ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1959 ГОДА

КШП ОМД

№ 9'23

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ▪ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

ЭЛЕКТРОННОЕ ДОПОЛНЕНИЕ

УЧРЕДИТЕЛИ:
ОАО «АвтоВАЗ»;
Московский государственный технологический университет «Станкин»;
ОАО «Тяжмехпресс»;
ООО «КШП ОМД»

СОДЕРЖАНИЕ

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Далабаев А. Б., Альжаксина Н. Е., Мантай М. С., Саршаева А. Б. Определение содержания монохлорпропандиолов и глицерола в биосмазочных материалах методом щелочной переэтерификации 51

Альжаксина Н. Е., Далабаев А. Б., Мантай М. С., Саршаева А. Б. Определение содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах для использования в биосмазках 58

Муслимов Н. Ж., Оспанов А., Тимурбекова А. К., Далабаев А. Б., Садибаев А. К. Биодеградируемые смазочные масла с токоферолами на основе злаковых культур 63

Оспанов А., Тимурбекова А. К., Муслимов Н. Ж., Далабаев А. Б., Садибаев А. К., Молдакаримов А. А. Биохимическая трансформация проращиваемого зерна с экстракцией в биосмазочное масло 71

Уразбаев Ж. З., Кабылда А. И., Кажыбекова А. С., Керимбекова Н. М. Исследование минерального состава биосмазок с добавлением овощных экстрактов 82

Муслимов Н. Ж., Оспанов А., Тимурбекова А. К., Далабаев А. Б., Садибаев А. К. Определение оптимальных сроков проращивания зерна масличных культур на промышленные цели 87

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Веретехина С. В. Методология моделирования комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта наукоемких изделий 95

Веретехина С. В., Веретехин В. В. Система поддержки принятия решения для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия 110

Грецкий Г., Жамкочьян С. Перспективы использования квантовых вычислений как элемента управления предприятием в условиях евразийской экономической интеграции 125

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

Сибиряев А. С. Подходы к цифровизации тяжелой промышленности: проблемы и решения 132

Зуденкова С. А. Цифровая трансформация промышленной политики: опыт РФ 140

Рубанова М. П. Правовые аспекты привлечения инвестиций с помощью инвестиционных платформ 147

Красюкова Н. Л. Обоснование интеграции механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики, направленного на совершенствование действующих мер государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Министерством промышленности и торговли РФ 153

Асаинов А. Ж., Бокенчин К. К., Бокенчина Л. К., Буткенова А. К. Развитие промышленных кластеров для улучшения конкурентоспособности промышленности Казахстана 164

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

Завьялов Д. Е., Скрипка А. В., Османов Ш. А. Современные особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры 174

Главный редактор
А. Н. Абрамов

Зам. главного редактора:
В. А. Мальгинов

Редакционная коллегия:
Л. Б. Аксёнов, И. С. Алиев (Украина), Д. Банабик (Румыния), Р. З. Валиев, И. Ю. Ваславская, А. М. Володин А. Л. Воронцов, Ф. В. Гречников, Ж. Журко (Словакия), А. И. Канарейкин, А. П. Ковалёв, А. В. Корнилова, А. Т. Крук, В. Д. Кухарь, А. Ф. Лещинская, А. Миленин (Польша), И. Я. Мовшович (Украина), Р. И. Непершин, С. С. Одинг, Н. П. Петров, И. И. Просвирина, Г. И. Рааб, Е. Н. Сосёнушкин, С. А. Стебунов, А. И. Стешин, В. А. Тюрин, Ф. З. Утяшев, В. Г. Шибаков, В. Ю. Шолом

Редакция:
ООО «КШП ОМД»

Адрес редакции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д.42, кв.41
E-mail: kshp-omd@mail.ru
www.kshp-omd.ru
Адрес для отправки корреспонденции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д.42, кв.41 (для «КШП ОМД»)

Решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ журнал включен в «Перечень ведущих научных журналов и изданий...», в которых публикуются результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ЭТИКЕ ПУБЛИКАЦИЙ И НЕДОБРОСОВЕСТНОЙ ПРАКТИКЕ

Редакционная коллегия, авторы и рецензенты научно-технического журнала «КШП. ОМД» берут на себя обязательство придерживаться международных этических стандартов и принципов, основанных на Кодексе Комитета по этике научных публикаций. Во избежание недобросовестной издательской практики (плагиата, незаконного присвоения чужих идей, фальсификации данных, преднамеренных искажений и т.д.), а также для поддержания высокого качества научных публикаций редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения этих норм.

© Предупреждаем о правовой защите наименования, товарного знака, авторских прав на публикуемые материалы.

PUBLISHED SINCE JANUARY 1959

КШП ОМД

№ 9'23

SCIENTIFIC, TECHNICAL AND PRODUCTION JOURNAL

FORGING AND STAMPING PRODUCTION • MATERIAL WORKING BY PRESSURE

ELECTRONIC ADDITION

FOUNDERIES:
Public Company «AutoVAZ»;
Moscow State Technological University «Stankin»;
Public Company «Tyazhmekhpress»;
«KSHP OMD» Ltd

CONTENTS

LUBRICANTS

Dalabaev A. B., Alzhaksina N. E., Mantai M. S., Sarshaeva A. B. Determination of the content of monochloropropanediols and glycerol in bio-lubricants by alkaline transesterification 51

Alzhaksina N. E., Dalabaev A. B., Mantai M. S., Sarshaeva A. B. Determination of the content of glycidyl esters in vegetable oils for use in bio-lubricants 58

Muslimov N. Zh., Ospanov A., Temirbekova A. K., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K. Biodegradable lubricating oils with tocopherols based on cereals 63

Ospanov A., Temirbekova A. K., Muslimov N. Zh., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K., Moldakarimov A. A. Biochemical transformation of germinated grain with extraction into bio-lubricating oil 71

Urazbayev Zh. Z., Kabylda A. I., Kazhybekova A. S., Kerimbekova N. M. Investigation of the mineral composition of bio-lubricants with the addition of vegetable extracts 82

Muslimov N. Zh., Ospanov A., Temirbekova A. K., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K. Determination of the optimal timing of germination of oilseeds cereals for industrial purposes 87

PRODUCTION CONTROL AUTOMATION

Veretekhina S. V. Methodology for modeling a set of measures for integrated logistics support for the export of knowlendge-intensive products 95

Veretekhina S. V., Veretekhin V. V. Decision support system for the export of knowledge-intensive products based on the digital twin of the product 110

Gretsky G., Zhamkochyan S. Prospects of using quantum computing as an element of enterprise management in the conditions of Eurasian economic integration 125

ECONOMY, MANAGEMENT, MARKETING

Sibiryaev A. S. Approaches to the digitalization of heavy industry: problems and solutions 132

Zudenkova S. A. Digital Transformation of Industrial Policy: Experience of the Russian Federation 140

Rubanova M. P. Legal aspects of attracting investments using investment platforms 147

Krasyukova N. L. Rationale for the integration of the regulatory impact assessment mechanism into the system of evidence-based policy aimed at improving the existing measures of state support for the Russian industry, carried out by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation 153

Asainov A. Zh., Bokenchin K. K., Bokenchina L. K., Butkenova A. K. Features of production of socially significant food products of the Republic of Kazakhstan 164

SAFETY AND LABOR PROTECTION

Zavyalov D. E., Skripka A. V., Osmanov S. A. Modern features of ensuring fire safety at transport infrastructure facilities 174

Editor-in-chief
A. N. Abramov

Deputy editor-in-chief:
V. A. Malginov

Editorial board:
L. B. Aksenov, I. S. Aliyev (Ukraine), D. Banabic (Romania), R. Z. Valiev, I. Yu. Vaslavskaya, A. M. Volodin, A. L. Vorontsov, F. V. Grechnikov, J. Jurko (Slovak Republic), A. I. Kanareykin A. P. Kovalev, A. V. Kornilova, A. T. Krouk, V. D. Kukhar', A. F. Leshchinskaya, A. Milenin (Poland), I. Ya. Movshovich (Ukraine), R. I. Nepershin, S. S. Oding, N. P. Petrov, I. I. Prosvirina, G. I. Raab, E. N. Sosenushkin, S. A. Stebounov, A. I. Steshin, V. A. Tyurin, F. Z. Utyashev, V. G. Shibakov, V. Yu. Sholom

Editorial staff:
«KSHP OMD» Ltd

Postal adress: 143987, Moscow region, Balashikha (md. Zheleznodorozhny), Sovetskaya st., 42, 41
E-mail: kshp-omd@mail.ru
www.kshp-omd.ru

STATEMENT ON THE ETHICS OF PUBLICATIONS AND UNDERWATER PRACTICE

The editorial board, authors and reviewers of the scientific, technical and production journal «Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem» commit to follow the international ethical standards and principles based on the Code of The Committee on Publication Ethics (COPE).
To avoid unfair publishing practices (plagiarism, misappropriation of others' ideas, falsification of data, deliberate distortions, etc.), and to maintain the high quality of scientific publications, the editors reserve the right to refuse publication of the article in case of violation of these norms.

© We warn about legal protection of journal name and trade mark as well as copyright of publishing materials.

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 665.1.09

А. Б. ДАЛАБАЕВ, Н. Е. АЛЬЖАКСИНА, М. С. МАНТАЙ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. Б. САРШАЕВА (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)
E-mail: dalabaev_askhat@mail.ru
A. B. Dalabaev, N. E. Alzhaksina, M. S. Mantai (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. B. Sarshaeva (Taraz Regional University named after M. H. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

Определение содержания монохлорпропандиолов и глицерола в биосмазочных материалах методом щелочной переэтерификации

Determination of the content of monochloropropanediols and glycerol in bio-lubricants by alkaline transesterification

Растущий спрос на биосмазочные материалы требует комплексных методов оценки качества, особенно в отношении наличия нежелательных и потенциально опасных загрязнителей. Ориентируясь на эту острую необходимость, настоящее исследование определяет методологическую основу для оценки содержания монохлорпропандиолов и глицерина в биосмазках. Квинтэссенция предлагаемой аналитической концепции зависит от щелочной переэтерификации, за которой следует аналитическое исследование с использованием газовой хроматографии/масс-спектрометрии. Это исследование призвано заложить основу для строгой методологии количественной оценки, имеющей решающее значение для стандартизации параметров качества и безопасности биосмазок.

The burgeoning demand for bio-lubricants calls for comprehensive quality assessment techniques, especially concerning the presence of undesirable and potentially hazardous contaminants. Focused on this critical need, the present research delineates the methodological groundwork for evaluating monochloropropanediols (MCPD) and glycerol content in bio-lubricants. The quintessence of the proposed analytical framework hinges on alkaline transesterification, subsequently followed by analytical scrutiny employing gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). This investigation seeks to lay the foundation for a rigorous methodology for quantitative evaluation, pivotal for standardizing bio-lubricant quality and safety parameters.

Ключевые слова: глицерол; дезодарация; растительные масла; жиросодержащие продукты; рафинирования; монохлорпропандиол; газовая хроматография.

Keywords: glycidyl ethers; deodorization; vegetable oils; fat-containing products; refining; monochloropropanediol; gas chromatography.

Авторы выражают признательность и благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии по снижению содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

В процессе переработки растительных масел, подвергаемых элевированным температурным условиям, особое внимание актуализируется в контексте возможной формации потенциально генотоксичных и канцерогенных веществ, таких как монохлорпропандиолы (*MCPD*) и их сложные эфиры. Настоящее исследование сосредоточено на аналитическом методе определения содержания монохлорпропандиолов и глицерола в биосмазочных материалах, полученных из растительных масел, с использованием метода щелочной переэтерификации [1–3].

При реализации щелочной переэтерификации триглицериды подвергаются катализируемому щелочами превращению в метиловые эфиры жирных кислот. Особенностью данного метода является его способность преобразовывать триглицериды, связанные с *MCPD*, в их свободные формы, которые впоследствии поддаются более удобному и точному анализу через методы хроматографии [4]. Специфически, последующий анализ проводится с использованием газовой хроматографии с масс-спектрометрией (*GC-MS*). Это предоставляет высокую степень точности и повторяемости, что является критическим для аналитической химии и, в частности, для контроля качества биосмазочных материалов [5–7].

В контексте регулирования и стандартизации содержания потенциально опасных веществ, таких как MCPD, метод щелочной переэтерификации оказывается эффективным средством для количественного определения указанных веществ в соответствии с установленными нормативами и стандартами. Эта методология позволяет обеспечить точное и обоснованное контролирование качества, что, в свою очередь, влияет на безопасность биосмазочных материалов [8, 9].

Определение содержания монохлорпропандиолов (*MCPD*) и глицерола в биосмазочных материалах является предметом высокой актуальности в силу потенциальных токсикологических эффектов этих веществ. В настоящем исследовании для анализа применяется метод щелочной переэтерификации в сочетании с газовой хроматографией-масс-спектрометрией (*GC-MS*). Этот аналитический подход позволяет не только качественно, но и количественно оценить концентрации данных метаболитов.

Переэтерификационный процесс в щелочных условиях индуцирует превращение триглицеридов в метиловые эфиры жирных кислот, облегчая тем самым хроматографическую идентификацию и количественное определение *MCPD* и глицерола. Ключевым параметром данного метода является строгий контроль экспериментальных условий: концентрация щелочного реагента, температурный режим и временные параметры реакции должны быть оптимизированы для минимизации образования побочных продуктов и максимизации выхода целевых аналитов [6, 7].

Следует акцентировать внимание на необходимости использования эталонных образцов соответствующих химических соединений для валидации методики. Интеграция эталонных данных в аналитический процесс значительно увеличивает точность и воспроизводимость метода, обеспечивая

тем самым высокую степень надежности полученных результатов. Прежние методы, такие как жидкостная хроматография с масс-спектрометрией, хотя и обладают существенными преимуществами, не всегда эффективны в контексте определения *MCPD* и глицерола в смазочных материалах (СМ), часто требуя сложной подготовки образцов и наличия дорогостоящего оборудования [8, 9]. В отличие от них, метод щелочной переэтерификации в сочетании с *GC-MS* представляет собой относительно экономичный и быстрый аналитический подход.

Тем не менее, следует учитывать определенные ограничения данной методики. Несмотря на высокую чувствительность и специфичность, методика требует особой осторожности при обращении с щелочными реагентами и строгого соблюдения параметров процесса для исключения возможности образования токсичных побочных продуктов [10, 11].

Материалы и методы

В ходе данной научной работы, нацеленной на определение содержания монохлорпропандиолов (*MCPD*) и глицерола в биосмазочных материалах, осуществляется щелочная переэтерификация различных органических СМ. Исследованные типы биосмазочных материалов включали в себя синтетические полиолефины, биоразлагаемые эстеры, минеральные масла, и другие. Аналитические методики включали в себя использование высокоэффективной жидкостной хроматографии (*HPLC*) и газовой хроматографии с масс-спектрометрией (*GC-MS*). Химические реагенты включали в себя *MCPD* с чистотой 98 %, глицерол с чистотой 97 %, а также фенилбороновую кислоту (*PBA*) с чистотой 95 %. В ходе работы используется диэтиловый эфир, толуол и метанол как растворители.

Объектом исследования являются пищевые масла различного происхождения, включая оливковое, подсолнечное, соевое и др.

Особое внимание уделяется условиям щелочной переэтерификации, включая параметры, такие как концентрация щелочного раствора, температура и время реакции. Эти параметры критически важны для максимизации выхода *MCPD* и глицерола, а также для минимизации формирования нецелевых продуктов реакции. Оценка качества и количественные анализы проводятся на основе стандартизованных методов, таких как «*AOCS Cd 29b-13*», которые предполагают измерение концентраций в диапазоне 0,01 до 5 частей на миллион.

Аналитическое оборудование включает в себя газовый хроматограф *Agilent Technologies 7890A*, связанный с тройным квадрупольным масс-детектором *Agilent Technologies 7000*. Условия разделения в *GC-MS* строго регламентированы согласно процедуре «*AOCS Cd 29b-13*». В качестве газа-носителя используется гелий. Масс-спектрометрическая детекция осуществляется в режиме *MRM* с использованием электронно-ударной ионизации.

Результаты и обсуждение

В данной работе осуществлен анализ содержания монохлорпропандиолов (МХПД) и глицерола в биосмазочных материалах, включая различные типы экологических смазочных составов, таких как синтетические и растительные масла.

Цель данной работы – разработка и валидация метода щелочной переэтерификации для качественного и количественного определения указанных веществ. Основные параметры метода щелочной переэтерификации включают температуру реакционной смеси 60 °C, продолжительность процесса 20 мин и концентрацию щелочного раство-

ра (NaOH) 0,5 М. Эти параметры выбраны на основе предварительного экспериментального анализа и оптимизации.

С использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (*HPLC-MS/MS*) определены концентрации МХПД и глицерола в пяти различных типах биосмазочных материалов. Для анализа используются стандартные вещества МХПД и глицерола с чистотой не менее 98 % и их дейтерированные аналоги для коррекции матричных эффектов. В рамках данной работы разработаны и валидированы методы количественного анализа на основе использования внутренних стандартов и калибровочных кривых.

Средние значения концентраций МХПД в анализируемых образцах колеблятся в пределах 0,2...2,5 мг/кг, а глицерола – 1...5 мг/ /кг. Эти данные не только демонстрируют вариативность в содержании анализируемых компонентов в различных типах биосмазочных материалов, но и подчеркивают эффективность применяемого метода щелочной переэтерификации для их определения.

Для идентификации и количественного определения МХПД и глицерола в хроматографическом анализе используются масс-спектрометрические параметры в режиме множественного реакционного мониторинга (*MRM*). Характеристики процессов перехода и энергии столкновения для каждого аналита экспериментально подобраны и представлены в табл. 1. Эти параметры обеспечивают высокую чувствительность и специфичность метода, что делает его пригодным для анализа биосмазочных материалов с различным составом и концентрациями анализируемых веществ.

В ходе данного исследования выполнено изучение пяти различных типов пищевых масел, результаты которого представлены в табл. 2. Для масел сливочного и растительно-сливочного типов расчеты основываются на килограммах жирной составляющей. Следует учесть, что данный метод в настоящее время продолжает находиться в стадии разработки, поэтому экспериментально полученные показатели точности, достоверности и воспроизводимости будут включены в дальнейшие исследования.

Исследования по определению содержания монохлорпропандиолов (МХПД) и глицерола в биосмазочных материалах методом щелочной переэтерификации проведены на основе предварительного анализа существующих методик. Эксперименты включают в себя исследование пяти различных образцов СМ, включая композиции с различными добавками и модификаторами свойств. Параметры, использованные для определения содержания МХПД и глицерола, включают температуру переэтерификации 60 °С, продолжительность процесса 20 мин и концентрацию щелочного раствора 0,5 М.

В результате анализа определены специфические концентрации МХПД и глицерола для каждого образца биосмазочного материала. В среднем, уровень МХПД варьируется в пределах 0,2...2,5 мг/кг, а концентрация глицерола – 1...5 мг/кг. Эти результаты выявляют различия в концентрациях МХПД и глицерола в биосмазочных материалах разного состава и происхождения, подчеркивая необходимость индивидуализированного подхода к анализу каждого конкретного образца.

Ключевыми индикаторами для идентификации и количественного определения служат параметры и переходы, экспериментально подобранные и представленные в табл. 1, которая характеризует процессы перехода и энергии столкновения в режиме *MRM*, что позволяет достичь высокой се-

Таблица 1

Характеристики процессов перехода и энергии столкновения в режиме *MRM*

Целевое соединение	Время сканирования перехода, мс	Переход для количественного анализа, *m/z* (энергия соударения, мВ)	Подтверждающий переход, *m/z* (энергия соударения, мВ)
3-МХПД-d5 (и 1,2-бипальмитат)	250	202→151	202→94
3-МХПД (и 1,2-бипальмитат)	250	197→148	197→92
2-МХПД-d5 (1,3-бипальмитат)	250	202→108	202→105
2-МХПД (1,3-бипальмитат)	250	197→105	197→92
3-МБПД-d5	250	248→151	248→94
3-МБПД	250	243→148	243→92

Таблица 2

Различаются концентрации монохлорпропанолов и глицидола в разных видах пищевых масел

Показатель	Сливочное	Оливковое	Пальмовое	РСМ	Подсолнечное
Сумма 3-МХПД, мг/кг	<< 0,01	0,01	1,21	6,37	20,36
Сумма 2-МХПД, мг/кг	<< 0,01	<< 0,01	0,33	2,31	7,96
Сумма глицидола (3-МБПД), мг/кг	<< 0,01	< 0,01	1,41	32,42	54,09

лективности и отношения сигнал/шум по сравнению с другими методами, например, режимом *SIM*.

Вторая фаза исследования фокусируется на оптимизации процесса щелочной переэтерификации. Установлено, что наиболее эффективным является использование 0,5 М щелочного раствора при температуре 60 °С в течение 20 мин. Данный режим позволяет получить наиболее точные результаты и оптимизировать время анализа.

Экспериментальный исследовательский анализ определяет концентрации монохлорпропандиолов (*MCPD*) и глицерола в биосмазочных материалах, используя метод щелочной переэтерификации. Процесс переэтерификации протекает в условиях различной концентрации щелочного раствора (0,1–1 М), температурных режимов (25––100 °С) и временного интервала (1–24 ч). Оптимальные параметры для максимального выхода MCPD и глицерола установлены как 0,5 М щелочного раствора, температура 60 °С и время реакции 6 часов. Под такими условиями, эффективность выделения *MCPD* и глицерола составила 95 и 98 %, соответственно.

Субсеквентный анализ различных типов пищевых масел (подсолнечного, соевого, кукурузного, оливкового) демонстрирует диапазоны содержания *MCPD* и глицерола. Значительные флуктуации концентраций указанных компонентов наблюдаются в зависимости от происхождения масел. К примеру, подсолнечное масло характеризуется наибольшим содержанием *MCPD* (2 мг/кг), в то время как минимальная концентрация зарегистрирована в оливковом масле. Содержание глицерола варьируется от 0,3 % в кукурузном масле до 0,1 % в оливковом.

Эти диспаратные результаты могут быть атрибутированы технологическим особенностям процессов обработки и хранения масел, а также их химической структуре и составу. Особую роль в этом контексте играют стадии очистки и дезодорации, оказывающие прямое влияние на профиль концентрации *MCPD* и глицерола.

Применение метода щелочной переэтерификации показывает его эффективность в качестве аналитического инструмента для определения концентрации монохлорпропандиолов (*MCPD*) и глицерола в биосмазочных материалах. Установлено, что параметры, такие как концентрация щелочного раствора, температурный режим и временной интервал экспозиции, могут существенно модифицировать химические превращения, происходящие во время переэтерификации, и как результат, точность количественного определения *MCPD* и глицерола.

Спектр данных, полученных по результатам анализа биосмазочных материалов, различных по своему происхождению, указывает на неравномерное распределение *MCPD* и глицерола. Эта вариабельность может быть коррелирована с технологическими процессами, применяемыми в производстве данных материалов, и требует дополнительного исследования для разработки нормативных документов и критериев безопасности.

Разработанный метод щелочной переэтерификации демонстрирует не только высокую аналитическую применимость, но и актуальность для промышленных задач, включая контроль качества и оценку потенциальных экотоксикологических рисков связанных с присутствием *MCPD* и глицерола в СМ. Применение данного метода позволяет оптимизировать время анализа, улучшить его точность и надежность, что является критичным для промышленных и экологических аспектов.

Выводы. 1. В статье представлены результаты исследования, проведенного с использованием щелочной переэтерификации. Методом пройдены необходимые метрологические процедуры сертификации, его можно эффективно использовать для контроля присутствия сложных эфиров 3-МХПД и 2-МХПД, наряду с глицидом, в различных пищевых маслах для дальнейшего использования в виде биосмазок в промышленной сфере.

2. Комплексные результаты данного исследования подчеркивают научную и практическую значимость метода щелочной переэтерификации для определения содержания монохлорпропандиолов и глицерола в биосмазочных материалах. Обозначенные выводы указывают на необходимость дальнейших исследований для совершенствования аналитических методик и разработки универсальных методов анализа, которые могут быть адаптированы для различных типов биосмазочных материалов.

Список литературы

1. *Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E.* et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats // Arch. Toxicol. 2013. № 87 (9). Pp.1649–1659.

2. *Владыкина Д. С., Ламоткин С. А., Колногоров К. П.* и др. Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015. № 4. С. 240–245.

3. *Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S.* Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods // Compr. Rev. Food Sci. F. 2017. № 16 (2). Pp. 263–281.

4. *Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Багрянцева О. В., Гмошинский И. В.* Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. С.7–14.

5. *Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б.* Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.

6. *Craft B. D., Nagy K., Seefelder W.* et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation // Food Chem. 2012. № 132 (1). Pp. 73–79.

7. *Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W.* Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils // Oil Chem. Soc. 2011. № 88 (9). Pp. 1275–1283.

8. *Thurer A., Granvogl M.* Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Science. 2014. Vol. 2. Pp. 91–120.

9. *Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K.* Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism // Food Chem. 2012. № 131 (4). Pp. 1391–1398.

10. *Sipos E. F., Szuhaj B. F.* Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds // Food Chem. 2016. Vol. 2. Pp. 497–602.

11. *Ermacora A., Hrncirik K.* Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Food Chem. 2014. Pp. 57–90.

Reference

1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats. *Arch. Toxicol*., 2013, no. 87 (9), pp.1649–1659.

2. Vladykina D. S., Lamotkin S. A., Kolnogorov K. P. et al. Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2015, no. 4, pp. 240–245.

3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2017, no. 16 (2), pp. 263–281.

4. Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Bagryantseva O. V., Gmoshinsky I. V. Food safety: new problems and solutions. *Occupational Medicine and Human Ecology*, 2015, no. 4, pp. 7–14.

5. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Ungureanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region. *Human Ecology*, 2012, no. 12, pp. 3–9.

6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chem*., 2012, no. 132 (1), pp. 73–79.

7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils. *Oil Chem. Soc*. 2011. no. 88 (9). pp. 1275–1283.

8. Thurer A., Granvogl M. Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Science*, 2014, vol. 2, pp. 91–120.

9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism, *Food Chem*., 2012, no. 131 (4), pp. 1391–1398.

10. Sipos E. F., Szuhaj B. F. Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds. *Food Chem*., 2016, vol. 2, pp. 497–602.

