале от пчелиных семей клещей при морфологических исследованиях, при которых под микроскопом подтверждается их принадлежность к роду *Tropilaelaps* по идентификационным признакам в соответствии

с «Руководством по диагностическим тестам и вакцинам для наземных животных Всемирной организации здоровья животных» [17] (рис. 2А). Подтверждающее испытание можно провести также с помощью традиционной полимеразной цепной реакции и секвенирования.

В 2023 г. в лаборатории наземных беспозвоночных Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам были исследованы 3 образца сотов с запечатанным расплодом, доставленных из Абхазии (рис. 2Б).

В исследуемом материале нами были обнаружены различные виды клещей: *Tropilaelaps*, *Varroa*, *Melittiphis* и др. (рис. 3А). Представители рода *Tropilaelaps* были включены в коллекционные фонды лаборатории для использования в качестве положительного (эталонного) образца для дальнейшей идентификации при обследовании гнезд пчел (рис. 3Б).

Тропилелас наносит большой ущерб пчеловодству, особенно при совместном паразитировании с другим гамазовым клещом – *Varroa destructor*. Болезнь включена в Кодекс здоровья наземных животных Международного эпизоотического бюро [18]. Всемирная организация охраны здоровья животных (ВОАН) в настоящее время рекомендует ограничить торговлю продуктами пчеловодства от пчел, зараженных *Tropilaelaps*, поскольку это увеличивает возможность заноса вредителя на новые территории. Границы распространения данного паразита расширяются и могут достичь рубежей нашей страны в ближайшее время. В связи с этим по поручению департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь были разработаны ветеринарно-санитарные пра-



Рис. 2. А – изучение гнездового материала пчел с целью выявления паразитических видов и постановки диагноза; Б – образцы сотов медоносных пчел с запечатанным расплодом с частной пасеки, Абхазия, 2023 г.



Рис. 3. А – различные виды клещей, которые выявлены при изучении сот медоносных пчел из Абхазии (1 – *Varroa*, 2 – *Tropilaelaps*, 3 – *Melittiphis*); Б – самка клеща рода *Tropilaelaps*, вид снизу

вила профилактики, диагностики и ликвидации тропилелапсоза пчел, которые утверждены 22 августа 2023 г. постановлением данного министерства №104 [19].

В целях профилактики заноса и распространения тропилелапсоза владельцы пчел обязаны:

- осуществлять постоянный контроль состояния здоровья пчелиных семей, в том числе на наличие клеща;
- незамедлительно извещать государственную ветеринарную службу по месту нахождения пасеки о случаях массового заболевания или гибели пчел либо при подозрении на наличие заболевания тропилелапсозом пчел;
- комплектовать пасеки только здоровыми насекомыми из пасек, благополучных по заразным болезням пчел;
- реализацию пчелиных семей, пчелопакетов, маток производить после их осмотра специалистом в области ветеринарии и при наличии ветеринарного сертификата;
- не допускать использования ульев, ящиков для пчелопакетов, пчеловодческого инвентаря, специальной одежды, медогонок, тары под мед из других хозяйств без их предварительной дезинфекции и выдержки в недоступном для пчел месте в течение не менее 10 суток.

Для лабораторных исследований тропилелапсоза пчел от подозрительных в заражении пчелиных семей отбирают следующий материал:

- в зимний период – трупы пчел (не менее 100 особей от семьи) и сор со дна ульев (при наличии);
- весной – пчелиный или трутневый расплод на соте с нижнего края размерами 3x15 см (не менее) и при наличии – сор со дна ульев;
- летом и осенью – запечатанный расплод (пчелиный или трутневый) размером 3x15 см (не менее); при отсутствии расплода – 50–100 экземпляров живых внутриульевых пчел.

Сегодня складывается угрожающая эпизоотическая ситуация по тропилелапсозу в различных странах, что может повлечь гибель большого количества пчелиных семей и привести к дальнейшему распространению опасной патологии. Необходимо продолжить изучение биологии клещей *Tropilaelaps* с целью раскрытия и понимания механизмов их адаптации для последующей разработки эффективных методов профилактики и лечения данного заболевания. ■

Статья поступила в редакцию
02.04.2024 г.