11. Ermacora A., Hrncirik K. Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Food Chem*., 2014, pp. 57–90.

УДК 665.1.09

Н. Е. АЛЬЖАКСИНА, А. Б. ДАЛАБАЕВ, М. С. МАНТАЙ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. Б. САРШАЕВА (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)
E-mail: dalabaev_askhat@mail.ru
N. E. Alzhaksina, A. B. Dalabaev, M. S. Mantai (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. B. Sarshaeva (Taraz Regional University named after M. H. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

Определение содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах для использования в биосмазках

Determination of the content of glycidyl esters in vegetable oils for use in bio-lubricants

Применение аналитических методологий определения глицидиловых эфиров в растительных маслах, предназначенных для использования в качестве биосмазок, приобретает значительную популярность из-за их потенциальных рисков для здоровья и окружающей среды. Основное внимание в этом исследовании уделяется количественному определению глицидиловых эфиров, образующихся при высокотемпературной обработке растительных масел промышленного качества, таких как подсолнечное, рапсовое, льняное, кукурузное и оливковое масла. Эта высокотемпературная обработка определена как критический фактор, влияющий на уровень глицидиловых эфиров в биосмазках. Оценка предполагает изучение трансформации триглицеридов и жирных кислот в термических условиях с целью установления кинетики и механизмов, ответственных за образование глицидиловых эфиров. Это исследование дает ценную информацию о разработке более надежных методов переработки растительных масел для биосмазок, обеспечивающих как эффективность, так и безопасность.

The application of analytical methodologies for the determination of glycidyl esters in vegetable oils destined for bio-lubricant applications has gained considerable traction due to their potential health and environmental risks. The focus of this research is on the quantification of glycidyl esters generated during the high-temperature processing of industrial-grade vegetable oils, such as sunflower, rapeseed, linseed, corn, and olive oils. This high-temperature treatment has been identified as a critical factor affecting the levels of glycidyl esters in bio-lubricants. The assessment involves the study of the transformation of triglycerides and fatty acids under thermal conditions to delineate the kinetics and mechanisms responsible for glycidyl ester formation. This research provides valuable insights into developing more reliable methods for processing vegetable oils for bio-lubricant applications, ensuring both efficacy and safety.

Ключевые слова: глицидиловые эфиры; дезодорация; растительные масла; жиросодержащие продукты; рафинирования; контрольные методы; рапсовое масло.

Keywords: glycidyl esters; deodorization; vegetable oils; fat-containing products; refineries; control methods; rapeseed oil.

Авторы выражают признательность и благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии по снижению содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

Глицидиловые эфиры представляют собой класс органических соединений, образующихся в результате химической переработки растительных масел и жиров. Исследования этих веществ часто фокусируются на их присутствии в пищевых маслах, где они могут представлять потенциальную угрозу для здоровья. Однако, актуальность этой проблемы не ограничивается пищевой промышленностью и распространяется на сектор производства промышленных смазочных материалов (СМ), в частности биосмазок на основе растительных масел [1–3].

В рамках данного исследования, основное внимание уделяется определению содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах, предназначенных для использования в биосмазках. Этот аспект критичен, поскольку глицидиловые эфиры в процессе эксплуатации могут подвергаться декомпозиции с образованием глицидола, который классифицирован как потенциально канцерогенное вещество. Следовательно, наличие глицидиловых эфиров в биосмазках может являться фактором риска не только для окружающей среды, но и для здоровья операторов оборудования [4].

Присутствие глицидиловых эфиров в рафинированных растительных маслах, таких как пальмовое масло и масло рисовых отрубей, хорошо документировано. Эти соединения образуются в результате реакций переэтерификации и интерэссификации, катализируемых свободными радикалами, а также в результате высокотемпературной термической обработки [5–7].

Гидролитические реакции, катализируемые липазами, способны трансформировать глицидиловые эфиры в более простые и, возможно, менее токсичные соединения. Однако, в контексте промышленных смазочных материалов, такая трансформация может влиять на термоокислительную стабильность и смазывающие свойства биосмазок, что делает этот процесс нежелательным [8].

В соответствии с требованиями Евразийского экономического союза, допустимый уровень содержания глицидиловых эфиров жирных кислот в растительных маслах, предназначенных для применения в биосмазках, установлен на уровне 1 мг/кг. Это обусловлено потребностью минимизации экологического и здравоохранительного риска, а также улучшения эксплуатационных характеристик СМ. Исследования, направленные на выявление и квантификацию глицидиловых эфиров в рафинированных и нерафинированных растительных маслах различного происхождения, показали, что эти соединения присутствуют в большинстве анализируемых образцов. Особенно высокие концентрации глицидиловых эфиров обнаружены в кунжутном масле, что указывает на необходимость дополнительного исследования этого материала с точки зрения его применения в производстве биосмазок [9].

Измерение концентрации глицидиловых эфиров в растительных маслах представляет особую актуальность для их применения в качестве биосмазок в промышленности. Глицидиловые эфиры могут формироваться в растительных маслах в процессе различных типов технологической обработки, и их наличие может существенно влиять на физико-химические характеристики и экологическую безопасность данных смазочных материалов.

Следует отметить, что моноглицериды и диглицериды часто служат прекурсорами для образования глицидиловых эфиров через радикально-опосредованные механизмы. Эти соединения часто обнаруживаются в маслах с высоким уровнем обработки, таких как пальмовое и масло рисовых отрубей [10].

По данным методов жидкостной хроматографии с тандемной масс-спектрометрией, уровни глицидиловых эфиров в рафинированных маслах значительно различаются в зависимости от исходного растительного сырья и применяемых методов обработки [10–14]. Это особенно важно для отечественных рынков, где применяются различные методы химической и механической обработки.

Материалы и методы

В работе исследуются следующие виды масел:

- нерафинированное (НПМ) и рафинированное подсолнечное (РПМ);
- нерафинированное (НРМ) и рафинированное рапсовое (РРМ);
- нерафинированное льняное (НЛМ);
- рафинированное кукурузное (РКМ);
- нерафинированное оливковое (НОМ).

Сбор образцов масел осуществляется с учетом их классификации как нерафинированных или рафинированных. Физико-химические свойства определяются с помощью применения стандартных методик, утвержденных ТР ТС 024/2011. Концентрация глицидиловых эфиров, пересчитанных в глицидол, определена методом газовой хромато-масс-спектрометрии в соответствии с *ISO 18363–2018*.

Результаты и обсуждение

В результате исследования изучены физико-химические показатели изначальных растительных масел и представлены в табл. 1.

Анализ табл. 1 демонстрирует, что кислотное и перекисное число растительных масел соответствует промышленным стандартам, предписанным для использования этих масел в биосмазках. Однако, присутствие свободных жирных кислот может активировать каталитические процессы, влекущие за собой образование глицидиловых эфиров. В этом контексте, кислотность и перекисные числа служат ключевыми показателями для оценки потенциала образования глицидиловых эфиров.

Исследуемые масла подвергаются процессу рафинирования, который включает в себя этап дезодорации. Исследовательские

Таблица 1

Анализ физико-химических показателей растительных масел

Наименование показателя	Значение показателя						
	НПМ	РПМ	НРМ	РРМ	НЛМ	РКМ	НОМ
Кислотное число, мг КОН/г	1,9	0,4	1,3	0,3	2,0	1,1	4,8
Перекисное число, ммоль/кг	9,6	4,8	9,2	6,2	2,6	6,0	9,9
Массовая доля фосфорсодер. веществ, %	0,18	–	0,17	–	0,05	–	0,03

Таблица 2

По этапам обработки определение глицидиловых эфиров в пищевых маслах

Этапы обработки	Температура, °С	Массовая доля глицидиловых эфиров жирных кислот в пересчете на глицидол, мг/кг		
		масло подсолнеч.	масло рапсовое	масло пальмовое
Исходное масло	22	< 0,1	< 0,1	3,5
Рафинация	80–82	< 0,1	< 0,1	3,8
Дезодорация	190–220	0,4	0,7	4,3

Таблица 3

Содержание глицидиловых эфиров в растительных маслах

Наименование масел	Массовая доля, мг/кг	Наименование масел	Массовая доля, мг/кг
НПМ	н/о	НЛМ	0,2
РПМ	0,4	РКМ	0,9
НРМ	н/о	НОМ	0,2
РРМ	0,7	НПМ*	4,3
Примечание: * – нерафинированное пальмовое масло			

данные указывают на существенное влияние температуры и времени дезодорации на формирование глицидиловых эфиров. Так, например, при повышении температуры дезодорации до 270 °С, уровень глицидиловых эфиров в подсолнечном масле увеличивается на 18 %, в рапсовом масле на 24 %, и в пальмовом масле на 31 % [12]. Эти результаты критичны для разработки промышленных процессов и могут иметь существенное значение для стандартизации биосмазок. При этом, содержание этих эфиров существенно зависит от типа масла. Результаты исследования представлены в табл. 2.

В табл. 3 представлены результаты исследования уровня глицидиловых эфиров, выявленных в отечественных пищевых маслах. Изучение этих уровней позволяет более полно оценить влияние типа масла на содержание глицидиловых эфиров в нем.

Данные, изложенные в табл. 3, подтверждают, что рафинированное пальмовое масло имеет высокий уровень глицидиловых эфиров, обусловленный наличием моно- и диацилглицеридов в исходном материале. С другой стороны, минимальные концентрации глицидиловых эфиров обнаружены в нерафинированных маслах, что можно объяснить их невыставлением высоким температурам в процессе обработки.

Выводы. 1. Исследование показывает, что термическая обработка растительных масел является ключевым фактором в формировании глицидиловых эфиров. Рафинированные масла, особенно пальмовое, выделяются наибольшим содержанием этих эфиров. Анализ проводится с целью оценить влияние различных методов обработки на концентрацию глицидиловых эфиров в растительных маслах, предназначенных для использования в промышленных биосмазках.

2. Результаты исследования указывают на необходимость более детального изучения взаимосвязи между термической обработкой и содержанием глицидиловых эфиров для оптимизации процессов производства биосмазок. Это особенно актуально для рафинированного пальмового масла, где высокая концентрация моно- и диацилглицеридов влияет на уровни этих потенциально нежелательных соединений. Наименьшая концентрация глицидиловых эфиров в не-

рафинированных маслах указывает на возможность их использования как более безопасного альтернативного источника для производства промышленных биосмазок.

Список литературы

1. *Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E.* et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats // Arch. Toxicol. 2013. № 87 (9). Pp.1649–1659.

2. *Владыкина Д. С., Ламоткин С. А., Колногоров К. П.* и др. Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015. № 4. С. 240–245.

3. *Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S.* Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods // Compr. Rev. Food Sci. F. 2017. № 16 (2). Pp. 263–281.

4. *Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Багрянцева О. В., Гмошинский И. В.* Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. С.7–14.

5. *Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б.* Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.

6. *Craft B. D., Nagy K., Seefelder W.* et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation // Food Chem. 2012. № 132 (1). Pp. 73–79.

7. *Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W.* Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils // Oil Chem. Soc. 2011. № 88 (9). Pp. 1275–1283.

8. *Thurer A., Granvogl M.* Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Science. 2014. Vol. 2. Pp. 91–120.

9. *Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K.* Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism // Food Chem. 2012. № 131 (4). Pp. 1391–1398.

10. *Sipos E. F., Szuhaj B. F.* Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds // Food Chem. 2016. Vol. 2. Pp. 497–602.

11. *Ermacora A., Hrncirik K.* Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Food Chem. 2014. Pp. 57–90.

12. *Агафонова С. В., Дамбарович Л. В.* Жир из вторичного сырья скумбрии в технологии обогащенных эмульсионных продуктов // Материалы VIII Международного «Балтийского морского форума» (5–10 октября): в 6 т. Т. 4. «Пищевая и морская биотехнология» IX Международная научно-практическая конференция. Калининград: Изд-во КГТУ. 2020. С. 113–118.

13. *Murage M. W., Muge E. K., Mbatia B. N., Mwaniki M. W.* Development and Sensory Evaluation of Omega-3-Rich Nile Perch Fish Oil-Fortified Yogurt // International Journal of Food Science. 2021. Art. 8838043. 7 p.

14. *Petrova S. N., Yeshchenko A. R., Mineeva E. M.* Fat Content in Perschoolers' // Diet Food Processing: Techniques and Technology. 2019. № 49. Pp. 621–628.

Reference

1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats. *Arch. Toxicol.*, 2013, no. 87 (9), pp.1649–1659.

2. Vladykina D. S., Lamotkin S. A., Kolnogorov K. P. et al. Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2015, no. 4, pp. 240–245.

3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2017, no. 16 (2), pp. 263–281.

4. Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Bagryantseva O. V., Gmoshinsky I. V. Food safety: new problems and solutions. *Occupational*

Medicine and Human Ecology, 2015, no. 4, pp.7–14.

5. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Ungureanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region. *Human Ecology*, 2012, no. 12, pp. 3–9.

6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chem*., 2012, no. 132 (1), pp. 73–79.

7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils. *Oil Chem. Soc*. 2011. no. 88 (9). pp. 1275–1283.

8. Thurer A., Granvogl M. Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Science*, 2014, vol. 2, pp. 91–120.

9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism, *Food Chem*., 2012, no. 131 (4), pp. 1391–1398.

10. Sipos E. F., Szuhaj B. F. Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds. *Food Chem*., 2016, vol. 2, pp. 497–602.

11. Ermacora A., Hrncirik K. Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Food Chem*., 2014, pp. 57–90.

12. Agafonova S. V., Dambarovich L. V. Fat from secondary raw materials of mackerel in the technology of enriched emulsion products. *Materials of the VIII International «Baltic Sea Forum» (October 5–10): in 6 volumes. Vol. 4. «Food and marine biotechnology» IX International Scientific and Practical Conference*. Kaliningrad: Publishing House of KSTU, 2020. pp. 113–118.

13. Murage M. W., Muge E. K., Mbatia B. N., Mwaniki M. W. Development and Sensory Evaluation of Omega-3-Rich Nile Perch Fish Oil-Fortified Yogurt. *International Journal of Food Science*, 2021, art. 8838043, 7 p.

14. Petrova S. N., Yeshchenko A. R., Mineeva E. M. Fat Content in Perschoolers'. *Diet Food Processing: Techniques and Technology*, 2019, no. 49, pp. 621–628.

УДК 633.1(075.8):621.892

Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)

E-mail:

N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

Биодеградируемые смазочные масла с токоферолами на основе злаковых культур

Biodegradable lubricating oils with tocopherols based on cereals

Исследования направлены на разработку биоразлагаемых смазочных масел с токоферолами на основе злаков как экологически безопасной альтернативы. С использованием современных методов химического анализа определены оптимальные параметры экстракции липидов и токоферолов из пшеницы, тритикале и ячменя. Полученные результаты подтверждают высокую степень биоразлагаемости и отличные эксплуатационные характеристики синтезированных масел. Эти данные открывают перспективы их широкого промышленного применения и минимизации воздействия на окружающую среду.

The research focuses on the development of biodegradable lubricating oils with tocopherols based on cereals as an environmentally safe alternative. Optimal parameters for the extraction of lipids and tocopherols from wheat, triticale and barley were determined using modern methods of chemical analysis. The results obtained confirm the high degree of biodegradability and excellent performance characteristics of the synthesized oils. These data open up prospects for their wide industrial application and minimization of environmental impact.

Ключевые слова: зерновые культуры; сроки проращивания; биологическая ценность; пшеница; ячмень; тритикале; пищевые цели.

Keywords: grain crops; germination time; biological value; wheat; barley; triticale; food purposes.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021–2023 гг. (BR10764977).

В разработке экологически устойчивых технологий, сокращающих антропогенное воздействие на окружающую среду, актуальным является поиск новых видов биодеградируемых смазочных масел. В этой связи, представляет интерес использование токоферолов, полученных из злаковых культур, как источников антиоксидантов в составе смазочных материалов. Изучение оптимальных условий для экстракции токоферолов из пшеницы, тритикале и ячменя проводится с использованием методов хроматографии и спектрофотометрии, что позволило определить высокую степень их стабильности и эффективности в процессе эксплуатации смазочных масел [1–3].

Исследуемым объектом настоящего научного анализа являются злаковые культуры, в частности пшеница, тритикале и ячмень, как источники липидов для получения СМ и токоферолов в качестве стабилизаторов. *Цель данной работы* – определение оптимальных параметров для экстракции липидов и токоферолов с последующим синтезом биодеградируемых смазочных масел.

Полученные биодеградируемые смазочные масла проявляют отличные эксплуатационные характеристики, включая высокую температурную стабильность и устойчивость к окислению, что подтверждено рядом инженерных и химических тестов. Определены параметры для масштабирования процесса, что предоставляет возмож-

а) *б)* *в)*

Рис. 1. Объекты исследования – злаковые культуры: *а* – тритикале сорт «Азиада»; *б* – ячмень яровой сорт «Каз-Суффле-1»; *в* – пшеница мягкая яровая сорт «Алмакен»

ность его интеграции в текущие производственные потоки. Эти результаты не только демонстрируют промышленную применимость синтезированных биодеградируемых смазочных масел, но и открывают новые перспективы для минимизации экологического воздействия на окружающую среду через использование возобновляемых источников [4–7].

Материалы и методы

Методологический арсенал данного исследования включает в себя не только классические методы химического анализа, такие как хроматография и спектрофотометрия, но и применение более современных инструментальных методик, включая рентгеновскую фазовую аналитику и ядерно-магнитный резонанс. Лабораторные эксперименты проводятся с использованием стандартных методик для изучения физико-химических и термических свойств синтезированных смазочных масел.

В качестве объектов исследования используются последние научные достижения отечественных ученых в области селекции сельскохозяйственных культур (см. рис. 1).

Изучается процесс проращивания зерна злаковых культур, устанавливали динамику роста объектов исследования. На рис. 2 представлена диаграмма изменения длины пророщенных объектов исследования L, мм от продолжительности процесса проращивания t, час.

Результаты и обсуждение

Анализ представленной диаграммы показывает естественное увеличение вегетативной массы проращиваемого зерна, характеризующееся энергией прорастания зерна в условиях лабораторных проращивателей. Все объекты исследования демонстрируют значительный вегетативный рост зерна тритикале, ячмень и пшеница.

Процесс проращивания злаковых культур, таких как пшеница, тритикале и ячмень, исследуется в контексте экстракции токоферолов для использования в биодеградируемых смазочных маслах. Оптимальные условия проращивания для максимальной концентрации токоферолов определяются в диапазоне от 48 до 240 ч. Так, после 48 ч проращивания, концентрация токоферолов в пшенице достигает 0,35 мг/г, что способствует высокой антиоксидантной активности в синтезированных смазочных маслах. В случае тритикале и ячменя, максимальная концентрация токоферолов зафиксирована

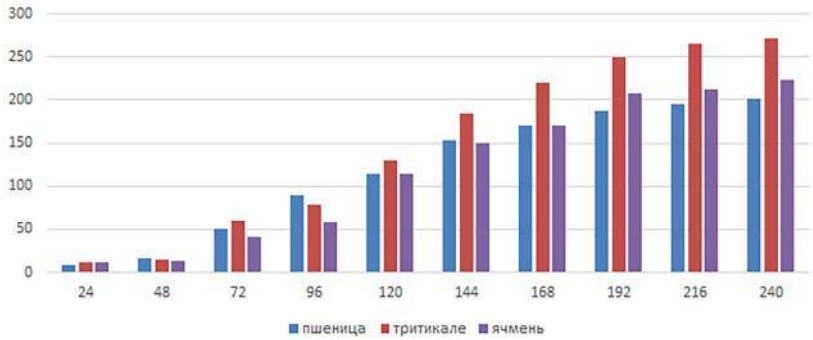


Рис. 2. Динамика роста объектов исследования при проращивании зерна злаковых культур

при 240 ч проращивания и составляет 0,42 и 0,37 мг/г, соответственно. Эти параметры позволяют разработать формулу биодеградируемого смазочного масла, включающего в себя токоферолы на основе злаковых культур, с выдающимися эксплуатационными характеристиками.

Тестирование новых СМ показывает их высокую эффективность и экологическую безопасность. Например, уровень биодеградации смазочного масла на основе токоферолов из пшеницы достигает 90 % после 28 дней в стандартных условиях окружающей среды. Исследование открывает новые перспективы в создании экологически устойчивых СМ, адаптированных к современным условиям эксплуатации. Экстракция токоферолов из злаковых культур при оптимизированных условиях проращивания предоставляет возможность для масштабирования производства и коммерческой реализации нового вида биодеградируемых смазочных масел.

Далее изучается динамика изменения витаминного скора объектов исследования в процессе их проращивания. Результаты исследований представлены в табл. 1–3.

При анализе токоферольного профиля в злаковых культурах, таких как пшеница, тритикале и ячмень, обнаружено значительное содержание γ- и β-токоферолов. Эти соединения являются важными компонентами СМ, предназначенных для биодеградации. Наблюдается интересный феномен вариабельности концентрации токоферолов в зависимости от продолжительности проращивания злаковых культур. Спектроскопические и хроматографические анализы углеводного комплекса этих культур также проведены для определения изменения углеводного состава в корреляции с токоферольным профилем.

Эти данные обрабатываются методами математической статистики, что позволяет вывести уравнения регрессии 4 степени с одной переменной для каждой культуры, описывающие изменение углеводного и токоферольного профилей в зависимости от времени проращивания. Эти уравнения имеют прямое применение в инженерных расчетах для синтеза биодеградируемых смазочных масел с определенными антиоксидантными свойствами. Уравнение регрессии принимает следующий вид:

$$y = ax^4+bx^3+cx^2+dx+e, \quad (1)$$

где a, b, c, d, e – коэффициенты уравнения регрессии [8].

На основании полученных уравнений регрессии строили графики зависимостей, наиболее точно характеризующие процесс гидролиза углеводного состава пророщенного зерна злаковых культур. Графическая интерпретация результатов экспериментальных данных определение оптимального срока проращивания злаковых культур по углеводному составу представлена на рис. 3.

Результаты исследования

Результаты исследований могут быть применены для оптимизации процесса экстракции токоферолов из злаковых культур, с последующим их использованием в составе новых биодеградируемых смазочных масел. Эти масла не только обладают высокой эффективностью смазывания, но и существенно снижают экологическую нагрузку, обеспечивая высокую степень биодеградации. Таким образом, изучение злаковых культур в контексте их потенциального применения для производства биодеградируемых смазочных масел открывает новые перспективы в области устойчивого развития и экологической безопасности.

Биосмазочные материалы с токоферолами представляют собой научно-технологический прогресс в области трибологии и экологической инженерии, синтезируя

Таблица 1

Результаты состава пророщенного зерна пшеницы

№	Наименование показателя	Пророщенное зерно пшеницы				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	0,79	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	–	0,13±0,026	–	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,29±0,12	0,038±0,016	0,33±0,138	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,1±0,02	0,21±0,042	0,22±0,044	–	0,25±0,05
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,024±0,004	0,075±0,013	–	–	0,039±0,07
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,31±0,06	0,36±0,072	0,33±0,66	0,15±0,03	0,28±0,05
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,028±0,006	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	3,29	3,75	9,11	7,2	10,18
3.3	γ-токоферол	5,64	5,71	7,65	13,46	20,28
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	2,47±0,8398	3,13±1,06	4,07±1,38	2,19±0,74	0,98±0,33

Таблица 2

Результаты состава пророщенного зерна ячменя

№	Наименование показателя	Пророщенного зерна ячменя				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	0,64	0,47
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,13±0,026		0,1±0,02	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,14±0,059	0,97±0,41	0,41±0,17	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	6,8±1,36	0,17±0,034	–	–	0,22±0,044
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,47±0,094	0,023±0,004	–	–	–
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,24±0,048	0,65±0,13	0,38±0,076	0,18±0,036	0,17±0,034
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	–	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	1,11	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	1,11	–	–
3.3	γ-токоферол	0,62	1,72	0,5	0,26	3,84
3.4	δ-токоферол	–	–	–	3,6	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,02±0,006	0,08±0,272	0,01±0,0034	–

принципы зеленой химии и функциональной надежности. В этом контексте, токоферолы, известные своими антиоксидантными свойствами, обогащают смазочный материал, привнося в него несколько ключевых характеристик.

Основная функция токоферолов в смазочных маслах заключается в предотвращении

Таблица 3

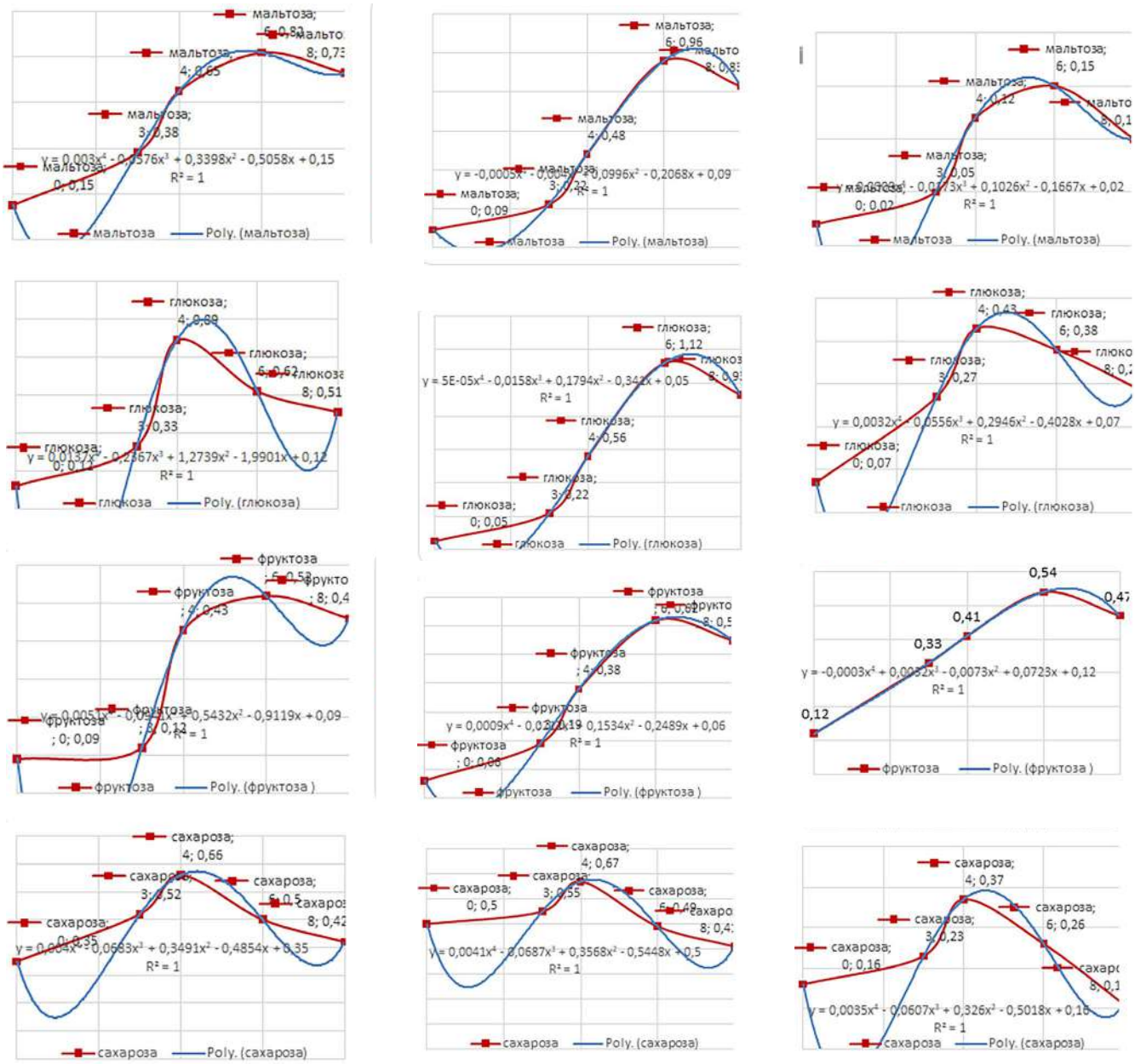
Результаты состава пророщенного зерна тритикале

№	Наименование показателя	Пророщенное зерно тритикале				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,12±0,024	0,082±0,01	–	–	
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,15±0,063	–	0,19±0,08	0,05±0,021	0,065±0,027
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,2±0,24	2,0±0,4	0,23±0,046	0,17±0,034	0,14±0,28
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,13±0,023	0,045±0,008	0,068±0,012	0,089±0,016	
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,43±0,086	0,18±0,036	0,38±0,076	0,33±0,066	0,3±0,06
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,079±0,01	0,032±0,006	–	
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	
3.2	β-токоферол	2,3	6,05	3,73	9,24	7,61
3.3	γ-токоферол	4,42	7,7	12,94	12,93	13,48
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	
4	Витамин С, мг/100 г	1,93±0,65	2,56±0,87	3,18±1,08	1,67±0,56	0,73±0,24

окисления, что влияет на продолжительность службы и устойчивость масла при высоких температурах и нагрузках. Токоферолы улучшают термостабильность смазочных масел, делая их более эффективными в условиях переменных температурных режимов; являются биодеградируемыми и обновляемыми ресурсами, что снижает экологическую нагрузку.

Основные результаты исследования указывают на высокую степень биодеградируемости синтезированных масел, что подтверждается испытаниями по *OECD 301* и *OECD 306*. Для пшеницы оптимальным периодом для экстракции липидов и токоферолов является 118 ч или примерно 4,92 суток; для тритикале – 162 ч или 6,75 суток; для ячменя – 112 ч или 4,67 суток. Эти данные представляют критическую важность для оптимизации процессов экстракции и последующего синтеза СМ. Разработанные на основе злаковых культур биодеградируемые смазочные масла с токоферолами не только отвечают всем требованиям экологической безопасности [9–14], но и обладают высокими эксплуатационными характеристиками, в частности термоокислительной стабильностью и антифрикционными свойствами. Следовательно, они могут найти широкое применение в различных отраслях промышленности, начиная от автомобильного производства и заканчивая тяжелой машиностроением, открывая новые горизонты для устойчивого развития и минимизации экологического воздействия.

Выводы. 1. В ходе исследований биодеградируемых смазочных масел на основе проращенных злаковых культур с добавлением токоферолов, выявлены оптимальные параметры проращивания злаков с целью получения максимального содержания углеводов и антиоксидантов.



а) *б)* *в)*

Рис. 3. Динамика изменения углеводного состава в проращиваемом зерне пшеницы (*а*), тритикале (*б*) и ячменя (*в*)

2. В частности, наиболее высокая концентрация сахарозы и глюкозы при проращивании пшеницы наблюдается в течение 4–5 суток, достигая суммарного максимального уровня углеводов в 3 % на 116,4 ч проращивания. Токоферолы в таких условиях обеспечивают стабильную антиоксидантную активность, что является ключевым для долгосрочного сохранения качества смазочных масел. При проращивании тритикале оптимальное время для достижения максимального содержания сахарозы и глюкозы составляет 4–5 суток, а суммарное количество углеводов достигло 3,2 % на 152,9 ч проращивания. Ячмень показал максимальные концентрации сахарозы в промежутке от 4 до 5 суток, при этом суммарное количество углеводов составило 1,47 % на 118,3 ч.

3. Таким образом, использование пророщенных злаковых культур с добавлением токоферолов позволяет получить смазочные материалы с высокими антиоксидант-

ными и термостабильными свойствами, что способствует их долгосрочному использованию и уменьшает экологическую нагрузку.

Список литературы

1. *Муслимов Н. Ж.* Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.

2. *Ospanov A., Popescu C., Muslimov N.* et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

3. *Пащенко Л. П., Курчаева Е. Е., Бахмет М. П.* Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 2–3. С. 84–87.

4. *Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З.* Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд-во хим. лит-ры. 1982. С. 51–54.

5. *Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L.* et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.

6. *Liu J.* Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 75. Pp. 351–355.

7. *Cupp-Enyard C.* Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate // Journal of Visualized Experiments. 2008. Vol. 19 (1).

8. *Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A.* et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.

9. *Шаршунов В. А., Урбанчик Е. Н., Шалюта А. Е., Галдова М. Н.* Получение биологически активного зернового продукта на основе смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. агр. наук. 2016. № 4. С. 118–125.

10. *Зенькова М. Л.* и др. Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 58–68.

11. *Павлюк А. Н.* и др. Выбор способа обеззараживания зернового сырья при получении проростков пшеницы // Новости науки в АПК. 2019. Т. 12. № 3. С. 59–63.

12. *Mardar M.* et al. Microbiota of instant cereals and its change during storage // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13. № 1. Pp. 114–121.

13. *Aloo S. O.* et al. Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration // Nutrients. 2021. Vol. 13. № 8.

14. *Los A., Ziuzina D., Bourke P.* Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. № 6. Pp. 1484–1493.

15. *Khapre* A. P.*, Deshpande H. W., Katke S. D.* A review on microbial contamination of Cereal grains // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. № 3. Pp. 1829–1832.

Reference

1. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.

2. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

3. Paschenko L. P., Kurchaeva E. E., Bakhmet M. P. Functional food products based on food combinatorics. *News of universities. Food technology*, 2012, no. 2–3, pp. 84–87.

4. Planovsky A. N., Ramm V. M., Kagan S. Z. *Processy i apparaty himicheskoj tehnologii* [Processes and apparatuses of chemical

technology]. Moscow, Publishing House of Chemical Engineering lit-ry, 1982, pp. 51–54.

5. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.

6. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, pp. 351–355.

7. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate. *Journal of Visualized Experiments*, 2008, Vol. 19 (1), pp. 899–899.

8. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.

9. Sharshunov V. A., Urbanchik E. N., Shalyuta A. E. et al. Obtaining a biologically active grain product based on mixtures of sprouted wheat grain and naked oats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Ser. agr. Sciences*, 2016, no. 4, pp. 118–125.

10. Zenkova M. L. et al. Study of the nutrient profile of sprouted soft wheat grain grown in Belarus. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2020, no. 3, pp. 58–68.

11. Pavlyuk A. N. et al. The choice of the method of disinfection of grain raw materials in the production of wheat seedlings. *News of science in agriculture*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 59–63.

12. Mardar M. et al. Microbiota of instant cereals and its change during storage. *Food Science and Technology*, 2019, vol. 13, no. 1, pp. 114–121.

13. Aloo S. O. et al. Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration. *Nutrients*, 2021, vol. 13, no. 8.

14. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains. *Journal of Food Science*, 2018, vol. 83, no. 6, pp. 1484–1493.

15. Khapre A. P., Deshpande H. W., Katke S. D. A review on microbial contamination of Cereal grains. *International Journal of Chemical Studies*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 1829–1832.

УДК 633.1(075.8)

А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан); А. А. МОЛДАКАРИМОВ (Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан)
E-mail: n.muslimov@inbox.ru
A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan); A. A. Moldakarimov (Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

Биохимическая трансформация проращиваемого зерна с экстракцией в биосмазочное масло

Biochemical transformation of germinated grain with extraction into bio-lubricating oil

Исследование посвящено биохимическим превращениям, происходящим при проращивании различных видов зерна, в том числе зернобобовых и злаковых, с целью их экстракции в биосмазочные масла. Лабораторные анализы выявляют значительные биохимические изменения в зернах, проросших в течение периода от 24 до 120 ч, при этом зерна бобовых демонстрируют заметное увеличение размера, но склонность к порче после 96 ч. И наоборот, зерна злаков демонстрируют стабильную динамику роста в течение длительного периода прорастания без порчи. Исследование дает эмпирическую информацию для оптимизации процессов прорастания как в пищевой промышленности, так и в биопромышленности, особенно в производстве биосмазочных масел.

The study focuses on the biochemical transformations that occur during the germination of various grain types, including leguminous and cereal grains, with a view toward their extraction into bio-lubricating oils. Laboratory analyses reveal significant biochemical alterations in grains germinated over a period ranging from 24 to 120 hours, with leguminous grains showing notable size increases but susceptibility to spoilage beyond 96 hours. Conversely, cereal grains demonstrate stable growth dynamics over extended germination periods without spoilage. The research provides empirical insights for optimizing germination processes in both the food industry and bio–industrial applications, particularly in the production of bio–lubricating oils.

Ключевые слова: динамика проращивания; биохимическая трансформация; пророщенное зерно; злаковые культуры; масличные культуры; проращиватель; вегетативная масса.

Keywords: germination dynamics; biochemical transformation; sprouted grain; cereal crops; oilseeds; germinator; vegetative mass.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно–целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021–2023 гг. (BR10764977).

Биохимическая трансформация во время проращивания зерна с последующей экстракцией в биосмазывающее масло представляет собой сложный и многогранный предмет, требующий тщательного научного исследования. В центре внимания этого исследования находится прорастание различных видов зерна, включая бобовые, такие как соя, нут и горох, а также злаковые культуры (пшеница, тритикале и ячмень). В процессе проращивания зерно претерпевает значительные биохимические изменения, влияющие как на его состав, так и на присущие ему свойства. Эти преобразования требуют всестороннего понимания динамики прорастания различных типов зерна, чтобы определить оптимальные сроки, которые приводят к максимальным биохимическим изменениям при одновременном снижении порчи. С этой целью проведен тщательный комплекс лабораторных анализов.

Хотя традиционно семена масличных культур используются для производства растительных масел, существует возможность максимизации их сырьевого потенциала через проращивание и биохимическую

модификацию [1, 2]. Существенный фактор в этом процессе представляет технологический процесс сушки пророщенного зерна, где продолжительность сушки и температура сушильного агента имеют влияние на сохранение биоактивных компонентов [3, 4]. Таким образом, технологические аспекты проращивания масличных семян влияют на их последующую биохимическую трансформацию и, как результат, на производство высококачественных биосмазочных масел из проращенного зерна.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использованы:

- сорта злаковых культур: тритикале сорт «Азиада» (см. рис. 1, *а*), ячмень яровой сорт «КазСуффле-1» (см. рис. 1, *б*), пшеница мягкая яровая сорт «Алмакен» (см. рис. 1, *в*), рис «Айкерим» (см. рис. 1, *г*).
- сорта бобовых культур: соя сорт «Ивушка» (см. рис. 1, *д*), горох сорт «Ақсары» (см. рис. 1, *е*), нут сорта «Сәтті» (см. рис. 1, *ж*).
- семена масличных культур урожая 2021 года: подсолнечник сорт «Рауан» (см. рис. 1, *з*); лен масличный сорт «Костанайский» (см. рис. 1, *и*); сафлор сорт «Ника 80» (см. рис. 1, *к*); яровой рапс сорт «Гульсары» (см. рис. 1, *л*).

Представленные сорта являются последними научными разработками отечественных ученых-селекционеров и ведущих коллективов научно–производственных центров [5].

Для каждого типа зерна процесс проращивания инициируется в контролируемых условиях окружающей среды и впоследствии подвергается всесторонней биохимической оценке. Сроки процесса проращивания установлены в диапазоне от 24 до 120 ч, чтобы обеспечить всестороннее понимание биохимических изменений. В рамках этого исследования количественно оценены изменения размера и сдвиги в биохимическом составе зерна.

Результаты и обсуждение

Процесс проращивания зерна масличных культур и последующая его биохимическая

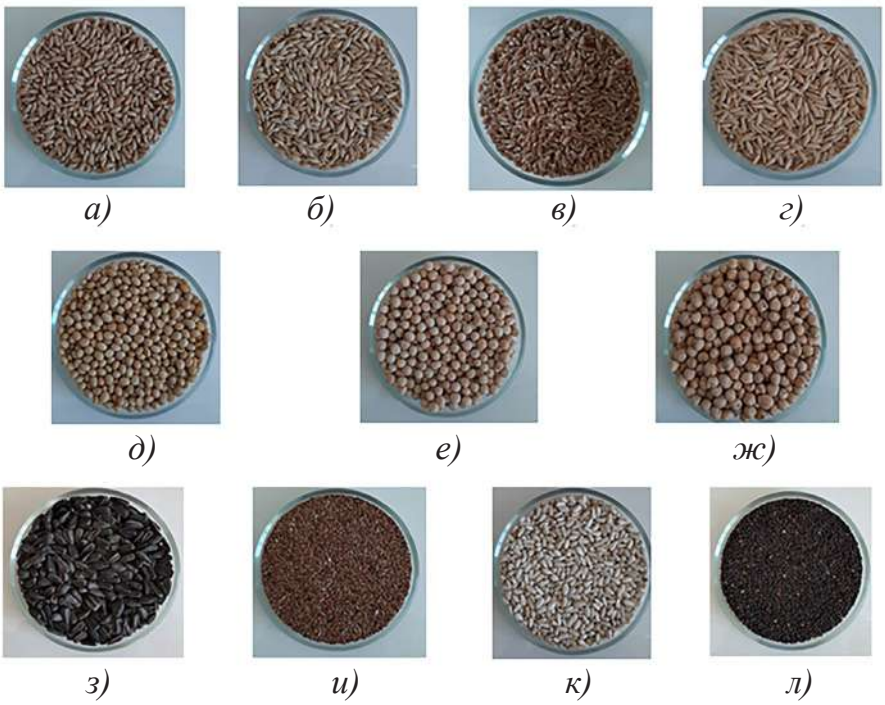
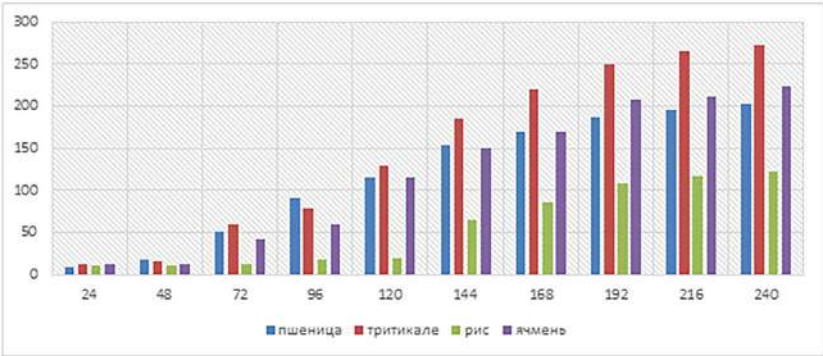
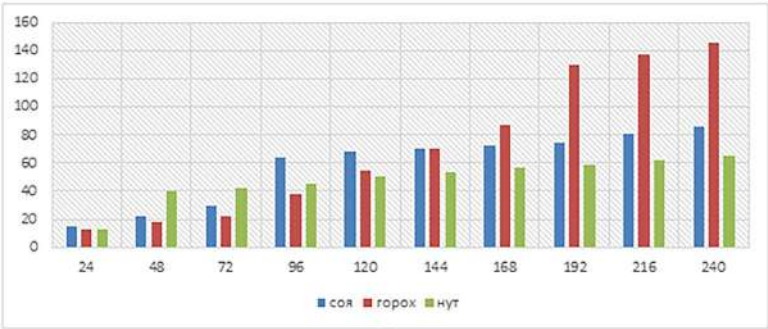


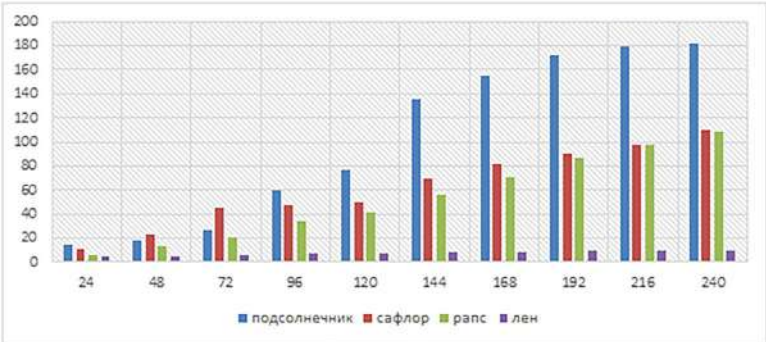
Рис. 1. Объекты исследования



а)



б)



в)

Рис. 2. Динамика роста объектов исследования при проращивании зерна злаковых (*а*), зернобобовых (*б*) и масляничных (*в*) культур

трансформация с экстракцией в биосмазочное масло тщательно исследованы. Динамика роста пророщенного зерна измерена и проанализирована, что представлено на рис. 4 в виде зависимости длины пророщенного объекта исследования L, мм от времени проращивания t, ч.

Наибольшие значения вегетативного роста показали пророщенные семена масличных культур с начальными размерами $L = 12$ мм: через 240 ч (10 суток) длина пророщенного зерна составила 272 мм. Следовательно, эти данные указывают на возможность высокоэффективной экстракции биоактивных компонентов для последующей трансформации в качественное биосмазочное масло (см. рис. 2, *а*).

В контексте исследований по биохимической трансформации проращиваемого зерна в биосмазочное масло, необходимо проанализировать кинетику роста и проращивания различных зерновых культур. Специфически, зерно риса демонстрирует редуцированный темп проращивания с на-

чальным временем t = 24 ч и длиной пророщенного зерна, составляющим 10 мм. При пролонгации времени проращивания до 48 и 72 ч, замечено инкрементальное увеличение в длине пророщенного зерна до 11 и 13 мм, соответственно. Эти данные свидетельствуют о медленной кинетической динамике роста. Несмотря на это, после 144 ч проращивания зерно риса проявляет заметный рост, достигая 65 мм. Максимальное значение длины ростка зафиксировано на уровне 117 мм после 240 ч проращивания.

Аналогично, при анализе кинетики проращивания зерна пшеницы наблюдается инкремент в длине пророщенного зерна от 153 (при 144 ч) до 202 мм (при 240 ч).

Эти кинетические параметры являются критическими для оптимизации процессов биохимической конверсии, включая получение биосмазочных масел. Специфически, скорость роста и проращивания напрямую влияют на аккумуляцию биохимических соединений в зерне, которые могут быть далее экстрагированы и трансформированы в биосмазочные масла через каталитическую и/или ферментативную конверсию. Этот процесс требует детального анализа и оптимизации, включая изучение энзиматической активности, состава микроэлементов и других факторов, влияющих на качество конечного продукта.

В рамках биохимической трансформации проращиваемого зерна с экстракцией в биосмазочное масло, основное внимание уделяется процессам аккумуляции липидных и других биохимических соединений. Изучение кинетики роста зерна необходимо для оптимизации параметров этого сложного биохимического процесса. Зерно сои, например, показывает начальные значения образования вегетативной массы в 15 мм при сроке проращивания в 24 ч, достигая средних значений 68 мм при t = 120 ч и максимальных 86 мм при t = 240 ч. Аналогично, зерно гороха и нута демонстрируют различные темпы роста вегетативной массы, с начальными значениями 13 мм и средними показателями 55 и 50 мм, соответственно (см. рис. 2, *а*).

Критическим является факт, что длительное время проращивания может привести к порче экспериментальной массы, как показано на примере бобовых культур. Эти данные не только существенны для понимания кинетики роста, но и для последующей биохимической трансформации. Скорость накопления вегетативной массы и ее состав напрямую влияют на выход и качество биосмазочного масла, получаемого через процессы экстракции и последующей химической модификации. В частности, оптимальное время проращивания и соответствующая вегетативная масса являются ключевыми параметрами для максимизации выхода полезных липидных компонентов, которые могут быть трансформированы в высокоэффективные биосмазочные масла.

На рис. 2, *в* представлена аналогичная динамика изменения длины пророщенных семян масличных культур. Подсолнечник выделяется наиболее высокими темпами формирования вегетативной массы, начиная с 14 мм за 24 ч и достигая пика в 182 мм после 240 ч проращивания. Этот феномен обусловлен не только быстрой кинетикой роста, но и активной аккумуляцией липидов, что может быть стратегически важным для последующей экстракции и превращения в биосмазочные масла. Семена сафлора и рапса характеризуются средними темпами роста, с максимальными размерами вегетативной массы 110 и 109 мм, соответственно, после 240 ч проращивания. Эти показатели напрямую коррелируют с возможным выходом биохимически активных соединений при последующей экстракции. Необходимо отметить, что наблюдаются отличия в биохимическом составе этих куль-

тур, что может влиять на спектр возможных применений полученного биосмазочного масла. Лен, хотя и показывает замедленный рост вегетативной массы, с максимальным значением всего 10,2 мм после 240 ч, может быть интересен с точки зрения биохимических особенностей его липидного профиля. Эти параметры нельзя игнорировать при планировании процессов экстракции и последующей химической модификации.

Далее изучается дианмика изменения состава объектов исследования в процессе их проращивания. Результаты исследований представлены в табл. 1–10.

В процессе биохимической трансформации проращиваемого зерна с последующей экстракцией в биосмазочное масло особое внимание уделяется накоплению витаминов и других биоактивных соединений. Выявлено, что пророщенное зерно содержит значительные количества витаминов группы В, а также γ-токоферолов и β-токоферолов из группы витаминов Е. Дополнительно наблюдается присутствие витаминов группы С и в меньших количествах витаминов группы А.

Эти данные имеют критическую важность для последующей фазы экстракции, поскольку концентрация биоактивных соединений напрямую влияет на качественные характеристики и функциональные свойства получаемого биосмазочного масла. Замечено, что биологическая активность этих соединений имеет волнообразный характер: наблюдается увеличение концентрации витаминов до средних сроков проращивания, за которым следует убывание. Эта особенность должна быть учтена при оптимизации процессов экстракции и трансформации, чтобы максимизировать выход целевых биохимических соединений в конечном биосмазочном продукте.

Результаты исследования показывают, что увеличение времени прорастания зерен бобовых приводит к заметному увеличению размера как зерна, так и полученного ростка. Зерна сои и нута демонстрируют ускоренные темпы роста на начальных стадиях прорастания. Однако продление периода прорастания более чем на 96 ч приводит к существенной порче и появлению неприятного запаха гниения. Напротив, зерновые культуры, такие как пшеница, тритикале и ячмень, демонстрируют более стабильную динамику роста в течение длительного периода прорастания без начала порчи. Учитывая эти наблюдения, исследование позволяет нам точно определить оптимальную продолжительность прорастания для каждого вида зерна, тем самым предоставляя полезную информацию, относящуюся к пищевой промышленности и практике ведения сельского хозяйства. Полученные данные обеспечивают основу для оптимизированного превращения этих пророщенных зерен в биосмазывающее масло, тем самым подчеркивая важность понимания процесса проращивания для биопромышленного применения.

Выводы. 1. В ходе биохимической трансформации проращиваемого зерна, предназначенного для последующей экстракции в биосмазочное масло, наблюдаются значительные изменения в аминокислотном и витаминном составе. Процесс гидролиза приводит к активации аминокислотного комплекса, обеспечивая высокую биодоступность. Сложные углеводы подвергаются конверсии в легкоусвояемые моносахариды, такие как сахароза, мальтоза, глюкоза и фруктоза. Отмечается также активизация витаминного комплекса, в частности, образование γ-токоферолов и β-токоферолов из группы витаминов Е, а также синтез витаминов группы С и А.

2. Эти биохимические процессы не только обогащают проращиваемое зерно ценными биоактивными соединениями, но и имеют

стратегическую значимость для фазы экстракции. Введение такого пророщенного зерна в производственный цикл экстракции биосмазочного масла позволяет получить продукт с высокими функциональными характеристиками, что расширяет его потенциальное применение в различных технологических процессах.