■ **Summary.** Tropilaelapsosis of bees is a contagious disease of the brood of honey bees caused by mites of the genus *Tropilaelaps*. The tense epizootic situation regarding this disease in the Russian Federation and a number of other countries is considered as a potential threat of the introduction of this parasite into the territory of the Republic of Belarus. This article provides an overview of scientific research on the biology and morphology of the pathogen, its distribution, the clinical manifestation of the disease, pathogenesis and diagnostic methods. Requirements are given to prevent the spread of this disease.

■ **Keywords:** tropilaelapsosis of bees, epizootic situation, morphology of the pathogen, clinical manifestation of the disease, diagnostic methods, requirements to prevent spread.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2024-10-79-83>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гробов О. Ф. Клещи: паразиты пчел и вредители их продукции. — М., 1991.
2. Delfinado M. D., Baker E. W. *Tropilaelaps*, a new genus of mite from the Philippines (Laelapidae: Acarina) // *Fieldiana-Zoology*. 1961, №44. P. 53–56.
3. DeJong D., Morse R. A., Eickworth Q. C. Mite pests of honey bees // *Ann. Rev. Entomol.* 1982. Vol. 27. P. 229–252.
4. Laiq F. M., Morse R. A. The mite *Tropilaelaps clareae* in *Apis dorsata* colonies in the Philippines // *Bee World*. 1968. Vol. 49, №3. P. 116–118.
5. Bharadwaj R. A. A new record of the mite *Tropilaelaps clareae* from *Apis dorsata* colonies // *Bee World*. 1968. Vol. 49, №3. P. 115.
6. Акимов И. А., Ястребцов А. В. Сравнительно-морфологические особенности клеща *Tropilaelaps clareae* (Laelaptidae) – паразита медоносной пчелы // *Паразитология*. Вып. 1, 1990. С. 73–80.
7. Delfinado-Baker M. D., Styer W. E. Mites of honey bees as seen by scanning electron microscope // *Am. Bee J.* 1983. Vol. 123, №11. P. 812–813.
8. Delfinado-Baker M. & Baker E. W. A new species of *Tropilaelaps* parasitic on honey bees // *Am. Bee J.* 1982. Vol. 122. P. 416–417.
9. Anderson D. L., Morgan M. J. Genetic and morphological variation of bee parasitic *Tropilaelaps* mites (Acari: Laelapidae): new and re-defined species // *Exp. Appl. Acarol.* 2007, №43. P. 1–24.
10. Брандорф А. З., Сохликов А. Б. Тропилелапсоз пчел – новая угроза российскому пчеловодству // *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2023. №2 (46). С. 217–226.
11. Хохлова О. И. Зараженность *Apis mellifera* эктопаразитами *Varroa destructor* и *Tropilaelaps* в Крыму // *Интернаука*. 2023. №42 (312). Ч. 2. С. 17–19.
12. Le Conte Y., Navajas M. Climate change: impact on honey bee populations and diseases // *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 2008. Vol. 27 (2). P. 499–510.
13. Delfinado-Baker M., Rath W., Boecking O. Phoretic bee mites and honeybee grooming behavior // *Int. J. Acarol.* 1992. №18. P. 315–322.
14. Koeniger N., Muzaffar N. Life-span of the parasitic honeybee mite, *Tropilaelaps clareae*, on *Apis cerana*, *Apis dorsata* and *Apis mellifera* // *J. Apic. Res.* 1988. №27. P. 207–212.
15. Lilia I. de Guzman, Geoffrey R. Williams, Kitiphong Khongphinitbunjong, and Panuwan Chantawannakul. Ecology, Life History, and Management of *Tropilaelaps* Mites // *Journal of Economic Entomology*. 2017. №110 (2). P. 319–332.
16. Atwal A. S., Goyal N. P. Infection of honey bee colonies with *Tropilaelaps* and its control // *J. Apic. Res.* 1971. №10. P. 137–142.
17. Руководство по стандартам диагностических тестов и вакцин для наземных животных ВОЗЖ // *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. 2021. Глава 3.2.6. // <https://rr-europe.woah.org/app/uploads/2021/08/3-2-6.pdf>.
18. Кодекс здоровья наземных животных МЭБ // https://rr-europe.woah.org/wp-content/uploads/2020/06/terrestrial-code_vol-2-2019_ru.pdf.
19. Ветеринарно-санитарные правила профилактики, диагностики и ликвидации тропилелапсоза пчел // <http://www.mshp.gov.by/printv/ru/technical-acts-ru/view/veterinarno-sanitarnye-pravila-profilaktiki-dagnostiki-i-likvidatsii-tropilapsoza-pchel-9111/>.