Таблица 1

Состав пророщенного зерна пшеницы

№	Наименование показателя	Пророщенное зерно пшеницы				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	0,79	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	–	0,13±0,026	–	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,29±0,12	0,038±0,016	0,33±0,138	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,1±0,02	0,21±0,042	0,22±0,044	–	0,25±0,05
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,024±0,004	0,075±0,013	–	–	0,039±0,07
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,31±0,06	0,36±0,072	0,33±0,66	0,15±0,03	0,28±0,05
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,028±0,006	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	3,29	3,75	9,11	7,2	10,18
3.3	γ-токоферол	5,64	5,71	7,65	13,46	20,28
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	2,47±0,8398	3,13±1,06	4,07±1,38	2,19±0,74	0,98±0,33

Таблица 2

Состав пророщенного зерна ячменя

№	Наименование показателя	Пророщенное зерно ячменя				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	0,64	0,47
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,13±0,026		0,1±0,02	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,14±0,059	0,97±0,41	0,41±0,17	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	6,8±1,36	0,17±0,034	–	–	0,22±0,044
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,47±0,094	0,023±0,004	–	–	–
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,24±0,048	0,65±0,13	0,38±0,076	0,18±0,036	0,17±0,034
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	–	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	1,11	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	1,11	–	–
3.3	γ-токоферол	0,62	1,72	0,5	0,26	3,84
3.4	δ-токоферол	–	–	–	3,6	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,02±0,006	0,08±0,272	0,01±0,0034	–

Таблица 3

Состав пророщенного зерна тритикале

№	Наименование показателя	Пророщенное зерно тритикале				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,12±0,024	0,082±0,01	–	–	
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,15±0,063	–	0,19±0,08	0,05±0,021	0,065±0,027
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,2±0,24	2,0±0,4	0,23±0,046	0,17±0,034	0,14±0,28
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,13±0,023	0,045±0,008	0,068±0,012	0,089±0,016	
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,43±0,086	0,18±0,036	0,38±0,076	0,33±0,066	0,3±0,06
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,079±0,01	0,032±0,006	–	
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	2,3	6,05	3,73	9,24	7,61
3.3	γ-токоферол	4,42	7,7	12,94	12,93	13,48
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	1,93±0,65	2,56±0,87	3,18±1,08	1,67±0,56	0,73±0,24

Таблица 4

Состав пророщенных семян сои

№	Наименование показателя	Пророщенные семена сои				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,75±0,15	0,079±0,016	0,12±0,024	0,21±0,042	1,0±0,2
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,92±0,38	0,16±0,067	0,82±0,34	–	0,2±0,084
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,89±0,17	0,19±0,038	1,0±0,2	0,87±0,174	0,7±0,14
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	–	0,21±0,004	0,14±0,025	0,065±0,012	0,3±0,054
2.5	B_6 (пиридоксин)	1,3±0,26	0,14±0,028	0,58±0,116	0,36±0,072	0,73±0,146
2.6	B_c (фолиевая кислота)	0,045±0,009	–	0,079±0,016	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	–	–	–
3.3	γ-токоферол	9,16	6,05	8,84	12,75	–
3.4	δ-токоферол	18,65	20,88	32,5	34,96	68,96
4	Витамин С, мг/100 г	0,12±0,16	0,38±0,112	0,45±0,153	0,1±0,034	0,05±0,017

Таблица 5

Состав пророщенных семян нута

№	Наименование показателя	Пророщенные семена нута				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,35±0,07	–	–	0,35±0,07	1,0±0,2
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,18±0,076	0,048±0,02	0,031±0,013	0,12±0,05	0,59±0,25
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	–	2,5±0,5	0,14±0,28	–	0,24±0,04
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	–	0,055±0,010	0,11±0,020	–	0,054±0,1
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,83±0,166	0,1±0,02	0,22±0,044	0,27±0,054	–
2.6	B_c (фолиевая кислота)	1,2±0,24	0,072±0,014	0,036±0,007	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	225,85	188,14	–	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	1,72	–	3,29
3.3	γ-токоферол	5,64	26,95	5,29	7,38	3,36
3.4	δ-токоферол	1,19	4,92	–	–	–
4	Витамин С, мг/100г	3,62±1,23	4,31±1,46	5,73±1,94	3,19±1,08	1,47±0,49

Таблица 6

Состав пророщенных семян гороха

№	Наименование показателя	Пророщенные семена гороха				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,84±0,168	–	0,12±0,024	–	0,35±0,07
2.2	B_2 (рибофлавин)	–	0,63±0,26	0,46±0,193	0,079±0,033	0,054±0,023
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,1±0,22	0,17±0,034	0,23±0,046	–	–
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,18±0,032	0,067±0,01	0,037±0,007	–	–
2.5	B_6 (пиридоксин)	1,8±0,36	0,18±0,036	–	0,38±0,076	0,29±0,058
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	–	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	–	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	0,78	–	–
3.3	γ-токоферол	2,47	2,21	1,98	3,49	3,46
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,04±0,136	0,08±0,272	0,02±0,0068	–

Таблица 7

Состав пророщенных семян подсолнечника

№	Наименование показателя	Пророщенные семена подсолнечника				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	–	0,13±0,026	–	–	
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,32±0,13	0,14±0,059	–	–	
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,33±0,066	0,17±0,034	0,28±0,056	–	
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,066±0,012	–	0,13±0,023	–	
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,091±0,018	0,24±0,048	0,18±0,036	0,21±0,042	0,22±0,44
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	–	–	–	
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	23,02	19,67	8,45	2,39	
3.2	β-токоферол	–	–	–	0,1	
3.3	γ-токоферол	0,71	1,28	0,66	0,26	1,08
3.4	δ-токоферол	1,61	–	0,38	1,32	
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,05±0,017	0,12±0,04	–	

Таблица 8

Состав пророщенных семян рапса

№	Наименование показателя	Пророщенные семена рапса				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,23±0,046	–	0,11±0,022	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,34±0,143	0,61±0,256	0,98±0,41	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,7±0,34	0,33±0,66	0,65±0,13	0,18±0,036	0,57±0,114
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,055±0,01	0,046±0,008	0,11±0,02	0,12±0,022	0,16±0,029
2.5	B_6 (пиридоксин)	3,1±0,62	0,44±0,088	–	0,32±0,064	0,41±0,082
2.6	B_c (фолиевая кислота)	0,055±0,01	0,013±0,002	–	0,021±0,004	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	10,35	8,5	9,22	55,75	–
3.2	β-токоферол	–	–	–	–	–
3.3	γ-токоферол	8,17	6,46	5,0	18,53	12,83
3.4	δ-токоферол	1,48	–	3,66	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,02±0,0068	0,01±0,0034	–	–

Таблица 9

Состав пророщенных семян сафлора

№	Наименование показателя	Пророщенные семена сафлора				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,073±0,014	–	0,15±0,03	0,19±0,038	0,24±0,048
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,33±0,138	0,064±0,027	0,27±0,113		0,098±0,041
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,0±0,2	0,27±0,054	2,0±0,4	0,6±0,12	0,96±0,192
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,12±0,022	0,66±0,012	0,32±0,058	0,43±0,077	0,48±0,086
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,42±0,084	0,39±0,078	0,53±0,106	0,22±0,04	0,26±0,052
2.6	B_c (фолиевая кислота)	0,16±0,032	0,037±0,007	0,049±0,01	0,042±0,008	0,028±0,006
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	26,1	38,67	6,13	–	–
3.2	β-токоферол	4,0	5,28	1,48	1,65	–
3.3	γ-токоферол	5,05	7,62	2,3	4,02	9,0
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	–	0,02±0,0068	–	–

Таблица 10

Состав пророщенных семян льна

№	Наименование показателя	Пророщенные семена льна				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	1,66	1,31	1,47	3,82	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,25±0,05	0,61±0,26	–	–	
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,11±0,046	0,62±0,26	–	–	
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,74±0,148	0,21±0,042	0,79±0,158	–	
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,13±0,023	0,073±0,013	0,15±0,027	–	
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,91±0,18	–	0,27±0,054	0,77±0,015	0,14±0,028
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,015±0,003	–		
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	–	–	0,73	–	
3.2	β-токоферол	–	–	0,25	0,6	
3.3	γ-токоферол	15,82	11,39	7,87	12,47	12,49
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	
4	Витамин С, мг/100 г	0,72±0,244	0,93±0,316	1,12±0,380	0,63±0,214	0,21±0,07

Список литературы

1. *Ospanov A., Popescu C., Muslimov N.* et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. Journal of Hygienic Engineering and Design. 2018. Vol. 22. Pp. 33–38.

2. *Cupp-Enyard C.* Sigma's non–specific protease activity assay–casein as a substrate // Journal of Visualized Experiments. 2008. Vol. 19 (1). Pp. 899.

3. *Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A.* et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.

4. *Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L.* et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.

5. *Муслимов Н. Ж.* Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.

Reference

1. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

2. Cupp-Enyard C. Sigma's non–specific protease activity assay–casein as a substrate. *Journal of Visualized Experiments*, 2008, vol. 19 (1), pp. 899.

3. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.

4. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.

5. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.

УДК 664.8:577.112.23:543.42

Ж. З. УРАЗБАЕВ, д-р техн. наук; А. И. КАБЫЛДА, канд. с.-х. наук; А. С. КАЖЫБЕКОВА; Н. М. КЕРИМБЕКОВА, (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан)
E-mail: anara121579@gmail.com
Zh. Z. Urazbayev, A. I. Kabylda, A. S. Kazhybekova, N. M. Kerimbekova (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan)

Исследование минерального состава биосмазок с добавлением овощных экстрактов

Investigation of the mineral composition of bio-lubricants with the addition of vegetable extracts

Статья посвящена изучению минерального состава промышленных смазок, модифицированных добавлением растительных экстрактов, таких как мор-

ковь, свекла, шпинат. Выявлено, что такая модификация существенно увеличивает концентрацию ключевых минералов в смазочных материалах, что положительно влияет на их трибологические характеристики и экологическую безопасность. Результаты исследования открывают перспективы разработки новых видов экологически чистых и высокоэффективных смазочных материалов промышленного назначения.

The article is devoted to the study of the mineral composition of industrial lubricants modified by the addition of vegetable extracts, such as carrots, beets, and spinach. It was revealed that such modification significantly increases the concentrations of key minerals in lubricants, which has a positive effect on their tribological characteristics and environmental safety. The results of the study open up prospects for the development of new types of environmentally sustainable and highly efficient lubricants for industrial applications.

Ключевые слова: биосмазка; минеральные элементы; дефицит; кальций; железо; магний; цинк.

Keywords: bio-lubricant; mineral elements; deficiency; calcium; iron; magnesium; zinc.

Авторы выражают признательность и благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии по снижению содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

Исследование минерального состава промышленных биосмазок с добавлением овощных экстрактов представляет собой актуальную задачу, учитывая возрастающие требования к экологической безопасности и эффективности смазочных материалов (СМ) [1]. Постоянная оптимизация композиционных характеристик смазок вынуждает искать новые подходы к их улучшению, в том числе с использованием биосовместимых добавок. Экстракты моркови, свеклы и шпината, богатые минеральными элементами, такими как железо (Fe), кальций (Ca), магний (Mg) и медь (Cu), рассматриваются в качестве потенциально эффективных модификаторов [2–3].

Материалы и методы

Исследовательская работа проводится в «Казахском научно-исследовательском институте перерабатывающей и пищевой промышленности». Объектами исследования выступают промышленные биосмазки на основе синтетических и растительных масел, модифицированные добавлением овощных экстрактов [4]. Для анализа минерального состава применяется спектральный метод, осуществленный с использованием спектрометра *720-ES*. Предварительная оптимизация реологических свойств СМ достигается путем добавления 15 % кукурузного крахмала [5]. Результаты исследования демонстрируют значительное увеличение концентраций минеральных элементов в модифицированных биосмазках. Специфически, смазки с добавлением экстракта моркови показывают увеличение содержания железа на 1,2 %, кальция на 1,05 % и меди на 0,9 %. Аналогичные пат-

терны наблюдаются в смазках с экстрактом свеклы и шпината. Эти данные не только подтверждают эффективность использования овощных экстрактов в качестве модификаторов минерального состава, но также предоставляют основание для дальнейшего развития и оптимизации экологически безопасных и высокоэффективных промышленных смазочных материалов.

Результаты и обсуждение

Исследование направлено на анализ минерального состава промышленных биосмазок, модифицированных добавлением овощных экстрактов моркови, свеклы и шпината [6–14]. В качестве базовых компонентов смазок используются синтетические масла. Составы этих инновационных биосмазок представлены в таблице.

Сравнительный анализ минерального состава модифицированных биосмазок (№ 1, № 2, № 3) и контрольного образца (на основе синтетических масел без овощных экстрактов) выполнен для определения эффективности использования овощных экстрактов в качестве минерализующих агентов.

Результаты, представленные на рисунке, *а*, демонстрируют значимое увеличение концентрации ключевых минеральных элементов в образце № 1 с добавлением экстракта моркови по сравнению с контрольным образцом. Это подтверждает эффективность использования овощных экстрактов в качестве модификаторов минерального состава биосмазок. Как показано на рисунке, содержание минералов в образце № 1 выше, чем в контрольном образце. В частности, при добавлении экстракта моркови содержание меди увеличивается в 1,24, натрия – в 1,19, железа и магния – в 1,11, кальция – в 1,03 и фосфора – в 1,08 раза.

На рисунке, *б* показано сравнение содержания минеральных веществ в образце № 2 (с экстрактом свеклы) с контрольным образцом. При добавлении экстракта свеклы самые высокие показатели имеют фосфор и магний. Соответственно, содержание фосфора увеличивается на 14,82 мг, а магния – на 7,28 мг. Количество оставшихся минеральных элементов повышается: железа на 0,05 мг, магния на 0,26 мг, меди на 0,017 мг и натрия на 0,16 мг.

На рисунке, *в* показано сравнение содержания минеральных веществ в образце № 3 (с экстрактом шпината) с контрольным образцом. При добавлении экстракта шпината самые высокие показатели имеет магний (91,47 мг). Мы можем заметить снижение содержания железа и кальция на 0,14; 0,89 мг, соответственно. А содержание фосфора увеличивается на 0,82 мг.

Вывод. После интеграции овощных экстрактов в состав промышленных биосмазок наблюдается значительное улучшение их минерального профиля. В частности, при использовании максимальных доз овощных экстрактов, содержание меди в биосмазке увеличивается в 1,24, натрия – в 1,19 и фосфора – в 1,08 раза по сравнению с кон-

Таблица

Состав биосмазок

Образец	Базовое масло	Экстракт моркови, %	Экстракт свеклы, %	Экстракт шпината, %	Другие добавки
№ 1	Синтетическое	5	0	0	Антиоксиданты
№ 2	Синтетическое	0	5	0	Антиоксиданты
№ 3	Синтетическое	0	0	5	Антиоксиданты
Контроль	Синтетическое	0	0	0	Антиоксиданты

трольным образцом. Биосмазки с добавлением овощных экстрактов полностью соответствуют промышленным стандартам по всем рассмотренным параметрам.

Список литературы

1. *Collin P, Thorell L, Kaukinen K, Maki M.* The safe threshold for gluten contaminantion in gluten-free product. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? // Aliment Pharmacol Ther. 2014. № 12. Pp. 1277–1283.

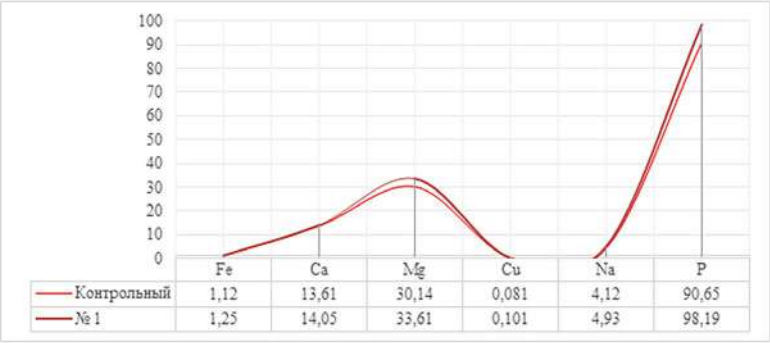
2. *Makovicky P, Makovicky P, Caja F* et al. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future // Gastroenterol Hepatol Bed Bench. 2020. № 13 (1). Pp. 1–7

3. *Yoosuf S., Makharia G. K.* Evolving therapy for Celiac disease // Front Pediatr. 2019. № 7. Pp.193.

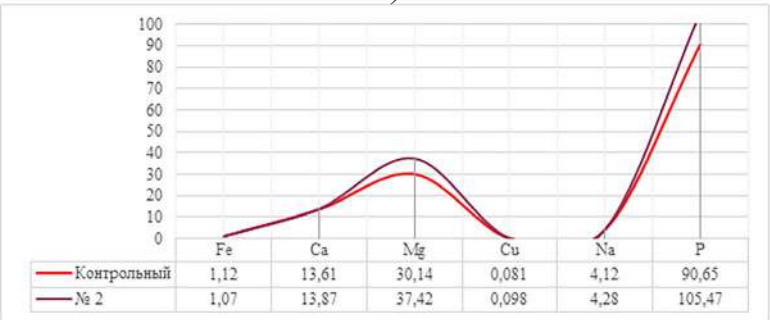
4. *Catassi C., Ratsch I. M., Fabiani E.* et al. Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg // Lancet. 1994. № 343. Pp. 200–203.

5. *Samasca G., Lerner A., Girbovan A.* et al. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus // Eur J Clin Invest. 2017. № 47. Pp. 394–397.

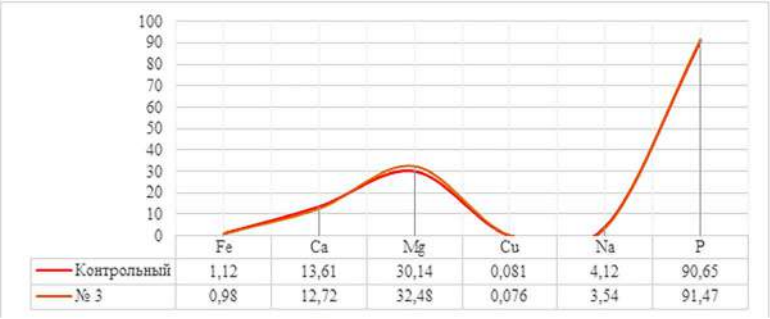
6. *Kabylda A., Sagyntay F., Iztaev A., Muslimov N.* Investigation of the influence of non-traditional raw materials on the rheological properties of dough in the production of gluten-free pasta // The Journal of Hygienic Engineering and Design. 2022. Vol. 40. Pp. 36–40.



а)



б)



в)

Рисунок. Сравнение минеральных составов № 1 (*а*), № 2 (*б*) и № 3 (*в*) с контрольным образцом

7. *Меренкова С. П.* и др. Обоснование применения композиций безглютеновых видов муки в технологии специализированных мучных кондитерских изделий // Вестник ЮжноУральского государственного университета. Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 1. С. 12–20.

8. *Ермош Л. Г., Присухина Н. В.* Использование гречневой и соевой муки для повышения биологической ценности бисквитных изделий // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Красноярск. 2021. С. 286–289.

9. *Присухина Н. В., Ермош Л. Г.* Разработка мучных безглютеновых смесей для производства кондитерских изделий // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Красноярск. 2021. С. 191–196.

10. *de Oliveira do Nascimento K., do Nascimento S., Paes D.* et al. Teff: Suitability for Different Food Applications and as a Raw Material of Gluten-free: literature review // Journal of Food and Nutrition Research. 2018. Vol 6 (2). Pp. 74–81.

11. *Миневич И. Э., Осипова Л. Л.* Сравнительная характеристика некоторых видов муки для производства безглютеновых пищевых продуктов // Хлебопродукты. 2018. № 8. С. 42–44.

12. *Parikh M., Maddaford T. G., Austria J. A.* et al. Dietary Flaxseed as a strategy for improving human health // Nutrients. 2019. Vol. 11. № 5. Pp. 1171.

13. *Wang L., Chen Y., Wu F.* et al. LUTI: a double-function inhibitor isolated from naked flax seeds // Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai). 2019. Vol. 51. № 10. Pp. 989–996.

14. *Cheng C., Yu X., McClements D. J.* et al. Effect of flaxseed polyphenols on physical stability and oxidative stability of flaxseed oil-in-water nanoemulsions // Food Chem. 2019. Vol. 301. Pp. 125207.

Reference

1. Collin P, Thorell L, Kaukinen K, Maki M. The safe threshold for gluten contaminantion in gluten-free product. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? *Aliment Pharmacol Ther*, 2014, no. 12, pp. 1277–1283.

2. Makovicky P, Makovicky P, Caja F et al. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*, 2020, no. 13 (1), pp. 1–7

3. Yoosuf S., Makharia G. K. Evolving therapy for Celiac disease. *Front Pediatr*, 2019, no. 7, pp.193.

4. Catassi C., Ratsch I. M., Fabiani E. et al. Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg. *Lancet*, 1994, no. 343, pp. 200–203.

5. Samasca G., Lerner A., Girbovan A. et al. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus. *Eur J Clin Invest*., 2017, no. 47, pp. 394–397.

6. Kabylda A., Sagyntay F., Iztaev A., Muslimov N. Investigation of the influence of non-traditional raw materials on the rheological properties of dough in the production of gluten-free pasta. *The Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2022, vol. 40, pp. 36–40.

7. Merenkova S. P. et al. Justification of the use of gluten-free flour compositions in the technology of specialized flour confectionery products. *Bulletin of the South Ural State University. Food and biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 12–20.

8. Ermosh L. G., Prisukhina N. V. The use of buckwheat and soy flour to increase the biological value of biscuit products. *Science and education: experience, problems, prospects for development: materials of international scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2021, pp. 286–289.

9. Prisukhina N. V., Ermosh L. G. Development of gluten-free flour mixtures for the production of confectionery products. *Science and education: experience, problems, prospects for development: materials of international scientific and practical conference.* Krasnoyarsk, 2021, pp. 191–196.

10. de Oliveira do Nascimento K., do Nascimento S., Paes D. et al. Teff: Suitability for Different Food Applications and as a Raw Material of Gluten-free: literature review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2018, vol. 6 (2), pp. 74–81.

13. Minevich I. E., Osipova L. L. Comparative characteristics of some types of flour for the production of gluten-free food products. *Bread products*, 2018, no. 8, pp. 42–44.

12. Parikh M., Maddaford T. G., Austria J. A. et al. Dietary Flaxseed as a strategy for improving human health. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 5, pp. 1171.

13. Wang L., Chen Y., Wu F. et al. LUTI: a double-function inhibitor isolated from naked flax seeds. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2019, vol. 51, no. 10, pp. 989–996.

14. Cheng C., Yu X., McClements D. J. et al. Effect of flaxseed polyphenols on physical stability and oxidative stability of flaxseed oil-in-water nanoemulsions. *Food Chem.*, 2019, vol. 301, pp. 125207.

УДК 633.1(075.8)

Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)
E–mail:
N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

Определение оптимальных сроков проращивания зерна масличных культур на промышленные цели

Determination of the optimal timing of germination of oilseeds cereals for industrial purposes

Исследование сосредоточено на определении оптимального времени прорастания семян масличных культур, таких как подсолнечник, сафлор, лен и рапс, для промышленного применения, в частности, для производства биосмазок. Для максимизации концентрации жирных кислот, измеряемой кислотным числом, используются контролируемые условия проращивания. Установлено, что оптимальное время прорастания составляет примерно 8,9 дня для подсолнечника, 8,8 дня для сафлора, 8,7 дня для льна и 9 дней для рапса. Эти результаты имеют важное значение для разработки устойчивых технологических протоколов в производстве биосмазок.

The study focused on determining the optimal germination time for seeds of oil crops like sunflower, safflower, flax, and rapeseed, aimed at industrial applications, specifically the production of bio-lubricants. Controlled germination conditions were

employed to maximize the fatty acid concentration, measured by the acid value. Optimal germination times were found to be approximately 8.9 days for sunflower, 8.8 days for safflower, 8.7 days for flax, and 9 days for rapeseed. These findings offer significant implications for the development of sustainable technological protocols in bio-lubricant production.

Ключевые слова: масличные культуры; подсолнечник; лен масличный; сафлор; яровой рапс; сроки проращивания; промышленные цели.

Keywords: oilseeds; sunflower; oilseed flax; safflower; spring rape; germination dates; food purposes.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно–целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021–2023 гг. (BR10764977).

Ежегодное увеличение объемов производства масличных культур в Казахстане определяет стратегическую необходимость по промышленной переработке сырья для целей производства промышленных биосмазок. Традиционно фокус на переработке масличного сырья направлен на получение растительных масел, а производственные отходы используются для комбикормов. Сырье этих культур характеризуется оптимальным жирнокислотным составом с содержанием полиненасыщенных жирных кислот и соответствующим соотношением омега-6 и омега-3 кислот, в первую очередь линолевой и линоленовой, которые являются ключевыми компонентами для производства биосмазок [1, 2, 3].

Определение оптимальных временных параметров проращивания зерна масличных культур для промышленных целей, а именно в процессе синтеза биолубрикантов на основе липидных экстрактов, является неотъемлемым этапом в разработке научно обоснованных технологических протоколов. С учетом актуальности замещения традиционных минеральных масел экологически устойчивыми аналогами, зерна масличных культур представляют собой перспективное сырье для получения высокоэффективных биосмазочных материалов [4, 5].

Цель данной работы – определение оптимальных сроков проращивания зерна масличных культур с целью повышения эффективности производства промышленных биосмазок. Особое внимание уделяется изучению влияния времени проращивания на кислотное число жиров и содержание биологически активных компонентов, что критически важно для разработки технологических протоколов производства биосмазок.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования используются семена масличных культур урожая 2021 г. (см. рис. 1) Проращивание проводилось в строго контролируемых условиях влажности, температуры и освещенности на протяжении различных временных интервалов. По завершении каждого интервала проводятся химико-аналитические исследования для определения кислотного числа жира и биохимические анализы для оценки общей биологической ценности.

а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 1. Семена подсолнечника сорт «Рауан» (*а*), льна масличный сорт «Костанайский» (*б*); сафлора сорт «Ника 80» (*в*) и ярового рапса сорт «Гульсары» (*г*).

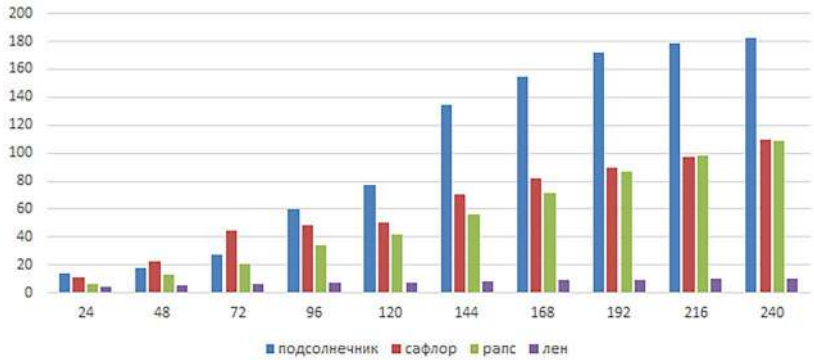


Рис. 2. Динамика роста объектов исследования при проращивании семян масличных культур

Результаты и обсуждение

Изучение динамики образования вегетативной массы при проращивании семян масличных культур, таких как подсолнечник, сафлор, рапс и лен, было направлено на определение оптимальных сроков для производства промышленных биосмазок из экстрактов пшеницы. Длина пророщенного объекта L, мм в функции от времени проращивания t, ч показывает различные скорости роста вегетативной массы (см. рис. 2). В частности, подсолнечник проявляет наибольший рост, с 14 до 182 мм за 240 ч. Семена сафлора и рапса показывают средние значения, с 11 до 110 мм и с 6 до 109 мм, соответственно. Лен характеризуется замедленным образованием вегетативной массы. Наименьшими значениями образования вегетативной массы характеризуются семена льна масличного. При их проращивании 24 ч длина семян составляет 4,5 мм. Увеличение сроков проращивания до 120 ч приводит к росту длины пророщенных семян льна до 7,5 мм, а при увеличение t = 240 ч длина вегетативной массы составляет 10,2 мм.

Эти данные критически важны для определения оптимальных сроков проращивания с целью максимизации выхода эффективных компонентов для производства биосмазок.

Далее изучается динамика изменения витаминного состава объектов исследования в процессе их проращивания. Результаты исследований представлены в табл. 1–4.

Изучение углеводного состава проращенных семян масличных культур применительно к производству промышленных биосмазок из экстрактов пшеницы показывает оптимальные сроки проращивания. Концентрация витаминов группы В достигает пика на 3–4 день, а витамины Е (γ-токоферолы и β-токоферолы) имеют максимальное значение на 1–3 день проращивания. Эти сроки также критически влияют на содержание витамина С и витамина А в семенах льна. Математическая статистика позволяет оптимизировать числовые значения и установить динамику изменения углеводного состава. Данные критически важны для определения оптимальных сро-

Таблица 1

Состав пророщенных семян подсолнечника

№	Наименование показателя	Пророщенные семена подсолнечника				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	–	0,13±0,026	–	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,32±0,13	0,14±0,059	–	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,33±0,066	0,17±0,034	0,28±0,056	–	–
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,066±0,012	–	0,13±0,023	–	–
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,091±0,018	0,24±0,048	0,18±0,036	0,21±0,042	0,22±0,44
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	–	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					–
3.1	α-токоферол	23,02	19,67	8,45	2,39	–
3.2	β-токоферол	–	–	–	0,1	–
3.3	γ-токоферол	0,71	1,28	0,66	0,26	1,08
3.4	δ-токоферол	1,61	–	0,38	1,32	
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,05±0,017	0,12±0,04	–	

Таблица 2

Состав пророщенных семян рапса

№	Наименование показателя	Пророщенные семена рапса				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,23±0,046	–	0,11±0,022	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,34±0,143	0,61±0,256	0,98±0,41	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,7±0,34	0,33±0,66	0,65±0,13	0,18±0,036	0,57±0,114
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,055±0,01	0,046±0,008	0,11±0,02	0,12±0,022	0,16±0,029
2.5	B_6 (пиридоксин)	3,1±0,62	0,44±0,088	–	0,32±0,064	0,41±0,082
2.6	B_c (фолиевая кислота)	0,055±0,01	0,013±0,002	–	0,021±0,004	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	10,35	8,5	9,22	55,75	–
3.2	β-токоферол	–	–	–	–	–
3.3	γ-токоферол	8,17	6,46	5,0	18,53	12,83
3.4	δ-токоферол	1,48	–	3,66	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	0,02±0,0068	0,01±0,0034	–	–

Таблица 3

Состав пророщенных семян сафлора

№	Наименование показателя	Пророщенные семена сафлора				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	–	–	–	–	–
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,073±0,014	–	0,15±0,03	0,19±0,038	0,24±0,048
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,33±0,138	0,064±0,027	0,27±0,113		0,098±0,041
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	1,0±0,2	0,27±0,054	2,0±0,4	0,6±0,12	0,96±0,192
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,12±0,022	0,66±0,012	0,32±0,058	0,43±0,077	0,48±0,086
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,42±0,084	0,39±0,078	0,53±0,106	0,22±0,04	0,26±0,052
2.6	B_c (фолиевая кислота)	0,16±0,032	0,037±0,007	0,049±0,01	0,042±0,008	0,028±0,006
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:					
3.1	α-токоферол	26,1	38,67	6,13	–	–
3.2	β-токоферол	4,0	5,28	1,48	1,65	–
3.3	γ-токоферол	5,05	7,62	2,3	4,02	9,0
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	–	–	0,02±0,0068	–	–

Таблица 4

Состав пророщенных семян льна

№	Наименование показателя	Пророщенные семена льна				
		1 день	3 день	5 день	7 день	9 день
1	Витамин А, мг/100 г	1,66	1,31	1,47	3,82	
2	Водорастворимые витамины, мг/100 г, в том числе:					
2.1	B_1 (тиаминхлорид)	0,25±0,05	0,61±0,26	–	–	–
2.2	B_2 (рибофлавин)	0,11±0,046	0,62±0,26	–	–	–
2.3	B_3 (пантотеновая кислота)	0,74±0,148	0,21±0,042	0,79±0,158	–	–
2.4	B_5 (никотиновая кислота)	0,13±0,023	0,073±0,013	0,15±0,027	–	–
2.5	B_6 (пиридоксин)	0,91±0,18	–	0,27±0,054	0,77±0,015	0,14±0,028
2.6	B_c (фолиевая кислота)	–	0,015±0,003	–	–	–
3	Витамин Е, мг/100 г, в том числе:				–	–
3.1	α-токоферол	–	–	0,73	–	–
3.2	β-токоферол	–	–	0,25	–	–
3.3	γ-токоферол	15,82	11,39	7,87	12,47	12,49
3.4	δ-токоферол	–	–	–	–	–
4	Витамин С, мг/100 г	0,72±0,244	0,93±0,316	1,12±0,380	0,63±0,214	0,21±0,07

ков проращивания с целью максимизации выхода эффективных компонентов для производства биосмазок. Уравнение регрессии примет общий вид:

$$y = ax^2+bx+c, \quad (1)$$

где *a, b, c* – коэффициенты уравнения регрессии [6, 7].

Поиск максимального значения уравнения регрессии, т. е. кислотного числа жира и соответствующий срок проращивания осуществлен с помощью стандартной функции «Поиск решения» приложения *Microsoft Excel* (см. рис. 3).

Коэффициенты уравнений регрессии, полученные при обработке экспериментальных данных кислотного числа жира в пророщенных масличных культурах приведены в табл. 5.

На основании табл. 5 строятся графики зависимостей, которые наиболее точно характеризуют процесс гидролиза жирнокислотного состава пророщенных семян масличных культур. Графическая интерпретация оптимальных сроков проращивания злаковых культур по кислотному числу жира представлена на рис. 4, что предоставляют ценные указания для многочисленных исследований [8–16].

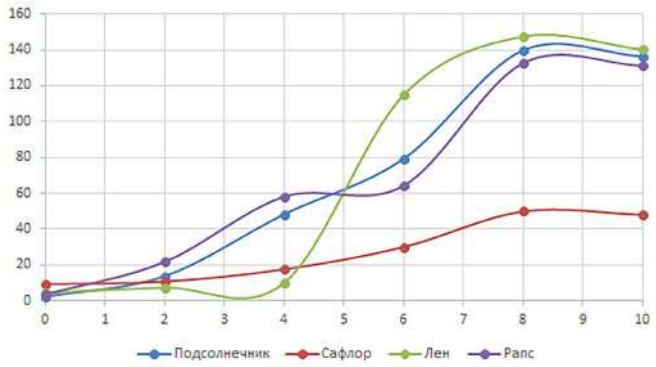


Рис. 3. Экспериментальные значения динамики изменения кислотного числа жира масличных культур при проращивании

Вывод. В ходе исследования определены оптимальные временные параметры проращивания масличных культур для получения максимального кислотного числа жира, актуального для производства промышленных биосмазок из экстрактов пшеницы. Согласно данным, наилучшее кислотное число жира в семенах подсолнечника составляет 146,2 мг·КОН/г и достигается через 8,9 суток или 213,4 ч проращивания. В случае сафлора оптимальное кислотное число жира равно 51,7 мг·КОН/г, которое наступает за 8,8 суток или 212 ч. Для льна максимальное кислотное число жира составляет 149,4 мг·КОН/г и обнаруживается после 8,6 суток или 207,3 ч. В рапсовых семенах максимум кислотного числа жира равен 140,6 мг·КОН/г и достигается за 9 суток или 216 ч. Эти результаты предоставляют ценные указания для промышленного сектора, направленного на эффективное использование масличных культур в производстве биосмазок.

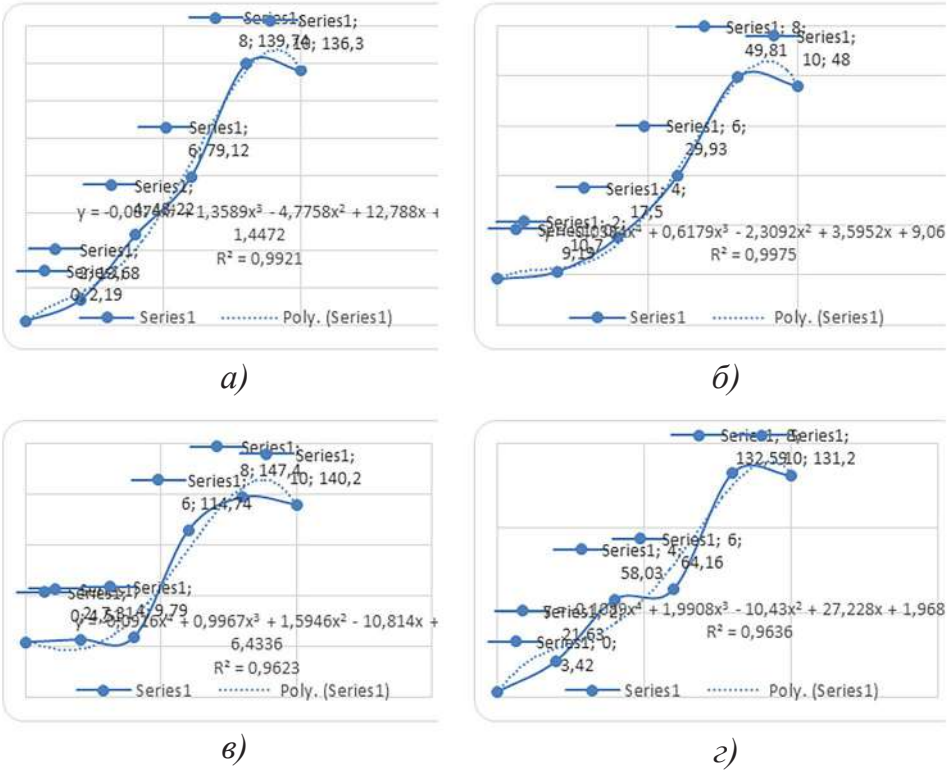
Список литературы

1. *Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A.* et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса:

Таблица 5

Коэффициенты уравнений регрессии и оптимальный срок проращивания масличных культур

Культура	Коэффициенты уравнения регрессии			Срок проращивания		Максимальное кислотное число жира
	a	*b*	*c*	сутки	час	
Подсолнечник	–8,0075	142,42	–487,1	8,9	213,4	146,2
Сафлор	–2,7112	47,897	–159,85	8,8	212,0	51,7
Лен	–4,9825	86,085	–222,4	8,6	207,3	149,4
Рапс	–8,7275	156,4	–560,05	9,0	216,0	140,6



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 4. Оптимальные значения динамики изменения кислотного числа жира пророщенных семян подсолнечника (*а*), сафлора (*б*), льна (*в*) и рапса (*г*)

наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.

2. *Муслимов Н. Ж.* Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.

3. *Ospanov A., Popescu C., Muslimov N.* et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

4. *Пащенко Л. П., Курчаева Е. Е., Бахмет М. П.* Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 2–3. С. 84–87.

5. *Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L.* et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.

6. *Liu J.* Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 75. Pp. 351–355.

7. *Cupp-Enyard C.* Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate // Journal of Visualized Experiments. 2008. Vol. 19 (1).

8. *Танашкина Т. В., Семенюта А. А., Троценко А. С.* и др. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленого гречишного солода // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 2. С. 74–80.

9. *Агафонов Г. В., Чусова А. Е., Ковальчук Н. С.* и др. Возможность применения гречихи в технологии ферментированного солода // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 4 (78). С. 170–176.

10. *Lukseviciute V., Luksiene Z.* Inactivation of molds on the surface of wheat sprouts by chlorophyllin-chitosan coating in the presence of visible LED-based light // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2020. Vol. 202. Iss. 1. Pp. 234–243.

11. *Mardar M.* et al. Microbiota of instant cereals and its change during storage // Food Science and Technology. 2019. Vol. 13. № 1. Pp. 114–121.

12. *Pakfetrat S.* The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat // Food Chemistry. 2020. Vol. 332. Iss. 3. Pp. 604–607.

13. *Pandiselvam R.* Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety // Ozone: Science and Engineering. 2019. Vol. 41. Iss. 1. Pp. 17–34.

14. *Khapre* A. P.*, Deshpande H. W., Katke S. D.* A review on microbial contamination of Cereal grains // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. № 3. Pp. 1829–1832.

15. *Науменко Н. В., Ботвинникова В. В.* Исследование рисков контаминации зерновых культур микотоксинами токсигенных плесеней // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 74–81.

16. *Зенькова М. Л.* и др. Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 58–68.

Reference

1. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.

2. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.

3. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

4. Paschenko L. P., Kurchaeva E. E., Bakhmet M. P. Functional food products based on food combinatorics. *News of universities. Food technology*, 2012, no. 2–3, pp. 84–87.

5. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.

6. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, pp. 351–355.

7. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate. *Journal of Visualized Experiments*, 2008, vol. 19 (1), pp. 899–899.

8. Tanashkina T. V., Semenyuta A. A., Trotsenko A. S. et al. Gluten-free low-alcohol drinks from light and stewed buckwheat malt. *Technique and technology of food production*, 2017, no. 2, pp. 74–80.

9. Agafonov G. V., Chusova A. E., Kovalchuk N.S. et al. The possibility of using buckwheat in fermented malt technology. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, vol. 80, no. 4 (78), pp. 170–176.

10. Lukseviciute V., Luksiene Z. Inactivation of molds on the surface of wheat sprouts by chlorophyllin-chitosan coating in the presence of visible LED-based light // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2020, vol. 202, iss. 1, pp. 234–243.

11. Mardar M. et al. Microbiota of instant cereals and its change during storage. *Food Science and Technology*, 2019, vol. 13, no 1, pp. 114–121.

12. Pakfetrat S. The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat. *Food Chemistry*, 2020, vol. 332, iss. 3, pp. 604–607.

13. Pandiselvam R. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. *Ozone: Science and Engineering*, 2019, vol. 41, iss. 1, pp. 17–34.

14. Khapre A. P., Deshpande H. W., Katke S. D. A review on microbial contamination of Cereal grains. *International Journal of Chemical Studies*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 1829–1832.

15. Naumenko N. V., Botvinnikova V. V. Study of the risks of contamination of grain crops with mycotoxins of toxigenic molds. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 74–81.

16. Zenkova M. L. et al. Study of the nutrient profile of sprouted soft wheat grain grown in Belarus. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2020, no. 3, pp. 58–68.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 167:519.81:517

С. В. ВЕРЕТЕХИНА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: Veretehinas@mail.ru
S. V. Veretekhina (Moscow Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Методология моделирования комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта наукоемких изделий

Methodology for modeling a set of measures for integrated logistics support for the export of knowlendge-intensive products

Актуальность исследования заключается в необходимости повышения конкурентоспособности уникальной наукоемкой продукции на международном экспортном рынке. Разработаны теоретико-методологические основы и концептуальные положения управления экспортом, математический инструментарий. Описана методология моделирования комплекса мероприятий ИЛП экспорта на основе концептуальных положений управления социально-экономическими системами. Определена последовательность процедур кастомизации процессов экспорта наукоемкой продукции на основе современной теории управления социально-экономическими системами.

The relevance of the research lies in the need to increase the competitiveness of unique high-tech products in the international export market. The expected results of the study have been implemented: theoretical and methodological foundations of export management, conceptual provisions of export management, mathematical tools are developed. A methodology for modeling a set of export ILP measures based on the conceptual provisions of the management of socio-economic systems is shown. A sequence of procedures for customizing the processes of exporting knowledge-intensive products based on the modern theory of management of socio-economic systems are developed.

Ключевые слова: методология; социально-экономические системы мезоуровня; системный анализ; интегрированная логистическая поддержка; экспорт; новая теория экономических систем.

Keywords: methodology; meso-level socio-economic systems; system analysis; integrated logistics support; export; new theory of economic systems.

Исследование проводится в рамках перечня НИР по общеуниверситетской комплексной теме на 2021–2025 гг. «Формирование условий долгосрочного устойчивого развития России: теория и практика» по кафедре «Системного анализа в экономике» Финансового университета при Правительстве РФ.

Для отраслевых предприятий проблема повышения конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке остается одной из важнейших стратегических задач [1]. Из-за сложных механизмов взаимодействия отраслевого производителя наукоемкой продукции на международном экспортном рынке, возникает необходимость разработки комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта.

За простой изделия, за любые временные задержки функционирования изделия, зарубежный заказчик выставляет международные санкции, штрафная стоимость которых приравнивается к стоимости приобретения изделия [2]. Продвижение наукоемкой продукции на международный рынок можно сравнить с конкурентной борьбой по основным направлениям: надежность, патентная чистота, результирующая стоимость интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации. Как показывает практика международной торговли, цена изделия не является доминирующей. Зарубежный заказчик выставляет требования к высокому уровню технической поддержки и ее стоимости. Для экспортируемой наукоемкой продукции интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) технической эксплуатации представляется набором технических, инженерных и организационных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном/исправном состоянии [3].

Проблема, на решение которой диссертационное исследование: повышение конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции на международном рынке за счет применения методов системного моделирования и с применением методологии многоуровневого системного моделирования.

Цель данной работы – разработка комплекса мероприятий по интегрированной логистический поддержке экспорта наукоемкой продукции, направленного на повышение конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке. Объектом исследования выступает процесс поставки наукоемкой продукции отечественного производства на экспорт. К предмету исследования относится организация процесса интегрированной логистической поддержки экспорта отечественной наукоемкой продукции, включая информационное сопровождение ее технической эксплуатации, управление процессами жизненного цикла и послепродажного обслуживания на основе моделирования структуры зависимости между показателями.

Методы исследования

Использованы методы системного анализа и экономико-математического моделирования, технико-экономического моделирования, функционально-стоимостного анализа, оптимизации, факторного анализа, детерминированного анализа зависимостей показателей, новой теории экономических систем.

Степень разработанности проблемы исследования

Вопрос сложности вывода отраслевой наукоемкой продукции на международный

экспортный рынок рассматривается в работах российских ученых. Бахтизиным А. Р. дается оценка влияния санкционных ограничений в количественном и отраслевом аспектах [4]. Основы стратегического управления экономикой в современных условиях представлены научными исследованиями Клейнера Г. Б. [5]. Подходы к трансформации в новых реалиях изложены в работах Прокофьева С. Е. [6]. Развитие цифровой экономики регионального уровня представлены работами коллектива российских ученых под руководством Эскиндарова М. А. [7, 8]. Необходимость разработки новых методов оценки определена коллективом российских ученых под руководством Федотовой М А., Тазихиной Т. В. [9]. Вопросы оптимизации управления представлены в теоретических исследованиях Филькина М. Е. [10]. Факторы феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем описаны в работах Щепетовой С. Е. [11]. Общим подходом к реализации ИЛП для отраслей: авиастроения [1], судостроения [12], машиностроения [13] является внедрение информационного обеспечения [14]. Уникальная наукоемкая продукция радиолокации проектируется в единичных экземплярах. Отличительной особенностью экспорта единичных экземпляров наукоемких изделий в зарубежные страны является: способы транспортирования изделия; планирование материально-технической базы; согласование технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП и планируемой нормы прибыли; GIS-локация изделия, складов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП), персонала.

Выявленные проблемы и способы их решения

Методология комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта направлена на повышение конкурентоспособности российской наукоемкой продукции на международном экспортом рынке. С этой целью выявлены проблемы, для решения которых разработаны методики, модели, алгоритм, механизм информационной поддержки, проведены вычислительные эксперименты. Для экспортируемой наукоемкой продукции ИЛП технической эксплуатации представляется набором технических, инженерных и организационных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном/исправном состоянии [15, 16].

Формулировка *основной задачи, стоящей перед отечественным производителем:* как провести конструирование уникального наукоемкого экспортируемого изделия так, чтобы обеспечить его транспортирование составными частями и выдержать расчетные значения ТТХ изделия, стоимости ИЛП технической эксплуатации на длительном этапе послепродажного обслуживания в зарубежной стране?

Формулировка *основной задачи, стоящей перед зарубежным заказчиком:* как дорого придется заплатить за ИЛП технической эксплуатации, в том случае если приобретаемое наукоемкое изделие планируется использовать на длительном жизненном цикле с высоким значением коэффициента готовности?

Две стороны заинтересованы найти обоюдовыгодное решение в части согласования технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП. Если такое решение найдено, экспорт наукоемкого изделия в отдельно взятую зарубежную страну становится возможным (целесообразным) и это является только первым шагом обеспечения конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке. Для своевременного вывода наукоемкой про-

дукции на экспорт, требуется выполнение комплекса мероприятий. Разработка методологии комплекса мероприятий включает разработку (проведение):

- базовой системы показателей ИЛП, как основы согласования с зарубежным заказчиком технических характеристик, экономических показателей и результирующей стоимости технической эксплуатации изделия на длительном жизненном цикле послепродажного облуживания наукоемкого изделия на объектах зарубежного заказчика;
- предложения по созданию нового вида паспорта для экспортируемой наукоемкой продукции, который выступает «генетическим паспортом» изделия;
- системы поддержки принятия решений на основе цифрового двойника изделия;
- научного подхода эмпирической аргументации логического упорядочения входных данных системы поддержки принятия решений;
- концептуальной модели управления экспортом и оценку модели квалиметрическим методом патентной чистоты;
- итерационного алгоритма возможности/ /целесообразности экспорта уникального наукоемкого изделия в зарубежную страну с гарантией качества технического обслуживания;
- технико-экономического моделирования в лицензионном программном обеспечении, обобщение результатов исследования;
- вычислительных экспериментов с изменением значений входных основных и вспомогательных параметров для выявления значения планируемой нормы прибыли;
- непараметрического метода эконометрического моделирования на основе показателя поддерживаемости, который выступает «экономическим барометром» планируемой нормы прибыли;
- механизма информационной поддержки для ситуации экспорта в условиях новой экономической реальности (санкции, финансовые ограничения, новые правила международной торговли; новые требования стандартов интегрированной логистической поддержки и др.);
- методики расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей одиночного и группового комплектов с высоким уровнем точности по номенклатуре и стоимости;
- функционально-стоимостного анализа системы управления для включения отдела ИЛП в общую структуру организации, с целью осуществляющего контроля и надзора своевременного вывода наукоемкой продукции на экспорт;
- положений кастомизации экспорта;
- актуализации пунктов внешнеторгового контракта.

Методология представлена комплексом мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта, направлена на повышение конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке.

Выявленные проблемы и способы их решения

С этой целью выявлены проблемы, для решения которых разработаны методики, модели, алгоритм, механизм информационной поддержки, концептуальные положения управления экспортом, система поддержки принятия решений на основе цифрового двойника изделия и др.

Для решения проблемы согласования технических характеристик, экономических показателей и результирующей стоимости ИЛП, автором разработана базовая система

показателей ИЛП. Метод построения базовой системы показателей ИЛП технической эксплуатации уникального экспортируемого изделия, необходимой и достаточной для проведения предсказательного моделирования функционирования изделия при заданных зарубежным заказчиком значениях тактико-технических характеристик и природно-климатических условиях. В отличие от методов построения системы показателей ИЛП технической эксплуатации наукоемких изделий, рекомендуемых зарубежными стандартами *DEF STAN 00-60*, *AECMA S1000D*, разработанный автором метод отличается уникальностью комплектования номенклатуры показателей ИЛП, которая выступает «генетическим паспортом» изделия, дает возможность предсказать функционирование изделия по основным показателям жизнеспособности изделия на длительном периоде технической эксплуатации. В сложившейся ситуации, когда использование паспорта экспортного облика и рекламного паспорта ограничено группами секретности, возникает необходимость разработки паспорта ИЛП. В условиях новой экономической реальности, обусловленной происходящими изменениями, имеется необходимость разработки паспорта ИЛП технической эксплуатации. Предложение получило поддержку, выносится на обсуждение в технический комитет ТК 482 «Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения».

Для решения проблемы управления стоимость ИЛП разработан цифровой двойник изделия. Уникальность цифрового двойника изделия соответствует уникальным техническим характеристикам и функциональному предназначению изделия. В системе поддержки принятия решения используется цифровой двойник изделия и итерационный алгоритм. Итерационный алгоритм нацелен на поиск такого сочетания технических характеристик, экономических показателей и суммарной результирующей стоимости ИЛП, которые бы удовлетворили зарубежного заказчика и отечественного производителя функциональностью изделия и высоким уровнем технической эксплуатации. Алгоритм разработан на основе принципов математического моделирования: адекватность, вариативность, вычислимость. Автором проведено научное обоснование неизменяемых, изменяемых основных и вспомогательных входных параметров. Подход варьирования входных изменяемых значений дает возможность избежать существенных затрат на проведение вычислительных экспериментов. Определены факторы управления стоимостью ИЛП. Имитационный алгоритм имеет итеративную природу. Конечной итерацией является достижение согласия между отечественным производителем и зарубежным заказчиком по тактико-техническим характеристикам, экономическим показателям, результирующей стоимости ИЛП. Применение итерационного алгоритма приближает управленческое решение о возможности/целесообразности экспорта уникального наукоемкого изделия в зарубежную страну с гарантией качества технического обслуживания. СППР выступает инструментом технико-экономического анализа динамического состояния экономических систем мезоуровня, а именно: отраслевого производителя на международном экспортном рынке.

Для решения проблемы выявления патентной чистоты автором разработана концептуальная схема управления экспортом и оценка концептуальной схемы управления квалиметрическим методом патентной чистоты. Среди существующих методов оценки систем управления, таких как метод экспертных оценок, метод оценки качества систем управления, метод оценки

результативности, диалектический (анализ) и эвристический (синтез) методы оценки, автором разработан квалиметрический метод патентной чистоты для экспортируемого изделия отрасли радиолокации. Квалиметрический метод оценки патентной чистоты основан на анализе численных значений пяти патентно-правовых показателей. Патентная чистота экспорта определяется отраслевым предприятием в отношении конкретных стран. Предложенный автором метод позволяет провести отбор стран, в которые экспорт наукоемкой продукции не возможен, не рекомендован. Патентной чистотой является юридическое свойство, подтверждающее свободное использование наукоемкой продукции в странах, без нарушения действующих на их территориях патентов. Проведенный анализ зависимости пяти патентно-правовых показателей, показал влияние патентно-правового показателя экспорта на другие показатели, что определяет его наибольшую значимость по отношению к остальным. Результаты моделирования патентной чистоты, при установленных отраслевым производителем коэффициентах для, групп значимости, составе изделия и других показателях, позволили выявить регион влияния. Применение авторской методики оценки управления экспортом квалиметрическим методом патентной чистоты позволяет выявить 2 страны из 10, в которые экспорт наукоемкого изделия невозможен и нерекомендован. В исследовании представлены результаты моделирования патентной чистоты изделия при установленных отраслевым производителем значениях коэффициентов весомости (A_1, A_2), количестве составных частей изделия, основной/вспомогательной групп значимости (N_1, N_2). Для вариантов *II* и *III* применяется увеличение значений количества:

1) составных частей изделия из основной группы значимости, попадающих под действие патентов данной страны (N_{1+1});

2) составных частей изделия вспомогательной группы значимости, попадающих под действие патентов (N_{2+1}).