Gordey Gusakov, Liliya Yonchik

Food landscape of the meat and milk market4

There are analyzed the trends in the meat and milk world and Belarus' market development.

*Natalia Zhabanos, Natalia Furik, Elena Biryuk,
Tamara Savelyeva*

Applied biotechnology: from fundamental research to industrial technologies12

The authors formulated the current research directions in industrial biotechnology of the starter cultures, and presented the most important results obtained whilst implementing state programs of scientific and applied research.

*Svetlana Gordynets, Ekaterina Bessalova, Elena Stepanova,
Victoria Napreenko*

Functional and specialized products: an overview of innovations19

There were studied the functional and specialized products, and their production in Belarus has been justified.

Svetlana Gordynets, Victoria Napreenko, Elena Stepanova

Revival of the Golden Fleece25

The authors considered the development of sheep breeding in the Republic of Belarus, presented the breed composition of sheep in the country's farms, and justified the use of lamb to expand the range of meat products.

*Lilia Chernyavskaya, Olga Khodoreva, Elena Voitekhovich,
Olga Sotchenko*

Standardization on guard of quality and safety32

The authors considered the interstate and state standards of the Republic of Belarus, establishing requirements for dairy and meat products, as well as products of the poultry processing industry.

Gordey Gusakov, Irina Kaltovich

3D printing in the food industry37

There have been presented the research results on the development of dry meat mixtures and emulsions production technologies using 3D printer, as well as natural high-quality meat products based on them.

Valery Bainev, Nikolay Zenchuk

Cost-effective approach to the analysis and management of socio-economic process technological quality43

Based on the analysis of technological quality of socio-economic processes, a cost-effective methodology for its definition was proposed, calculations were carried out for production, consumption, export and import processes in several countries of the world, including the Republic of Belarus.

Nadezhda Batova

In the green transformation of the economy48

The author studied the essence and types of ecological innovations, technological changes in traditional sectors of economy, as well as new concepts and areas arising from the green technologies. Analysis of the Belarus' national innovation policy in this sphere was made, development priorities were determined.

Kirill Rudy

A look at the economic effects of AI within the framework of the state development strategy in Belarus54

The author analyzed the problem issues of AI economic effects within the framework of the state development strategy, digital public services, and business activities.

Galina Golovenchik, Xue Qianwen

Assessing the development level of smart cities in China60

The authors presented the methodology for assessing the development level of smart cities in China, based on ranking three approaches that allowed to identify promising areas for their sustainable development.

Tatiana Moiseenko

Emotional burnout syndrome in IT specialists69

The article presents the research results showing a high level of emotional burnout among Belarusian IT specialists. Recommendations aimed at preventing this condition are given.

*Yuri Kurochkin, Vladimir Kabanov, Sergey Andrukhovich,
Alexander Naumenko, Dmitry Shelkovy, Evgeny Saprunov,
Leonid Bliznyuk*

Autonomous submersible gamma-spectrometers NaI(Tl) and SrI₂(Eu²⁺)73

The article describes the stages of work on the autonomous submersible gamma-spectrometers for long-term underwater radiation monitoring.

Maxim Chernik, Oleg Prishchepchik

Tropilelapsosis of bees as a potential threat to Belarusian beekeeping79

The article provides data on clinical manifestations and diagnostic methods of tropilelapsosis of bees which is a contagious disease of honey bee brood caused by a mite of the genus *Tropilaelaps*, as well as recommendations for preventing the spread of the disease in the country.

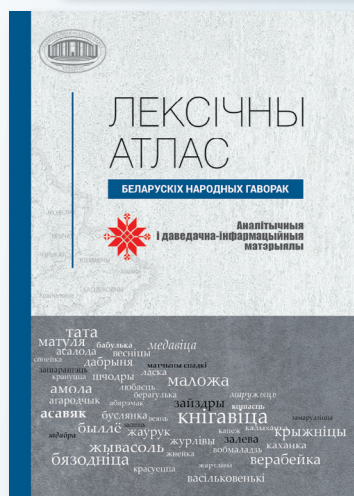


Добрая прыказка як да мяшка прывязка : беларускія народныя прыказкі з рускімі і англійскімі адпаведнікамі : іл. выд. / уклад.: В. У. Корсак, З. Ф. Санько ; навук. рэд. А. І. Лакотка ; іл.: Л. Л. і Н. Л. Чырвонцавых, К.-В. Ю. Герасіменка. – Мінск : Беларуская навука, 2024. – 187 с. – (Фальклорныя скарбы Беларусі).