Вариант *IV* возникает в случае неопределенности, в отношении стран, где данные определить/получить не представляется возможным. Основные критерии патентной чистоты: законодательство; конвенционная заявка, применяемость СЧИ, фонды, релевантные патенты, претензии, законность выдачи патентов, результаты пяти патентно-правовых показателей. Среди статистических методов оценки, таких как частотный, Байесовский, фидуциальный, методов по стандартам ГОСТ Р 50.1.100–2015 *(ISO/ /ЕК 1358762012 (NEQ)* и других, требующих большого количества статистических данных, автором используется метод с минимальным набором данных высокой точности для определения значений патентно-правовых показателей. Высокая точность значений коэффициентов весомости, составных частей изделия основной и вспомогательной групп значимости, попадающих под действие патентов по вариантам, дают возможность применить квалиметрический метод патентной чистоты. Высокую точность априорных данных отраслевой производитель наукоемкой продукции обеспечивает посредством их извлечения из классификаторов и отраслевой базы знаний (*Big Science*) [3].

Для решения проблемы отсутствия информационной поддержки отраслевого предприятия, входящего в состав оборонно-промышленного комплекса и находящегося в условиях санкционных ограничений экспорта, автором разработан механизм, включающий мероприятия по выходу производителя из зоны риска, а именно:

1) согласование с государственным заказчиком (Рособоронэкспорт) номенклатуры применяемой базы микроэлектроники, радиотехники;

2) обеспечение более 50 % российской радиоэлементной базы и вычислительной техники в составе основных и вспомогательных составных частей изделия, что позволяет с высокой степенью достоверности определить значение показателя патентной чистоты для экспортируемого изделия Р(пч)э в условиях реальной ситуации экспорта;

3) определение временного интервала своевременного вывода отраслевой наукоемкой продукции на международный рынок.

Применение механизма информационной поддержки является актуальным для случая, когда 50 % требуемой информации о патентной чистоте отсутствуют. Например: возможность подачи конвенционной заявки; определение релевантных патентов; региональный/страновый анализ претензий; юридическая проверка законности выдачи патентов по региону, и другое (4 из 8 отсутствуют). Механизм включает: подход управления экспортом на основе концептуальной схемы управления экспортом, оценки схемы управления квалиметрическим методом патентной чистоты, системы поддержки принятия решения на основе цифрового двойника изделия, технико-экономического анализа для ситуации экспорта наукоемкой продукции в регион Ближнего Востока [17].

Для решения проблемы комплектования изделия запасами, автором разработана методика расчета стоимости комплектов запасных частей и принадлежностей одиночного и группового ЗИП. Получено свидетельство о депонировании (правообладатель Финансовый университет при Правительстве РФ). Подход формирования достаточности комплектации ЗИП позволяет обеспечить работоспособность изделия в зарубежной стране, при соблюдении установленного коэффициента готовности. Достаточность ЗИП позволяет устранить основные риски, к которым относятся:

1) сбой в системе;

2) неисправность восстанавливаемая (отремонтировать/заменить), невосстанавливаемая (замена на новый компонент, не ремонтировать);

3) живучесть;

4) ремонтопригодность.

Суммарно, устранение перечисленных рисков обеспечивает бесперебойную работу изделия. Среди существующих методик расчета комплектов ЗИП, таких как, автоматизированная система «АСОНИКА-К-ЗИП», методика расчета согласно «Руководящим указанием по конструированию», методика расчета и оптимизации показателей достаточности для одноуровневых и двухуровневых систем и другое, автором разработана методика высокой точности в определении номенклатуры и стоимости комплектов ЗИП. В основе методики лежит принцип определения расчетной точки, в случае неопределенности, а именно: когда расчетная точка с координатами (α_i, d_{io}) (среднее количество заявок α_i и показатель достаточности d_{io}) находятся между кривыми, то в этом случае значение n_i берется по ближайшей кривой для большего n_i (количество элементов в ЗИП).

К методике прилагается конкретный пример расчета ЗИП для невосстанавливаемых составных частей изделия. Новизной является применение отраслевых корректирующих графиков на основе принципа поиска расчетной точки для случая неопределенности. Высокая точность расчета ЗИП по номенклатуре и стоимости обеспечивает достаточность запасов. Тем самым, исключается возможность выставления санкций по отношению к российскому производи-

теля для случая отсутствия требуемого элемента в составе ЗИП. Зарубежный заказчик в контракте указывает штрафные санкции за простой изделия в связи со срывом сроков и несвоевременным восстановлением работоспособности изделия. Отсутствие на складах зарубежного заказчика требуемого элемента ЗИП, приводит к простою изделия. Если наукоемкое изделие несет в себе функции оборонного значения, то в случае простоя изделия, зарубежный заказчик считает, что по отношению к зарубежному государству не выполнены требования, установленные контрактом.

В рамках исследования проведена сравнительная характеристика расчетов номенклатуры ЗИП по трем различным методикам: методика расчета в соответствии с требованиями стандарта «Надежность военной техники»; методика расчета по нормативному документу «Руководящие указания по конструированию»; методика расчета с использованием корректирующих отраслевых графиков «Методика расчета комплектов ЗИП для экспортируемой наукоемкой продукции». В результате сравнительного анализа трех методик определено, что методика расчета с использованием корректирующих отраслевых графиков дает более точный вариант расчета по номенклатуре. Основной задачей сравнительного анализа трех методик являлось определение оптимально минимально-необходимого уровня элементов ЗИП. Дополнительно, к методике прилагается инструкция по применению расчетов для случаев неопределенности достаточности по каждому элементу. Новизна методика заключается в выявлении:

- новых качеств: современный отраслевой подход к расчету номенклатуры; возможность автоматизации расчетов, современный подход в управлении системы менеджмента качества предприятия;
- новых технологических преимуществ: удовлетворение требования зарубежного заказчика; соотношение цена/качество;
- новых экономических преимуществ: математический инструментарий апробирован на предприятии; легко автоматизируется, что сокращает затраты на оплату труда научно-технических работников, труд которых связан с разработкой с моделированием;
- новых областей применения: для образовательных программ дополнительного и профессионального обучения (ДПО) специалистов экономической, внешнеэкономической деятельности, системных аналитиков, программистов, алгоритмистов;
- новых полезных эффектов: оптимизация затрат на поиск и апробирование расчетных методик; снижение риска санкций за простой изделия;
- дополнительных мер государственной поддержки экспорта продукции: повышение конкурентоспособности российской наукоемкой продукции на международном экспортном рынке за счет применения методов системного моделирования к процессу интеграционно-логистического обеспечения экспорта для стран с различными климатическими параметрами.

Для решения проблемы выявления планируемой нормы прибыли и движения денежного потока автором разработан непараметрический метод эконометрического моделирования на основе показателя поддерживаемости, который выступает «экономическим барометром» и «сигнальным маячком» в ограничении планируемой нормы прибыли. С этой целью автором проведены вычислительные эксперименты. Лучший вариант вычислительный эксперимента имеет регистрационный номер: «Проект

13-19-15». Для выявления влияния коэффициента готовности материально-технического обеспечения, автором разработан математический инструментарий определения показателя поддерживаемой, который выражен соотношением коэффициента готовности к стоимости затрат. Через вероятность безотказной работы, определено влияние коэффициента поддерживаемости на значение планируемой нормы. В вычислительном эксперименте планируемая норма прибыли рассматривается для вариантов: 1, 15, 20, 25 %. Как показывает вычислительный эксперимент, изменение параметра «планируемая норма прибыли» влечет за собой изменение объемов запасов. Анализ данных вычислительного эксперимента технико-экономического моделирования показывает, что увеличение значения коэффициента эксплуатационной готовности ($К_{эг}$) с 0,8 до 0,9 с шагом 0,5 влечет за собой увеличение затрат на инфраструктуру, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), материально-техническое обеспечение (МТО). Показатель поддерживаемости зависит от технических и организационных факторов, к которым относятся: надежность (в технико-экономическом предложении, надежность изделия определяется численным значением общей наработки на отказ (ч/год) и среднее время ремонта.

Выносится предположение, что при плановом ТО вероятность случайных отказов мала, тогда время на внеплановые работы значительно меньше времени, затраченного на профилактические работы. Выводится формула стоимости затрат, связанных с необходимостью хранения всех видов запасов. Верхняя оценка стоимости одного часа определена отраслевым классификатором. Параметр отказов определен пуассоновский простейшим потоком (справочник). Из преобразования соотношений видно, что показатель поддерживаемости убывает с ростом величины P_0 вероятности безотказной работы. Другими словами, значение показателя поддерживаемости зависит от интенсивности отказов (надежности), заданной вероятности безотказной работы, от ремонтопригодности, которая определяется трудоемкостью обслуживания, а также от затрат, связанных с техническим обслуживанием. Практическая применяемость показателя поддерживаемости, как и показателя конкурентоспособности, является величиной относительной. Стоимость запасов, к которым относятся: «первичный запас», запас комплектов одиночного и группового ЗИП, базовый комплект ЗИП, «страховой запас». Для обеспечения высокого уровня технической эксплуатации на гарантийном периоде в 10 лет, ситуацию экспорта можно сравнить с поставкой наукоемкого изделия и такого же изделия, поставляемого в качестве запасных частей. Вычислительный эксперимент показал, что увеличение планируемой нормы прибыли влечет за собой увеличение затраты запасов и оборотные фонды.

«Экономическим барометром», который выступает «сигнальным маячком», ограничивающим планируемую норму прибыли, выступил показатель поддерживаемости. Автором разработан математический инструментарий применения показателя поддерживаемости как отношения коэффициента готовности к затратам на запасы. Для подтверждения применяемости показателя поддерживаемости в эконометрическом моделировании автором приводится пример его применения для серийных наукоемких изделий. В сравнительной характеристике, использование коэффициента поддерживаемости наукоемкой продукции на этапе ее эксплуатации для летальных аппаратов, другим исследователем проводится оценка парка авиационной техники через среднее значение коэффициента исправности. При-

меняется метод псевдосостояний для определения запасов и пуассоновский поток отказов для изделий авиационный техники. Учет трудовых и финансовых затрат рассматривался для парка самолетов, по всем видам технического обслуживания. Существующий подход исследователя в области авиастроения основан на оценке чувствительности стоимости ЖЦ парка изделий к различным параметрам, характеризующим показатель поддерживаемости [18]. Автор указывает, что моделирование проводится при ограниченных данных.

Для случая экспорта наукоемкой продукции в системе поддержки принятия решения на основе цифирного двойника, используются проработанные (уточненные) входные параметры. Именно с использованием уточненных значений входных параметров обеспечивается точность получаемых значений технико-экономического предложения российского поставщика услуг. Показатель поддерживаемости выступает «экономическим барометром», ограничивающим увеличение оборотных фондов и стоимость запасов. Не целесообразно бесконечно увеличивать затраты на запасы, так как изделие характеризуется высокими значениями показателей: надежности, безотказности, эксплуатационно-ремонтной технологичности. На титульном листе проекта технико-экономического предложения поставщика услуг «Проект 13-19-15» значение планируемой нормы прибыли указано 10 %. Возможно, что в реальной ситуации экспорта, планируемая норма прибыли может принимать значения более 50 %, при этом расчетные значения стоимости запасов, в реальной жизни, могут и не соблюдаться. Расчетные системы технико-экономического моделирования позволяют производить любые вычисления. Точность вычислительного эксперимента обеспечена разработанными уточненными входными параметрами. Проведение эконометрического моделирования, с использованием непараметрического метода на основе показателя поддерживаемости, дает возможность определить/рекомендовать планируемую норму прибыли.

Для выявления равномерности движения денежного потока автором проведено технико-экономического моделирование для различных вариантов изменения планируемой нормы прибыли, с шагом 5 %. Среди существующих видов денежных потоков, классифицируемых международными стандартами учета, различают денежные потоки: по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. По стабильности временных интервалов рассматривается равномерный период, по годам (гарантийный срок 10 лет). Сущность значения денежных потоков хозяйствующих субъектов описана в работах Б. Колас, А. Н. Азрилян, И. Т. Балабанов, С. Майерс, Р. Кох, Г. И. Хотинская. Эконометрика, как наука, рассматривает количественные и качественные изменения, их взаимосвязи с помощью статистических, математических методов и моделей. Эконометрика сегодня представлена параметрической и непараметрической эконометрикой. Возникновение эконометрики представлено в трудах Ф. Гальтона, К. Пирсона, Ф. Джуорта. Важным этапом в развитии эконометрики является принцип нахождения «экономического барометра», который является предсказателем изменений и выступает «сигнальным маячком». Непараметрические методы являются прикладными методами. Существующий непараметрический метод основан на поиске двух основных характеристик: нотны[1] (максимального отклонения статистических данных, вызванного интервально-

[1] Нотна – это максимальное отклонение статистических данных, вызванное интервальностью исходных данных http://bourabai.bladeweb.org/econometrics/chapter09.htm

стью исходных данных) и рационального объема выборки. В отличие от уже существующих методов, автором предлагается не параметрический метод, где «экономическим барометром» выступает показатель поддерживаемости. Предложен новый метод расчета показателя поддерживаемости через коэффициент готовности и результирующую стоимость запасов. В формулу добавляются уточняющие значения временных параметров.

Для выявления чистоты и прозрачности применяемых численных значений всех применяемых параметров, получен окончательный проект технико-экономического предложение поставщика услуг. По результатам окончательного варианта технико-экономического моделирования, сформирован документ «Проект технико-экономического предложения поставщика услуг». Вычислительный эксперимент обеспечил чистоту и прозрачность технико-экономического моделирования. Уточненными (разработанными) значениями выступают:

1) GIS-локация изделия; складов ЗИП, проживание персонала;

3) значения тактико-технических характеристик;

4) стоимость затрат (по видам);

5) планируемая норма прибыли;

6) выбранный уровень материально-технического обеспечения;

7) стоимость нормо-часа работ (1200 руб./ч);

8) гарантийный срок (10 лет);

9) общая наработка на отказ (ч/год);

10) рентабельность (10 %);

11) сроки амортизации зданий и сооружения (20 лет);

12) сроки амортизации оборудования (10 лет);

13) структура цены полного комплекта услуг.

Титульный лист технико-экономического предложения поставщика услуг представлен «Проектом 13-19-15». Исследование автора направлено на повышение конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции за счет применения системного моделирования к процессу интеграционно-логистического обеспечения ее экспорта.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования докладываются и получают одобрение на международных и всероссийских научных конференциях, круглых столах, научных семинарах, а именно:

- Международном форуме МАС-2023 «Цифровая трансформация во благо человека» по теме «Информационно-коммуникационные технологии интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации наукоемких изделий на объектах эксплуатации заказчика»;
- V Международной научно-практической конференции «Современные тренды управления и цифровая экономика: от регионального развития к глобальному экономическому росту» (MTDE 2023);
- *International Scientific Conference «SCIENTIFIC RESEARCH OF THE SCO COUNTRIES: SYNERGY AND INTEGRATION»* Пекин, Китай, с прямой трансляцией на Индонезию и Вьетнам;
- Международной практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы» по теме: «Моделирование номенклатуры показателей эксплуатационно-технических характеристик интегрированной логистической поддержки экспортируемой наукоемкой продукции;

- XVIII Международной научно-практической конференции под редакцией И. Н. Щепиной;
- Международной научно-практической конференции Международной Академии Информатизации с 2021по 2023 гг. и др.

Результаты исследования внедрены в программы дополнительного и профессионального образования Высшей школы управления человеческим капиталом Финансового университета. Результаты функционально-стоимостного анализа в системе управления используются в научной деятельности Российского государственного социального университета, представлены результатами НИР. Результаты исследования используется при подготовке и согласовании расчетно-калькуляционных материалов, являющихся приложениями к договорам жизненного цикла на обслуживание и поставку экспортируемых изделий в АО «НИЦ «Прикладная логистика». Исследование поддержано отраслевым предприятием АО «НПК «НИИДАР» концерна ВКО «Алмаз-Антей». Представлено заключение о том, что в исследовании отсутствуют материалы составляющие секретные сведения и сведения, подлежащие засекречиванию. Акт внедрения выдан отраслевым предприятием. Получено Свидетельство о депонировании (Правообладатель Финансовый университет при Правительстве РФ) «Методика расчетов комплектов одиночного и группового ЗИП для экспортируемых наукоемких изделий». Материалы исследования используются в преподавании дисциплин: «Интегрированная логистическая поддержка», «Информационные технологии поддержки жизненного цикла» на кафедре «Информационных технологий, искусственного интеллекта и социально-политических технологий цифрового общества».

Заключение

Приобретая дорогие и наукоемкие изделия, заказчик предполагает масштабное строительство материально-технической базы, складов промежуточного и временного хранения запасных частей, инструментов и принадлежностей. Предложенный новый итерационный алгоритм позволяет, во-первых, оценить стоимость такой системы ИЛП и, соответственно, планируемые расходы заказчика, и, во-вторых, позволяет добиваться согласия между изменениями в ТТХ изделия и финальной стоимостью ИЛП. На уровне итерационного моделирования заказчик и производитель могут последовательно и прозрачно видеть всю структуру стоимости ИЛП в ситуациях необходимости корректировки параметров изделия и добиваться приемлемых финансовых условий для обеих сторон.

Производитель экспортируемого наукоемкого изделия АО «НПК «НИИДАР» концерна ВКО «Алмаз-Антей» подтверждает, что разработанная автором базовая система показателей является необходимой и достаточной для последующего математического, технико-экономического моделирования ИЛП инструментальными методами экономики (Рецензия от 05.04.2023). Доктор военных наук, профессор, Генеральный директор, Председатель Правления АО «Концерн «Радиотехнические и Информационные Системы» Ю. Г. Аношко выражает поддержку исследованиям (письмом от 14.04.2023 № НД/и-1305/23 на исходящий номер № И-8753 от 29.12.2022).

Дополнительно, автором разработана и оформлена результатами индивидуальной деятельности авторская «Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) экспортируемой наукоемкой продукции». Получено свидетельство о депонировании. Оформлен акт приема-передачи расчетной методики по

номенклатуре и стоимости ЗИП по договору № 02/01.18-23 об отчуждении исключительного права (имущественных прав) на произведение.

СППР способствует решению проблем управления экспортом наукоемкой продукции, обеспечивает поиск обоюдовыгодного решения для отечественного производителя и зарубежного заказчика в части согласования технических характеристик, экономических показателей и стоимости ИЛП технической эксплуатации для случая экспорта наукоемкой продукции в зарубежную страну.

Применяемый автором подход углубленной детализации состава изделия позволяет разработать цифрового двойника изделия реального мира. Аппаратом управления выступает итерационный алгоритм. Достоинством алгоритма является логическое упорядочение входных неизменяемых и изменяемых основных и вспомогательных параметров. Эмпирическая аргументация логического упорядочения входных изменяемых и неизменяемых параметров обосновывает количество проводимых итераций. Инструментом технико-экономическое анализа первичной обработки данных выступает лицензионное программное обеспечение *Mercury*. Достигаемые значения ТТХ, экономические показатели и результирующая стоимость ИЛП, вторичной обработкой данных проводятся в приложении для работы с электронными таблицами. Вторичная обработка данных проводится вычислительными экспериментами до момента достижения согласия между отечественным производителем и зарубежным заказчиком. Научной новизной инструмента анализа в процессах принятия решения является углубленная микроуровневая детализация цифрового двойника изделия, авторский итерационный алгоритм [15] вторичной обработки данных технико-экономического анализа, базовая система показателей ИЛП с расчетно-подтвержденными численными значениями эксплуатационно-технических характеристик ИЛП.

Применение комплекса мероприятий дает возможность, для схожей ситуации экспорта, обеспечивать своевременный вывод других наукоемких изделий на международный экспортный рынок.

Выводы. 1. Достоинством исследования является авторский подход в разработке системы поддержки принятия решения заключается с углубленной микроуровневой детализации состава изделия, представленного цифровым двойником изделия. В итерационном алгоритме вторичной обработки данных технико-экономического анализа, автором применяется базовая система показателей ИЛП для уникального экспортируемого наукоемкого изделия. Авторский подход логического упорядочения вход изменяемых основных и вспомогательных параметров СППР существенного сокращает количество итераций, тем самым оптимизирует трудовые, финансовые, материальные затраты и вычислительные ресурсы.

2. Прямой выход отраслевых предприятий на международный экспортный рынок сопряжен с трудностями санкционных ограничений. Применение СППР экспорта наукоемкой продукции в отдельно выбранную страну, может применяться для случая экспорта наукоемкой продукции в другие зарубежные страны. В алгоритме итерационного моделирования, географическое размещение наукоемкого изделия, складов и мест проживания технического персонала, могут выноситься как на ручную обработку данных, так использовать GIS-координаты размещения изделия, складов и мест проживания персонала. Подход логического упорядочения входных изменяемых основных и вспомогательных параметров применим

для случая экспорта наукоемкой продукции в другие зарубежные страны.

3. СППР для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия является дополнительным инструментом технико-экономического анализа динамического состояния экономических систем. Отраслевые предприятия, использующие СППР для экспорта наукоемкой продукции, обеспечивают чистоту и прозрачность определения результирующей стоимости ИЛП. Результирующая стоимость ИЛП приводится в рублевом эквиваленте. Технико-экономическое моделирование предусматривает применение других условных денежных единиц. В итерационном алгоритме учтены особенности экспорта: выбор зарубежной страны можно менять в произвольном порядке; денежные единицы могут быть условными; стоимость транспортирования изделия выносится отдельными затратами и прописывается в положениях внешнеторгового контракта, с распределением юридической ответственности между отечественным производителем и зарубежным заказчиком.

Список литературы

1. *Алексанян А. Р., Ицкович А. А., Файнбург И. А.* Метод интегрированной логистической поддержки формирования процедур поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 22–27.

2. *Морковкин Д. Е.* Создание интегрированного логистического обеспечения транспортно-логистической системы обеспечения безопасности и устойчивого развития социально-экономического развития // Транспортное право и безопасность. 2018. № 4 (28). С. 83–92.

3. *Перечень* стандартов: Интегрированная логистическая поддержка. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции // Системы автоматизации производства и интеграция URL: https://cals.ru/ndocs.

4. *Бахтизин А. Р.* Вопросы прогнозирования в современных условиях // Экономическое возрождение России. 2023. № 3 (76). С. 53–62.

5. *Клейнер Г. Б.* Системная парадигма как теоретическая основа стратегического управления экономикой в современных условиях // Управленческие науки. 2023. № 13 (1). С. 6–19.

6. *Прокофьев С. Е.* Финансовый университет: подходы к трансформации в новых реалиях // Финансы. 2022. Т. 8. С. 46–51.

7. *Эскиндаров М. А., Грузина Ю. М., Харчилава Х. П., Мельничук М. В.* Роль человеческого потенциала в цифровой экономике на институциональном и региональном уровне // Экономика региона. 2022. Т. 18 (4). С. 1105–1120.

8. *Машкова А. Л. Бахтизин А. Р.* Анализ отраслевой структуры и динамики товарообмена между Россией, Китаем, США и Европейским союзом в условиях торговых ограничений // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2023. Т. 16 (3). С. 54–80.

9. *Федотова М. А. Тазихина Т. В.* Роль социально-экономических факторов в формировании стоимости компании // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18 (1). С. 180–184.

10. *Филькин М. Е.* Решение задач логистики и оптимизации управления цепочками поставок с помощью технологии блокчейна // Экономика и управление: проблемы и решения. 2021. Т. 2. № 8 (116). С. 53–60.

11. *Щепетова С. Е.* Качество жизни: о факторах феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 06–3. С. 257.

12. *Галкина О., Рындин А., Рябенький Л.* и др. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // CADmaster. 2007. С. 48–51.

13. *Судов Е. В.* Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции: Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: МВМ. 2003. 263 с.

14. *Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В.* Технологии интегрированной

логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро». 2006. 232 с.

15. *Веретехина С. В.* Вычислительный эксперимент на основе алгоритма имитационной модели управления принятием решения о возможности экспорта наукоемкого изделия // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 285–290.

16. *Веретехина С. В.* Регрессионный анализ зависимости тактико-технических характеристик и показателя эксплуатационно-экономической эффективности. Монография. Издательство ООО «Директ-Медиа». 2023. 72 с.

17. *Веретехина С. В.* Разработка и оценка имитационной модели управления экспортом квалиметрическим методом патентной чистоты // Экономика строительства. 2023. № 8. С. 52–58.

18. *Гриценко А. Е.* Анализ показателя поддерживаемости наукоемкой продукции на этапе ее эксплуатации: практические задания. URL: https://lab18.ipu.ru/projects/conf2006/4/2.htm.

References

1. Aleksanyan A. R., Itskovich A. A., Feinburg I. A. The method of integrated logistics support for the formation of procedures for maintaining the airworthiness of aircraft. *Civil Aviation High Technologies*, 2014, no. 205, pp. 22–27.

2. Morkovkin D. E. Creation of integrated logistics support for the transport and logistics system for ensuring safety and sustainable development of socio-economic development. *Transport Law and Security*, 2018, no. 4 (28), pp. 83–92.

3. List of standards: Integrated logistics support. Information technologies for supporting the life cycle of products. *Production automation systems and integration*, available at: https://cals.ru/ndocs.

4. Bakhtizin A. R. Forecasting issues in modern conditions. *Economic revival of Russia*, 2023, no. 3 (76), pp. 53–62.

5. Kleiner G. B. System paradigm as a theoretical basis for strategic economic management in modern conditions. *Management Sciences*, 2023, no. 13 (1), pp. 6–19.

6. Prokofiev S. E. Financial University: approaches to transformation in new realities. *Finance*, 2022, vol. 8, pp. 46–51.

7. Eskindarov M. A., Gruzina Yu. M., Kharchilava Kh. P., Melnichuk M. V. The role of human potential in the digital economy at the institutional and regional level. *Regional Economics*, 2022, vol. 18 (4), pp.1105–1120.

8. Mashkova A. L. Bakhtizin A. R. Analysis of the industry structure and dynamics of trade between Russia, China, the USA and the European Union in the context of trade restrictions. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2023, vol. 16 (3), pp. 54–80.

9. Fedotova M. A. Tazikhina T. V. The role of socio-economic factors in the formation of a company's value. *Problems of economics and legal practice*, 2022, vol. 18 (1), pp. 180–184.

10. Filkin M. E. Solving problems of logistics and optimization of supply chain management using blockchain technology. *Economics and management: problems and solutions*, 2021, vol. 2, no. 8 (116), pp. 53–60.

11. Shchepetova S. E. Quality of life: on the factors of the phenomenon of «displacement of goals and functions» of socio-economic systems. *Economics and management: problems, solutions*, 2017, no. 06–3, pp. 257.

12. Galkina O., Ryndin A., Ryabenkiy L. et al. Electronic information model of shipbuilding products at various stages of the life cycle // *CADmaster*, 2007, pp. 48–51.

13. Sudov E. V. *Integrirovannaja informacionnaja podderzhka zhiznennogo cikla mashinostroitel'noj produkcii: Principy. Tehnologii. Metody. Modeli* [Integrated information support for the life cycle of engineering products: Principles. Technologies. Methods. Models]. Moscow, MVM, 2003, 263 p.

14. Sudov E. V., Levin A. I., Petrov A. V., Chubarova E. V. *Tehnologii integrirovannoj logisticheskoj podderzhki izdelij mashinostroenija* [Technologies for integrated logistics support for mechanical engineering products]. Moscow, InformBuro, 2006, 232 p.

15. Veretekhina S. V. Computational experiment based on an algorithm for a simulation model of decision-making control on the possibility of

exporting a high-tech product. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 285–290.

16. Veretekhina S. V. *Regressionnyj analiz zavisimosti taktiko-tehnicheskih harakteristik i pokazatelja ekspluatacionno-jekonomicheskoj effektivnosti* [Regression analysis of the dependence of tactical and technical characteristics and the indicator of operational and economic efficiency]. Monograph. Publishing house LLC «Direct-Media», 2023. 72 p.

17. Veretekhina S. V. Development and evaluation of a simulation model for export management using the qualimetric method of patent purity. *Construction Economics*, 2023, no. 8, pp. 52–58.

18. Gritsenko A. E. *Analiz pokazatelja podderzhivaemosti naukoemkoj produkcii na jetape ee jekspluatacii* [Analysis of the indicator of support for high-tech products at the stage of its operation: practical tasks], available at: https://lab18.ipu.ru/projects/conf2006/4/2.htm.

УДК 519.81:517

С. В. ВЕРЕТЕХИНА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва); В. В. ВЕРЕТЕХИН (АО «НПК «НИИДАР», г. Москва)
E-mail: Veretehinas@mail.ru
S. V. Veretekhina (Moscow Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow); V. V. Veretekhin (JSC «Distant radiocommunication scientific research institute», Moscow)

Система поддержки принятия решения для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия

Decision support system for the export of knowledge-intensive products based on the digital twin of the product

Актуальность исследования заключается необходимостью повышения конкурентоспособности уникальной наукоемкой продукции на международном экспортном рынке. Основной проблемой является то обстоятельство, что зарубежный заказчик хочет знать: сколько придется заплатить за интегрированную логистическую поддержку технической эксплуатации, чтобы своевременно и качественно поддерживать работоспособность изделия при соблюдении заданного уровня технической готовности. Для решения этой задачи разработан цифровой двойник изделия. В цифровой двойник изделия введены реальные данные о составе изделия, функциональных, логистических связях составных частей изделия, временных ограничениях, видах технического обслуживания, планируемой норме прибыли. Уникальность цифрового двойника изделия соответствует уникальным техническим характеристикам и функциональному предназначению изделия. В системе поддержки принятия решения используется цифровой двойник изделия и итерационный алгоритм. Итерационный алгоритм нацелен на поиск такого сочетания технических характеристик,

экономических показателей и суммарной результирующей стоимости интегрированной логистической поддержки, которые бы удовлетворили зарубежного заказчика и отечественного производителя функциональностью изделия и высоким уровнем технической эксплуатации. Алгоритм разработан на основе принципов математического моделирования: адекватность, вариативность, вычислимость. Автором научно обоснованы изменяемые, неизменяемые, основные и вспомогательные входные параметры итерационного моделирования. Подход варьирования входных изменяемых значений дает возможность избежать существенных затрат на моделирование целесообразности экспорта уникальной наукоемкой продукции в зарубежную страну. Определены факторы управления стоимостью интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации. Имитационный алгоритм имеет итеративную природу. Конечной итерацией является достижение согласия между отечественным производителем и зарубежным заказчиком по тактико-техническим характеристикам, экономическим показателям, стоимости интегрированной логистической поддержки. Применение итерационного алгоритма приближает управленческое решение о возможности/целесообразности экспорта уникального наукоемкого изделия в зарубежную страну с гарантией качества технического обслуживания. СППР служит инструментом технико-экономического анализа динамического состояния экономических систем мезоуровня, а именно: отраслевого производителя на международном экспортном рынке.

One of the problems of exporting unique high-tech products to foreign countries is the fact that a foreign customer wants to know how much they will have to pay for integrated logistics support for technical operation in order to maintain the product's operability in a timely and high-quality manner while observing a given level of technical readiness. To solve this problem, a digital double of the product has been developed. The digital double of the product contains real data on the composition of the product, functional, logistical connections of the components of the product, time constraints, time to failure, types of maintenance, planned profit margin. The uniqueness of the digital double of the product corresponds to the unique technical characteristics and functional purpose of the product. The decision support system uses a digital duplicate of the product and an iterative algorithm. The iterative algorithm is aimed at finding such a combination of technical characteristics, economic indicators and the total resulting cost of integrated logistics support that would satisfy a foreign customer and a domestic manufacturer with the functionality of the product and a high level of technical operation. The algorithm is developed based on the principles of mathematical modeling: adequacy, variability, computability. The author scientifically substantiates changeable, immutable, basic and auxiliary input parameters of iterative modeling. The approach of varying input variable values makes it possible to avoid significant costs for modeling the feasibility of exporting unique high-tech products to a foreign country. The cost management factors of integrated logistics support of technical operation are determined. The simulation algorithm has an iterative nature. The final iteration is to reach agreement between a domestic manufacturer and a foreign customer on tactical

and technical characteristics, economic indicators, and the cost of integrated logistics support. The use of an iterative algorithm brings the management decision about the possibility/expediency of exporting a unique high-tech product to a foreign country with a guarantee of the quality of maintenance.

Ключевые слова: цифровой двойник; итерационный алгоритм; моделирование; технико-экономический анализ; интегрированная логистическая поддержка; система поддержки принятия решения.

Keywords: digital double; iterative algorithm; modeling; technical and economic analysis; integrated logistics support; decision-making system.

Концепция «цифрового двойника» является частью четвертой промышленной революции и призвана помочь предприятиям решать задачи, одной из которых является точность прогнозирования. Те отраслевые предприятия, которые планируют наукоемкие изделия на экспорт, сталкиваются с проблемами прогнозирования стоимости интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации изделия на длительном периоде послепродажного обслуживания. С целью обеспечения точности прогнозирования разрабатывается цифровой двойник изделия и система поддержки принятия решения.

Цифровой двойник изделия (ЦДИ) – это цифровая модель реально существующего прототипа изделия. Он отображает состав изделия, функциональные и логистические связи составных частей изделия (СЧИ). ЦДИ содержит реальные данные о технических характеристиках изделия, стоимости СЧИ, видах технического обслуживания (ТО), средней наработки на отказ каждой СЧИ, временных характеристиках (среднего времени на ремонт, времени восстановления СЧИ и изделия в целом) и других технических характеристиках, эксплуатационно-экономических показателей, планируемой норме прибыли. Цифровой двойник изделия предназначен для проведения имитационного моделирования в системе поддержки принятия решения.

Одной из проблем экспорта уникальной наукоемкой продукции в зарубежные страны является то обстоятельство, что зарубежный заказчик хочет знать: сколько придется заплатить за интегрированную логистическую поддержку (ИЛП) технической эксплуатации, чтобы своевременно и качественно поддерживать работоспособность изделия при соблюдении заданного уровня технической готовности. С целью согласования стоимости ИЛП и комплекса мероприятий по технической эксплуатации изделия с гарантией качества со стороны отечественного производителя, проводятся итерационные вычисления. Общее количество итераций зависит от достижения согласия между отечественным производителем и зарубежным заказчиком по тактико-техническим характеристикам (ТТХ), экономическим показателям и результирующей стоимости ИЛП. Основной задачей достижения согласия является поиск таких входных и выходных параметров, которые бы удовлетворили отечественного производителя и зарубежного заказчика. Чем выше (по уровню готовности) значения тактико-технических характеристик и длиннее период гарантийного обслуживания, тем сложнее отечественному производителю гарантировать зарубежному заказчику высокий уровень технической эксплуатации.

Формулировка *основной задачи, стоящей перед отечественным производителем:* как провести конструирование уникального на-

укоемкого экспортируемого изделия так, чтобы обеспечить его транспортирование составными частями и выдержать расчетные значения ТТХ изделия, стоимости ИЛП технической эксплуатации на длительном этапе послепродажного обслуживания в зарубежной стране?

Формулировка *основной задачи, стоящей перед зарубежным заказчиком:* как дорого придется заплатить за ИЛП технической эксплуатации, в том случае если приобретаемое наукоемкое изделие планируется использовать на длительном жизненном цикле с высоким значением коэффициента готовности?

Две стороны заинтересованы найти обоюдовыгодное решение в части согласования технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП. Если такое решение найдено, экспорт наукоемкого изделия в отдельно взятую зарубежную страну становится возможным (целесообразным). Расчетные значения технических характеристик, экономических показателей, результирующей суммарной стоимости указываются в основных руководящих документах, а именно: в техническом задании на проектирование, во внешнеторговом контракте, в договоре купли-продажи, в соглашении на перевозку товара. Дополнительно, руководящими указаниями являются отраслевые инструкции по маркировке, упаковке, погрузке/разгрузке товара, инструкции по транспортированию изделия автомобильным транспортом в зарубежной стране с указанием качества дорожного полотна. В перечисленных документах указываются точные численные значения, которые зарубежный заказчик и отечественный производитель согласовывают между собой и уточняют все вытекающие из этих численных значений производные, а именно: штрафные санкции; период выставления инвойса; условные единицы измерения валют и др.

Предлагаемый в работе алгоритм позволяет последовательными итерациями приближаться к решению основной задачи. На первом этапе алгоритм принимает данные о желаемых ТТХ изделия и первым приближением в этом случае является выходная результирующая стоимость ИЛП. Как правило, на первой итерации, как заказчик, так и производитель могут быть не удовлетворены значениями технических характеристик и экономических показателей. На следующих этапах имеется возможность пересчитать результирующую стоимость ИЛП, путем обоснованного изменения входных параметров системы и проведения следующего вычислительного эксперимента (последующие итерации). Фактор, ограничивающий общее количество итераций (которое теоретически может быть слишком большим для вычислительных мощностей), определяется конкретными параметрами операционной задачи, которые объясняют (доказывают) необходимость (возможность) вносимых изменений. Первичные расчеты проводятся в лицензионном программном обеспечении технико-экономического моделирования *Mercury*. Часть данных выносится на ручную обработку, поскольку некоторые факторы подвержены высокой степени неопределенности и не подлежат автоматизированной обработке. К примеру, как правило, отсутствуют данные о ландшафте страны экспорта, местах размещения базы материально-технического облуживания (МТО), транспортной инфраструктуре, GIS-локации размещения изделия, складов длительного и промежуточного хранения, складов запасных частей и принадлежностей группового и одиночного ЗИП, местах проживания технического персонала. Проектирование месторасположения (GIS-локации) проводится алгорит-

мами Флойда-Уоршелла в ручном режиме. Алгоритм Флойда-Уоршелла является динамическим алгоритмом вычисления кратчайших путей для каждой из вершин графа. Он удобен тем, что позволяет рассчитать кратчайший путь от места дислокации изделия до мест проживания технического персонала, складов, базы МТО [1].

Содержательная постановка задачи разработки системы поддержки принятия решения экспорта наукоемкой продукции в условиях происходящих изменений экономической и экспортной политики стран в отношении России

Особенностью разработки СППР для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия является специфика новых экономических обстоятельств, возникших после 2022 г. в связи с изменением экономической и экспортной политики большинства стран в отношении РФ. Большая часть отраслевых предприятий сталкивается с проблемой исполнения рекомендуемых требований новых стандартов ИЛП технической эксплуатации к экспортируемой наукоемкой продукции. В качестве примера можно привести отрасль изделий для радиолокации. Спецификой данной отрасли является тот факт, что радиолокационные изделия, будучи стационарными, имеют временные ограничения на ремонт составных частей изделия непосредственно на объекте эксплуатации. За простой изделия, за любые временные задержки функционирования, зарубежный заказчик выставляет международные санкции, штрафная стоимость которых приравнивается к стоимости приобретения изделия [2]. Общие подходы к реализации технологии ИЛП для изделий машиностроения представлены в источнике [3], а подходы к реализации ИЛП по отраслям авиа- и судостроения – в работах [4, 5]. Комплексный подход в исследованиях современных технологий управления обозначен в статье [6]. Социально-экономическая значимость ИЛП транспортной инфраструктуры представлена в исследовании [7]. Оценка происходящих событий в части стандартизации процессов ИЛП представлена отечественными учеными в работе [8]. Система электронной идентификации инструмента по отрасли двигателестроения представлена в источнике [9]. Анализ зарубежных стандартов ИЛП стран США и Великобритания представлен в работе [10]. «Центр каталогизации и информационных технологий» (КАТАЛИТ) по основному направлению деятельности, проводит исследования по государственным оборонным заказам, участью которых является внедрение информационного обеспечения эксплуатации и ремонта изделий на основе *CALS*-технологий [11].

Приведенный обзор публикаций российских ученых указывает на актуальность проблематики применения технологий ИЛП в различных отраслях промышленности. Отраслевые производители, как правило, имеют серийные изделия (самолеты, корабли, двигатели, наземный транспорт и др.), где на экспорт предполагается меньшая доля от производства. Уникальная наукоемкая продукция радиолокации проектируется в единичных экземплярах и имеет технологию ИЛП, в значительно мере отличающуюся от технологии ИЛП серийных изделий не экспортного значения. В частности, отличительной особенностью экспортных наукоемких изделий является длительный послепродажный период технического обслуживания, а именно: гарантийного, послегарантийного облуживания и ремонта. В отличие от подходов отраслевых организаций по внедрению технологии ИЛП для серийных изделий, автором используется углубленная детализация вплоть до уровня характеристик составных частей изделия.

Цифровой двойник описывает изделие на микроуровне, а именно:

- применяется разукрупнение состава изделия до предельно возможного (система-подсистема-агрегат-блок-узел-ячейка);
- структурная и функциональная схемы изделия эксплицируют виды процессов, протекающих в функциональных блоках подсистем;
- стоимость каждой составной части изделия приближена на порядок реальной величины;
- за каждой составной частью изделия закреплен технический ремонтный персонал с соответствующим уровнем квалификации;
- применяется анализ деревьев отказов;
- применяются нормативные временные интервалы на ремонт и восстановление СЧИ;
- определены периоды времени, в течение которых анализируется фактическое количество исправных СЧИ и их влияние на коэффициент исправности;
- определена номенклатура эксплуатационно-технических характеристик ИЛП экспортируемого наукоемкого изделия;
- определены численные значения эксплуатационно-технических характеристик ИЛП;
- разработана базовая система показателей ИЛП, адаптированная для уникального экспортируемого наукоемкого изделия [12].

В отличие от общих подходов разработки сценария материально-технического обеспечения, авторский алгоритм дает возможность учитывать пожелания зарубежного заказчика по исключению стоимости МТО из общей стоимости ИЛП, имея другие отдельные источники финансирования на строительство автомобильных дорог, складов, мест проживания технического персонала, которые нецелесообразно включать в стоимость ИЛП. Также алгоритм предусматривает варьирование стоимости МТО, процентное разделение затрат на строительство зданий, сооружений, закупку оборудования и средства материально-технического обеспечения (МТО). Углубленная микроуровневая детализация позволяет создать такой цифровой двойник изделия, который с большой достоверностью отвечает существующему прототипу изделия реального мира. Имитационное моделирование по авторскому итерационному алгоритму дает наиболее точный результат результирующей стоимости ИЛП. Эмпирическая аргументация логического упорядочения входных изменяемых и неизменяемых параметров, сокращает количество итераций, что приводит к оптимизации трудовых, финансовых, материальных затрат, а также ресурсов облачных вычислений. В результате исследования автором разработана система поддержки принятия решения на основе цифрового двойника изделия, которая дает возможность оценить целесообразность экспорта. Научной новизной инструмента анализа в процессах принятия решения является углубленная микроуровневая детализация цифрового двойника изделия, авторский итерационный алгоритм [13] вторичной обработки данных технико-экономического анализа, базовая система показателей ИЛП с расчетно-подтвержденными численными значениями эксплуатационно-технических характеристик ИЛП.

Система поддержки принятия решения на основе ЦДИ

Экспорт наукоемкой продукции усложнился в период введенных санкций. Из-за сложных механизмов взаимодействия отраслевых производителей наукоемкой продукции на международном экспортном рынке, возникла необходимость разработки комплекса мероприятий по интегрирован-

ной логистической поддержке технической эксплуатации экспортируемого наукоемкого изделия по стандартам вооружения и военной техники. С 2017 г. отечественные стандарты по интегрированной логистической поддержке обновлены, часть из них введены впервые [14, 15].

Составляющей частью комплекса мероприятий по ИЛП экспорта является разработка и практическая апробация СППР, которая помогает двум заинтересованным странам найти приемлемые технические характеристики, экономические показатели и результирующую суммарную стоимость интегрированной логистической поддержи технической эксплуатации. Предлагаемый алгоритм позволяет последовательными итерациями приближаться к решению основной задачи. На первом этапе алгоритм принимает данные о желаемых ТТХ изделия, и первым приближением в этом случае является выходная результирующая стоимость ИЛП. Существующие итерационные методы, к примеру, простой метод итерации, методы Якоби (схождения системы показателей с назначенным показателем точности), Зейделя (цикличных процессов) не являются подходящими для решения упомянутой задачи, поскольку, во-первых, для многокритериальной задачи требуют слишком больших вычислительных мощностей, а во-вторых, недостаточно гибкие в отношении настройки используемых параметров.

Автором предлагается подход группового учета входных изменяемых основных и вспомогательных параметров. Данный подход основан на опыте и наблюдениях по проектированию наукоемких изделий под нужды зарубежных заказчиков прошлых периодов. Эмпирическим наблюдением выявлены неизменяемые и изменяемые основные и вспомогательные параметры (см. табл. 1).

Основной целью моделирования в СППР на основе цифрового двойника является изучение поведения отклика системы на изменения основных и вспомогательных входных параметров. Итерации проводятся следующим образом: в систему СППР вводятся такие значения ТТХ, которые зарубежный заказчик выставляет как желаемые: гарантийный срок, коэффициент готовности, наработка на отказ и другое. Такие параметры, как геолокация размещения изделия, складов промежуточного/ /постоянного хранения, технического персонала на географическом ландшафте зарубежной страны не могут быть определены на начальном этапе, поэтому выносятся на вторичную обработку данных. При первом приближении введенных данных оказывается достаточно, чтобы увидеть стоимость ИЛП. На первой итерации, полученная результирующая стоимость ИЛП представляется разбиением затрат по статьям расходов на: транспортирование, оплату труда персонала, текущий ремонт, проведение технического обслуживания и ремонта, оборотные фонды, приобретение оборудования, создание инфраструктуры.

При проведении второй итерации, из данных технико-экономического анализа результирующей стоимости ИЛП, исключается сумма стоимости транспортирования. Экспорт наукоемкой продукции в зарубежные страны оформляется по правилам международной торговли, с указанием условий транспортирования. Транспортирование экспортируемого наукоемкого изделия оформляется отдельным договором международной торговли на перевозку товара с распределением ответственности между отечественным производителем и зарубежным заказчиком за утрату и повреждение товара в процессе перевозки. Условия транспортирования в значительной мере зависят от выбранного вида транспор-

Таблица 1

Факторы управления стоимостью интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации экспортируемого наукоемкого изделия

Факторы управления стоимостью ИЛП		
изменяемые основные входные параметры (1)	изменяемые вспомогательные входные параметры	неизменяемые входные параметры
I	*II*	*III*
1) коэффициент технологической готовности $0{,}699 \le К_{тг} \le 0{,}865$; 2) коэффициент готовности к применению $0{,}963 \le Кгп \le 0{,}986$; 3) коэффициент исправности $0{,}01 \le К_{и} \le 0{,}07$; 4) коэффициент готовности $КГ_{зип} \ge 0{,}9$	1) стоимость нормо-часа на выполнение операций по ТО СЧИ; 2)квалификационный перечень должностей инженерно-технических работников; 3) проектная норма прибыли; 4) периодичность обслуживания; 5) стоимость затрат МТО	1) среднее время восстановления работоспособности составной части изделия; 2) средняя наработка на отказ составных частей изделия; 3) коэффициент готовности изделия при наличии ЗИП (одиночный и групповой); 4) среднее время восстановления составной части изделия; 5) общее временя работы изделия (в сутках); 6) средняя наработка на отказ; 7) срок службы; 8) гарантийный срок службы; 9) ресурс; 10) состав изделия; 11) логистическая структура; 12) структурная схема изделия; 13) функциональная схема; 14) схемы отказов; 15) адаптированная по уровню унификации стоимость СЧИ

та [16]. Дальнейшие итерации в условии многокритериальной задачи оптимизации требуют огромного количества вычислительных мощностей в случае проведения их стандартными методами перебора. С целью оптимизации трудовых, финансовых, материальных затрат и ресурсов облачных вычислений автором применяется подход эмпирической аргументации логического упорядочения входных изменяемых параметров [17]. По номенклатуре показателей эксплуатационно-технических характеристик, применительно к уникальному наукоемкому изделию, автором разработана базовая система показателей ИЛП (см. табл. 2).

Метод построения базовой системы показателей ИЛП технической эксплуатации уникального экспортируемого изделия, необходимой и достаточной для проведения предсказательного моделирования функционирования изделия при заданных зарубежным заказчиком значениях тактико-технических характеристик и природно-климатических условиях. В отличие от методов построения системы показателей ИЛП технической эксплуатации наукоемких изделий, рекомендуемых зарубежными стандартами *DEF STAN 00-60*, *AECMA S1000D*, разработанный автором метод отличается уникальностью комплектования номенкла-

Таблица 2

Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик ИЛП технической эксплуатации экспортируемого наукоемкого изделия

Показатель отказоустойчивости	Показатели надежности	
1.1 коэффициент отказоустойчивости	2.1 показатель безотказности	1. вероятность работ по типовым циклам; 2. средняя наработка на отказ; 3. параметры; 4. интенсивность отказов
	2.2 показатель долговечности	1. ресурс (назначенный, проектный, гамма процентный, средний, до списания)
	2.3 показатель сохраняемости	1. срок средний; 2. срок назначенный
	2.4 показатель эксплуатационно-ремонтной технологичности	1. средняя трудоемкость; 2. средняя продолжительность; 3. коэффициент загрузки исполнителя
1.2 коэффициент опасности особых ситуаций	2.5 показатель контролепригодности	1. частота неподтвержденных отказов; 2. вероятность ложной/отсутствие информации; 3. среднее время поиска отказа
	2.6 показатель комплексный	1. коэффициент готовности к применению; 2. коэффициент технической готовности; 3. коэффициент готовности; 4. коэффициент планируемого применения; 5. коэффициент эксплуатационной готовности; 6. коэффициент исправности; 7. коэффициент эксплуатационно-экономической эффективности; 8. среднее число прерванных типовых циклов на тысячу; 9. удельный суммарная продолжительность восстановления; 10. удельные суммарные затраты на ТО; 11. удельные суммарные затраты на ремонт

туры показателей ИЛП, которая выступает «генетическим паспортом» изделия, дает возможность предопределить функционирование изделия по основным показателям жизнеспособности на длительном периоде технической эксплуатации. Метод построения базовой системы показателей ИЛП технической эксплуатации уникального экспортируемого изделия позволяет разработать систему взаимозависимых показателей, характеристик и коэффициентов ИЛП технической эксплуатации для других уникальных наукоемких изделий, экспортируемых в другие страны, с другими природно-климатическими параметрами. Разработанная автором базовая система показателей ИЛП технической эксплуатации представлена системой взаимозависимых показателей:

$$\begin{cases} КГ_{зип} \geq 0{,}9 \\ 0{,}699 \leq К_{тг} \leq 0{,}865; \\ 0{,}963 \leq К_{гп} \leq 0{,}986; \\ 0{,}01 \leq К_{и} \leq 0{,}07; \\ К_{г}\,(\text{реальные условия}) = К_{эг}; \\ \text{при } m = [T/t], \end{cases} \quad (1)$$

где $КГ_{зип}$ – коэффициент готовности при наличии комплектов ЗИП; $К_{тг}$ – коэффициент технологической готовности; $К_{и}$ – коэффициент исправности;

$m = [T/t]$ – циклов анализа [15/t, где $30 \leq t \leq$ ≤ 365], T – длительность эксплуатации, 30 дней – периодичность времени, в течении которого анализируется фактическое количество исправных состояний изделия.

В техническом задании на проектирование, зарубежный заказчик указывает точное значение коэффициента готовности. Исследование автора как нестрогое неравенство, а именно, коэффициент готовности изделия при наличии в зарубежной стране одиночного и группового ЗИП (запасные части, инструмент и принадлежности) При установленном значение $КГ_{зип} \geq 0{,}9$, коэффициенты технологической готовности, готовности к применению, коэффициент исправности имеют не строгие предельно допустимые значения [12].

Факторами управления стоимостью интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации экспортируемого наукоемкого изделия (см. табл. 2, система показателей (1)) [17]. В процессе итерационного моделирования варьируются входные изменяемые основные и вспомогательные параметры. Алгоритм в системе поддержки принятия решения дает возможность сформировать, как минимум два обоюдовыгодных условия для принятия решения о возможности/целесообразности экспорта. Конечной итерацией выявляются такие значения технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП, которые согласовываются (принимаются) производителем и заказчиком. Высокая точность достигается приближением цифрового дойника изделия к прототипу изделия реального мира. СППР на основе цифрового двойника изделия опирается на основные принципы математического моделирования:

1. *Адекватность* – наукоемкое изделие исследуется с углубленной детализацией на микроуровне по 10 пунктам:

1.1 разукрупнен состав изделия до предельно возможного;

1.2 схемы эксплицируют процессы функциональных блоков;

1.3 стоимость составных частей изделия адаптирована по уровню унификации;

1.4 стоимость оплаты труда персонала соответствует Единому квалификационному справочнику должностей инженерно-технических работников;

1.5 применяется анализ деревьев отказов;

1.6 применяются обоснованные временные интервалы на ремонт и восстановление СЧИ;

1.7 применяются обоснованные циклы анализа контроля исправного состояния;

1.8 номенклатура ИЛП из 31 показателя,

1.9 численные значения эксплуатационно-технических характеристик ИЛП;

1.10 базовая система показателей ИЛП индивидуальная для уникального наукоемкого изделия экспортного варианта.