ISBN 978-985-08-3193-4.

У альбоме сабраны як папулярныя, так і больш рэдкія беларускія прыказкі, якія ў сціслай вытанчанай форме выражаюць і захоўваюць шматвяковы гаспадарчы і жыццёвы вопыт народа, яго назіранні і веды, яго філасофію, педагогічныя погляды і правілы. Да кожнай падабраныя рускія і англійскія адпаведнікі, якія дэманструюць універсальнае і спецыфічнае ў кожнай з моў. Тэксты ілюстраваныя адметным відам беларускага народнага мастацтва – выцінанкамі.

Адрасавана шырокаму колу чытачоў.



Лексічны атлас беларускіх народных гаворак: аналітычныя і даведачна-інфармацыйныя матэрыялы / Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр даслед. беларус. культуры, мовы і літ., Ін-т мовазнаўства імя Якуба Коласа ; уклад., манаграф. раздзел і інш.: В. М. Курцова. – Мінск : Беларуская навука, 2024. – 573 с.

ISBN 978-985-08-3191-0.

«Лексічны атлас беларускіх народных гаворак: аналітычныя і даведачна-інфармацыйныя матэрыялы» – гэта комплексная навукова-інтэрпрэтацыйная і даведачна-інфармацыйная праца, падрыхтаваная на аснове пяцітомнага лінгвагеаграфічнага даследавання, якое было надрукавана ў 1993–1998 гг. Яна складаецца з бібліяграфічнай часткі, матэрыялы якой прысвечаны асвятленню ролі лаўрэатаў Дзяржаўнай прэміі Рэспублікі Беларусь у стварэнні «Лексічнага атласа беларускіх народных гаворак» (ЛАБНГ), манаграфічнага раздзела пра лексічны атлас – гісторыю яго стварэння, структуру, тыпы лінгвагеаграфічных карт і іх асаблівасці, з індэкса слоў, зафіксаваных у пяці тамах атласа, і розных даведачных матэрыялаў – спісаў карт, лексічнага апытальніка, даведачных матэрыялаў аб населеных пунктах, ці сетцы ЛАБНГ, аб правядзенні дыялекталагічных экспедыцый і інш.

Выданне робіць істотны ўклад у тэорыю і практыку лінгвагеаграфічных даследаванняў і будзе цікавым для шырокага кола лінгвістаў. Праца разлічана на даследчыкаў, выкладчыкаў усходнеславянскіх моў, славістаў, а таксама фалькларыстаў, этнографаў, аматараў роднай мовы.



Финансовое стимулирование экономики Республики Беларусь с учетом опыта КНР / А. И. Лученок [и др.] ; под общ. ред. А. И. Лученка ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 372 с. – (Белорусская экономическая школа).

ISBN 978-985-08-3189-7.

В монографии изложены результаты анализа практики финансового стимулирования китайской экономики для ускорения темпов экономического роста. Определена специфика финансового стимулирования в КНР и оценены перспективы использования этой практики в Республике Беларусь. Даны рекомендации по использованию китайских финансовых инструментов применительно к условиям белорусской экономической модели.

Рассчитана на специалистов органов государственного управления, научных работников, преподавателей вузов, аспирантов, магистрантов и студентов.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу

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

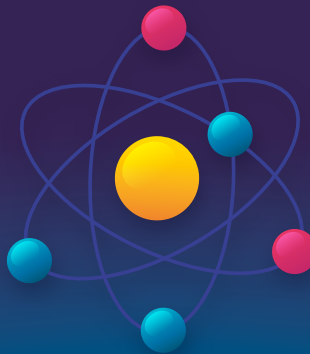
принимает заказы на печать

- бланки формата А₅, А₄, А₃
 - грамоты ● дипломы
 - канцелярские книги
 - блокноты ● блоки для записей
 - календари ● буклеты
 - проспекты (с разработкой дизайна)
- тираж от 1 экземпляра*

Получить информацию об изданиях и оформить заказ можно по телефонам:

**+375 (17) 396-83-27,
370-64-17, 320-33-74.**

**Адрес: ул. Ф. Скорины, 40,
220084, г. Минск,
Республика Беларусь;
e-mail: belnauka@mail.ru;
сайт: www.belnauka.by**



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



www.innosfera.by

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

e-mail: nii2003@mail.ru



научно-практический журнал
Наука
И ИННОВАЦИИ