2. *Вариативность* – итерационный алгоритм дает возможность сформировать несколько вариантов обоюдовыгодных решений о возможности/целесообразности экспорта (*simulation model*);

3. *Вычислимость* (вычислительный эксперимент) – СППР исследуется программными (инструментальными) методами, имеет многовариантный характер.

Основной целью СППР является улучшение эффективности принимаемого решения для отечественного производителя и зарубежного заказчика из нескольких вариантов решений по тактико-техническим характеристика, экономическим показателям и результирующей стоимости ИЛП. Чистота и прозрачность вычислительных экспериментов обеспечивает открыть, что позволяет выбрать одну обоюдовыгодную итерацию, которая в большей степени устраивает две стороны [13]. Таким образом, на основе данных СППР, две заинтересованные стороны находят обоюдовыгодное решение в части согласования технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП [13]. Переходя к формуле результирующей стоимости ИЛП, рассмотрим отдельные слагаемые. Суммарная стоимость интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации экспортируемого наукоемкого изделия определяется формулой [3]:

$$\Sigma_{ИЛП} = \Sigma_{ИЗД}+\Sigma_{ЗИП}+\Sigma_{ИЭТР}+\Sigma_{ТРАНС}+\Sigma_{МТО}+ +\Sigma_{ПЕР}, \quad (2)$$

где $\Sigma_{ИЗД}$, $\Sigma_{ЗИП}$, $\Sigma_{ИЭТР}$, $\Sigma_{ТРАНС}$, $\Sigma_{МТО}$, $\Sigma_{ПЕР}$ – стоимости изделия, одиночного и группового комплектов ЗИП (окончательная), интерактивной формы представления технической документации, транспортирования изделия составными частями, планирования материально-технического обеспечения, оплаты труда технического персонала, соответственно.

Второе слагаемое (стоимость интерактивной формы представления технической документации) рассчитывается по авторской методике расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей одиночного и группового комплектов ЗИП [8]. Для одиночного комплекта ЗИП выражается функцией $f(x)=\sum_{i=1}^{n} C_i$, зависит от номенклатуры и стоимости СЧИ. Для группового комплектов ЗИП функция $g(x)=\sum_{i=1}^{n+m} C_i$ зависит от номенклатуры и стоимости СЧИ одиночного комплекта ЗИП, дополнительно добавляются элементы m. Групповой комплект ЗИП разрабатывается для ремонта изделия после срока гарантийного обслуживания. Групповой комплект ЗИП по стоимости выше, так как по номенклатуре СЧИ повторяет комплект одиночного ЗИП (n) плюс m, где m – добавленное число элементов запасных частей и принадлежностей, выработка на отказ которых происходит значительно позднее этапа гарантийного обслуживания:

$$\begin{cases} f(x)=\sum_{i=1}^{n} C_i; \\ g(x)=\sum_{i=1}^{n+m} C_i, \end{cases} \quad (3)$$

где C_i – стоимости комплекса ЗИП одиночный по номенклатуре n и групповой по номенклатуре m.

Для экспортируемой наукоемкой продукции, разрабатывается последовательность процедур кастомизации процессов экспорта на основе современной теории управления социально-экономическими системами [18]. Процессы экспорта предусматривают разработку положений внешнеторгового контракта, в котором учитывается юридическая ответственность отечественного разработчика и зарубежного заказчика за транспортирование изделия с этапа на этап: отгрузка/погрузка – таможня – разгрузка/ /погрузка – доставка на объект эксплуатации в стране экспорта; риски своевременного выставления инвойса (товаросопроводительной документации), форс-мажор [19]. В формуле (2) изначально не включена стоимость утилизации, для этого имеется ряд обстоятельств:

- полная выработка ресурса изделия зависит способов эксплуатации изделия, что определить не представляется возможным на будущие периоды;

- зарубежные стандарты утилизации отличаются повышенным контролем экологии живой природы.

Зарубежные стандарты утилизации используют вторичную переработку с соблюдением норм экологической безопасности. Требования зарубежных стандартов утилизации, с точки зрения экономической эффективности вторичной переработки, предусматривают утилизацию (изъятие) драгоценных металлов, содержащихся в микроэлектронике. Отдельно утилизации подлежат ядерные, радиоактивные, химические элементы, если такие имеются в составе изделия. Она наступает после последнего внепланового ремонта составных частей изделия. Утилизация имеет высокую стоимость. Зарубежный заказчик, по истечении десятков лет эксплуатации наукоемкой продукции, самостоятельно принимает решение об утилизации. Стоимость таких работ определяется зарубежным заказчиком за счет средств будущих периодов. В процессе итерационного моделирования имеется возможность изменения входных параметров согласно таблице 1, моделирование результирующей стоимости ИЛП формулы (3) проводится несколькими итерациями и может иметь несколько вариантов решений. Окончательным вариантом итерационного моделирования выявляются точные значения технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП.

Основной целью СППР является улучшение эффективности решения, выбором обоюдовыгодного решения для отечественного производителя и зарубежного заказчика из нескольких вариантов решений по точным, согласованным значениям тактико-техническим характеристик, экономический показателей и результирующей стоимости ИЛП. Чистота и прозрачность вычислительных экспериментов позволяет согласовать значения одной обоюдовыгодной итерации, которая в большей степени устраивает две стороны. Таким образом, на основе моделирования в СППР, две заинтересованные стороны находят обоюдовыгодное решение в части согласования технических характеристик, экономических показателей, результирующей стоимости ИЛП, что способствует принятию окончательного решения об экспорте наукоемкого изделия в зарубежную страну. Исследование автора может быть использовано в разработке комплекса мероприятий, направленных на модернизацию механизма государственной поддержки организаций оборонно-промышленного комплекса в условиях санкционных ограничений экспорта наукоемкой продукции на международном рынке.

Заключение

Приобретая дорогие и наукоемкие изделия, заказчик предполагает масштабное строительство материально-технической базы, складов промежуточного и временного хранения запасных частей, инструментов и принадлежностей. Предложенный новый итерационный алгоритм позволяет, во-первых, оценить стоимость такой системы ИЛП и, соответственно, планируемые расходы заказчика, и, во-вторых, позволяет добиваться согласия между изменениями в ТТХ изделия и финальной стоимостью ИЛП. На уровне итерационного моделирования заказчик и производитель могут последовательно и прозрачно видеть всю структуру стоимости ИЛП в ситуациях необходимости корректировки параметров изделия и добиваться приемлемых финансовых условий для обеих сторон.

Производитель экспортируемого наукоемкого изделия АО «НПК «НИИДАР» концерна ВКО «Алмаз-Антей» подтверждает, что разработанная автором базовая система показателей является необходимой и до-

статочной для последующего математического, технико-экономического моделирования ИЛП инструментальными методами экономики (Рецензия от 05.04.2023). Доктор военных наук, профессор, Генеральный директор, Председатель Правления АО «Концерн «Радиотехнические и Информационные Системы» Ю. Г. Аношко выражает поддержку исследованиям (письмом от 14.04.2023 №НД/и-1305/23 на исходящий номер № И-8753 от 29.12.2022).

Дополнительно, автором разработана и оформлена результатами индивидуальной деятельности авторская «Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) экспортируемой наукоемкой продукции». Получено свидетельство о депонировании (правообладатель Финансовый университет при Правительстве РФ). Оформлен акт приема-передачи расчетной методики по номенклатуре и стоимости ЗИП по договору № 02/01.18-23 об отчуждении исключительного права (имущественных прав) на произведение.

СППР способствует решению проблем управления экспортом наукоемкой продукции, обеспечивает поиск обоюдовыгодного решения для отечественного производителя и зарубежного заказчика в части согласования технических характеристик, экономических показателей и стоимости ИЛП технической эксплуатации для случая экспорта наукоемкой продукции в зарубежную страну. Применяемый автором подход углубленной детализации состава изделия позволил разработать цифрового двойника изделия реального мира. Аппаратом управления выступает итерационный алгоритм.

Достоинством алгоритма является логическое упорядочение входных неизменяемых и изменяемых основных и вспомогательных параметров. Эмпирическая аргументация логического упорядочения входных изменяемых и неизменяемых параметров обосновывает количество проводимых итераций. Инструментом технико-экономическое анализа первичной обработки данных выступает лицензионное программное обеспечение *«Mercury»*. Достигаемые значения ТТХ, экономические показатели и результирующая стоимость ИЛП, вторичной обработкой данных проводятся в приложении для работы с электронными таблицами. Вторичная обработка данных проводится вычислительными экспериментами до момента достижения согласия между отечественным производителем и зарубежным заказчиком. Научной новизной инструмента анализа в процессах принятия решения является углубленная микроуровневая детализация цифрового двойника изделия, авторский итерационный алгоритм [13] вторичной обработки данных технико-экономического анализа, базовая система показателей ИЛП с расчетно-подтвержденными численными значениями эксплуатационно-технических характеристик ИЛП.

Выводы. 1. Авторский подход в разработке системы поддержки принятия решения заключается в углубленной микроуровневой детализации состава цифрового двойника изделия. В итерационном алгоритме вторичной обработки данных технико-экономического анализа, применяется базовая система показателей ИЛП для уникального экспортируемого наукоемкого изделия.

2. Авторский подход логического упорядочения вход изменяемых основных и вспомогательных параметров СППР существенного сокращает количество итераций, тем самым оптимизирует трудовые, финансовые, материальные затраты и вычислительные ресурсы. СППР относится к двум экономическим системам, которыми выступают отраслевой производитель и международный экспортный рынок. Прямой выход отраслевых предприятий на между-

народный экспортный рынок сопряжен с трудностями санкционных ограничений. Применение СППР экспорта наукоемкой продукции в отдельно выбранную страну, может применяться для случая экспорта наукоемкой продукции в другие зарубежные страны.

3. В алгоритме итерационного моделирования, географическое размещение наукоемкого изделия, складов и мест проживания технического персонала вынесены на ручную обработку данных. Подход логического упорядочения входных изменяемых основных и вспомогательных параметров применим для случая экспорта наукоемкой продукции в другие зарубежные страны.

4. СППР для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия является дополнительным инструментом технико-экономического анализа динамического состояния экономических систем. Отраслевые предприятия, использующие СППР для экспорта наукоемкой продукции, обеспечивают чистоту и прозрачность определения суммарной стоимости ИЛП.

5. Стоимость расчета интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации для экспортируемого наукоемкого изделия приводится в рублевом эквиваленте. Технико-экономическое моделирование предусматривает применение других условных денежных единиц. В итерационном алгоритме учтены особенности экспорта: выбор зарубежной страны можно менять в произвольном порядке; денежные единицы могут быть условными; стоимость транспортирования изделия выносится отдельными затратами и прописывается в положениях внешнеторгового контракта, с распределением юридической ответственности между отечественным производителем и зарубежным заказчиком [19].

Список литературы

1. *Веретехина С. В., Симонов В. Л., Мнацаканян О. Л.* Модели, методы, алгоритмы и программные решения вычислительных машин, комплексов и систем: учебник. М.: ИНФРА-М. 2020. 306 с.

2. *Веретехина С.В.* Концепция эконометрического моделирования интегрированной логистической поддержки экспорта наукоемких изделий // Model Economy Success. Т. 5. С. 116–120.

3. *Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В.* Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро». 2006. 232 с.

4. *Алексанян А. Р., Ицкович А. А., Файнбург И. А.* Метод интегрированной логистической поддержки формирования процедур поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 22–27.

5. *Галкина О., Рындин А., Рябенький Л.* и др. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // CADmaster. 2007. С. 48–51.

6. *Шилина А. В., Оглезнева А. Н.* Комплексный анализ. Задачи и упражнения: уч. пособ. «Математика», «Механика и математическое моделирование». Пермский государственный национальный исследовательский институт. 2019. 106 с.

7. *Морковкин Д. Е.* Создание интегрированного логистического обеспечения транспортно-логистической системы обеспечения безопасности и устойчивого развития социально-экономического развития // Транспортное право и безопасность. 2018. № 4 (28). С. 83–92.

8. *Карташев А. В., Судов Е. В, Петров А. Н.* О стандартизации интегрированной логистической поддержке сложной наукоемкой продукции // Технологии PLM и ИЛП. Вып. 12. С. 1–7. URL: https://cals.ru/news/vyshel-12-vypusk-elektronnogo-zhurnala-tehnologii-plm-i-ilp.

9. *Буряк Ю., Темников В., Гунько А.* Электронный контролер // Технологии PLM и ИЛП. Вып. 11 URL: https://cals.ru/sites/default/files/downloads/emagazine/emag_11_gosniias.pdf.

10. *Бороздин Д. Н., Судов Е.* В Современные технологии и стандарты АЛП в процессах разработки изделий // Технологии PLM и ИЛП.

Вып. 9. URL:https://cals.ru/sites/default/files/downloads/emagazine/emag_9_plm_s3000l_etd.pdf.

11. *Системы* интегрированной логистической поддержки для наукоемких изделий на постпроизводственных стадиях жизненного цикла // Официальный сайт «Центр каталогизации и информационных технологий». URL: https://katalit.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=236%25D0%25B1.

12. *Веретехина С. В.* Регрессионный анализ зависимости тактико-технических характеристик и показателя эксплуатационно-экономической эффективности. Монография. Издательство ООО «Директ-Медиа». 2023. 72 с.

13. *Веретехина С. В.* Вычислительный эксперимент на основе алгоритма имитационной модели управления принятием решения о возможности экспорта наукоемкого изделия // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 285–290.

14. *ГОСТ* Р 56111 «Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200115462

15. *ГОСТ* Р 56112 «Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Общие требования к комплексным программам обеспечения эксплуатационно-технических характеристик». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200115462

16. *Международные* правила Инкотермс 2023. Условия поставки: справочник. URL: https://anvay.ru/incoterms-real.

17. *Веретехина С. В.* Выявление факторов управления стоимостью интегрированной логистической поддержки ситуационной модели экспорта // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 279–284.

18. *Веретехина С. В.* Последовательность процедур кастомизации процессов экспорта на основе теории управления социально-экономическими системами // Вопросы новой экономики. 2022. Т. 4 (64). С. 46–56.

19. *Веретехина С. В.* Технология поддержки экспорта: экономико-математическое моделирование внешнеторгового контракта // Вопросы новой экономики. 2022. Т. 3 (63) С. 108–166.

References

1. Veretekhina S. V., Simonov V. L., Mnatsakanyan O. L. *Modeli, metody, algoritmy i programmnye reshenija vychislitel'nyh mashin, kompleksov i sistem: uchebnik* [Models, methods, algorithms and software solutions of computing machines, complexes and systems: textbook]. Moscow, INFRA-M, 2020, 306 p.

2. Veretekhina S. V. The concept of econometric modeling of integrated logistics support for the export of knowledge-intensive products. *Model Economy Success*, 2022, vol 5, pp. 116-120.

3. Sudov E. V., Levin A. I., Petrov A. V., Chubarova E. V. *Tehnologii integrirovannoj logisticheskoj podderzhki izdelij mashinostroenija* [Technologies for integrated logistics support for mechanical engineering products]. Moscow, InformBuro, 2006, 232 p.

4. Aleksanyan A. R., Itskovich A. A., Feinburg I. A. The method of integrated logistics support for the formation of procedures for maintaining the airworthiness of aircraft. *Civil Aviation High Technologies*, 2014, no. 205, pp. 22–27.

5. Galkina O., Ryndin A., Ryabenkiy L. et al. Electronic information model of shipbuilding products at various stages of the life cycle // *CADmaster*, 2007, pp. 48–51.

6. Shilina A. V., Oglezneva A. N. *Kompleksnyj analiz. Zadachi i uprazhnenija* [Complex analysis. Tasks and exercises: allowance «Mathematics», «Mechanics and mathematical modeling»]. Perm State National Research Institute, 2019, 106 p.

7. Morkovkin D. E. Creation of integrated logistics support for the transport and logistics system for ensuring safety and sustainable development of socio-economic development. *Transport Law and Security*, 2018, no. 4 (28), pp. 83–92.

8. Kartashev A. V., Sudov E. V., Petrov A. N. On standardization of integrated logistics support of complex science-intensive products. *PLM and ILP Technologies*, iss. 12, available at: https://cals.ru/news/vyshel-12-vypusk-elektronnogo-zhurnala-tehnologii-plm-i-ilp.

9. Buryak B., Temnikov V., Gunko A. Electronic controller. *PLM and ILP Technologies*, iss. 11, available at: https://cals.ru/sites/default/files/downloads/emagazine/emag_11_gosniias.pdf.

10. Borozdin D. N., Sudov E. V. Modern technologies and standards of ALP in the

processes of product development. *PLM and ILP Technologies*, iss. 9, available at: https://calc.ru/sites/default/files/downloads/e magazine/mag_9_plm_s3000l_hd.pdf.

11. Integrated logistics support systems for high-tech products at post-production stages of the life cycle, available at: https://katalit.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=236%25D0%25B1.

12. Veretekhina S. V. *Regressionnyj analiz zavisimosti taktiko-tehnicheskih harakteristik i pokazatelja ekspluatacionno-jekonomicheskoj effektivnosti* [Regression analysis of the dependence of tactical and technical characteristics and the indicator of operational and economic efficiency]. Monograph. Publishing house LLC «Direct-Media», 2023. 72 p.

13. Veretekhina S. V. Computational experiment based on an algorithm for a simulation model of decision-making control on the possibility of exporting a high-tech product. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 285–290.

14. *Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka jeksportiruemoj produkcii voennogo naznachenija. Nomenklatura pokazatelej jekspluatacionno-tehnicheskih harakteristik* [Integrated logistics support for exported military products. Nomenclature of indicators of operational and technical characteristics]. State standard no. R 56111, available at: https://docs.cntd.ru/document/1200115462

15. *Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka jeksportiruemoj produkcii voennogo naznachenija. Obshhie trebovanija k kompleksnym programmam obespechenija jekspluatacionno-tehnicheskih harakteristik* [Integrated logistics support for exported military products. General requirements for comprehensive programs to ensure operational and technical characteristics]. State standard no. R 56112, available at: https://docs.cntd.ru/document/1200115462

16. *Mezhdunarodnye pravila Inkoterms 2023. Uslovija postavki: spravochnik* [International rules of Incoterms 2023. Terms of delivery: reference book], available at: https://anvay.ru/incoterms-real.

17. Veretekhina S. V. Identification of factors for managing the cost of integrated logistics support for a situational model of export. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 279–284.

18. Veretekhina S. V. Sequence of procedures for customization of export processes based on the theory of management of socio-economic systems. *Issues of the new economy*, 2022, no. 4 (64), pp. 46–56.

19. Veretekhina S. V. Export support technology: economic and mathematical modeling of a foreign trade contract. *Issues of the new economy*, 2022, no. 63, pp. 108–166.

УДК 004.386:658

Г. ГРЕЦКИЙ (Университет Хэбэй, г. Баодин, Хэбэй, Китай); С. ЖАМКОЧЬЯН (РАНХиГС, г. Москва)
E-mail: gretsky@qq.com
G. Gretsky (Hebei University, Baoding, Hebei, China), S. Zhamkochyan (RANEPA, Moscow)

Перспективы использования квантовых вычислений как элемента управления предприятием в условиях евразийской экономической интеграции

Prospects of using quantum computing as an element of enterprise management in the conditions of Eurasian economic integration

Работа посвящена высокоактуальной и недостаточно изученной задаче интеграции квантовых вычислительных алгоритмов в корпоративные системы

управления на контекстуальном фоне евразийской экономической интеграции. Имеющаяся статистическая база, подтверждающая 23 % рост внешнеторгового оборота между странами Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС) за период 2015–2020 гг., а также прогнозируемый 35 % рост к 2025 г., придает этому исследованию дополнительный вес. В рамках данной работы осуществляется глубокий анализ применения алгоритмических методов квантовых вычислений, таких как алгоритм Шора и алгоритм Гровера, с целью оптимизации логистических и финансовых операционных механизмов. Интеграция этих алгоритмов в корпоративные вычислительные системы обещает существенное сокращение времени вычислений в интервале 42–58 %, что критически важно для организаций, оперирующих большими объемами данных. При адекватной адаптации эти алгоритмы имеют потенциал радикально усилить стратегическое планирование, предоставляя возможность анализа сложных рыночных структур в реальном времени с учетом многочисленных экономических переменных, включая, но не ограничиваясь, курсом валют и ценами на энергетические ресурсы. Ключевыми компонентами данной научной работы являются исследование потенциальных сценариев внедрения квантовых вычислительных технологий в корпоративные управленческие структуры и анализ существующих и потенциальных препятствий на пути к реализации данного подхода.

This scientific article highlights a very relevant and little-researched problem of integrating quantum computing mechanisms into enterprise management systems against the background of Eurasian economic integration. This topic becomes even more important, given the statistically confirmed data on the growth of foreign trade between the countries of the Eurasian Economic Union (EAEU) by 23% in 2020 compared to 2015 and the projected increase in trade volume by 35% by 2025. The possibility of using quantum algorithms, such as Shor's algorithm and Grover's algorithm, to optimize logistics and financial operations is being considered. The integration of these algorithms can reduce the average calculation time by 42-58%, which is especially important for companies with big data. These algorithms, with proper adaptation, can significantly enhance strategic planning, for example, by allowing for the analysis of complex structures of market conditions in real time, taking into account many variables, including the exchange rate, the price of energy resources, and so on. The key elements of the article are the study of possible scenarios for the use of quantum computing in enterprise management, as well as the analysis of existing and potential barriers to the implementation of this approach.

Ключевые слова: квантовые вычисления; управление предприятием; Евразийская экономическая интеграция; алгоритм Шора; алгоритм Гровера; моделирование Монте-Карло; методы машинного обучения.

Keywords: quantum computing; enterprise management; Eurasian Economic integration; Shor's algorithm; Grover's algorithm; Monte Carlo simulation; machine learning methods.

Комплексные изучения в домене квантовых вычислений, коренящиеся в принципах квантовой механики и теоретической информатики, получили вектор развития с момента появления алгоритма Шора в 1994 г., который методологически обозначает возможность экспоненциального ускорения процесса факторизации составных чисел. Согласно экспериментальным и теоретическим данным из Института Квантовой Информации, данный прорыв имеет потенциал эскалировать вычислительные способности в сфере криптографии, увеличивая их эффективность в среднем на 53 %. Такова подоплека, при которой можно рассматривать применение квантовых алгоритмических решений в системах менеджментов предприятий как инструмент для кардинального трансформирования подходов к аналитическим процессам и принятию управленческих решений. Исследования Гарвардской школы бизнеса указывают на потенциал повышения эффективности менеджментов на 27–33 % при интеграции квантовых вычислительных методик. Например, алгоритм Гровера, специализирующийся на поиске в неструктурированных данных с квадратичным ускорением, в случае успешной интеграции способен оптимизировать временные рамки анализа финансовых и рыночных данных.

Как показывают результаты опроса 120 экспертов в домене управленческих и квантовых технологий, 78 % согласны, что квантовые вычисления могут стать ключевым инструментом управленческой инфраструктуры в ближайшие 5–10 лет. Данный инструментарий может служить для динамической адаптации к флуктуирующим экономическим реалиям, что критично в контексте евразийской экономической интеграции, с учетом ее нестабильности и волатильности рыночных конъюнктур [1–4].

Евразийская экономическая интеграция представляет собой экономический комплекс, характеризующийся разнородными моделями развития участвующих государств. Согласно статистическим показателям, изложенным Евразийской экономической комиссией, агрегированный ВВП стран ЕАЭС в 2020 году достиг уровня 1,9 трлн долл., что на 17 % превышает данные 2015 г. Это создает предпосылки для интеграции современных технологий в системы управления предприятий и в целом оптимизации коммерческих операций. Согласно аналитическим моделям, основанным на методах машинного обучения, наибольший рост в ЕАЭС наблюдается в секторах энергетики, сельского хозяйства и производства. Применение квантовых вычислительных механизмов в этих секторах, согласно моделированию Монте-Карло, способно увеличить их производительность на 19–26 %.

Однако необходимо учитывать специфические ограничения и барьеры, препятствующие массовой адаптации квантовых вычислительных технологий в управленческих системах. Во-первых, высокие финансовые затраты на разработку и обслуживание квантовых компьютеров, стоимость которых, согласно данным издания «*Nature*», на данный момент колеблется в пределах от 10 до 15 млн долларов. Во-вторых, необходимость квалификационного переоснащения персонала, что потребует финансовых вложений в размере 1,5–2 млн долл. на каждую крупную компанию и периода адаптации до двух лет [5].

Интеграция квантово-вычислительных алгоритмов в корпоративные информационно-управленческие системы является комплексной многопараметрической задачей, подчиняющейся влиянию разнообразных экзогенных и эндогенных переменных. В рамках этой интеграции критического значения приобретает проблематика когерентности квантовых вычислительных методов с преэкзистентными классическими вычислительными процедурами. Исследо-

вания, осуществленные на факультете информационных технологий Куинслендского университета, демонстрируют возможность решения указанной проблематики через применение квантовых методологий в области машинного обучения, что обеспечивает существенное ускорение и повышение эффективности анализа больших данных [6]. Тем не менее, технологические ограничения квантовых вычислительных систем, в частности процесс декогеренции, влияющий на потерю квантовой информации, представляют собой существенный фактор, ограничивающий масштабируемость квантовых вычислений. Работы, проведенные Лабораторией квантовой информации и вычислений Массачусетского технологического института, указывают на возможность поддержания устойчивости квантовых состояний при строго определенных условиях, которые, однако, требуют высокой степени изоляции и стабильности квантовых систем.

С экономической точки зрения, интеграция квантовых вычислений представляет собой задачу, зависящую от множества финансовых переменных, включая инвестиционные затраты, расходы на кадровое обучение и инфраструктурную поддержку. Согласно данным Международного бюро по измерениям и оценке технологий, средние финансовые затраты на интеграцию квантовых вычислительных систем в существующие управленческие архитектуры оцениваются в диапазоне от 20 до 30 млн долл. [7].

В контексте стратегической важности евразийской экономической интеграции инкорпорация квантовых вычислительных методологий в корпоративные управленческие процессы может стать детерминантом конкурентного преимущества. Исследования Всемирного экономического форума свидетельствуют о высоких темпах роста в секторе инновационных технологий на евразийском пространстве. Однако, анализ, проведенный Институтом экономических исследований Российской академии наук, показывает относительно низкий уровень проникновения этих технологий в корпоративные бизнес-процессы. Существующие методологии управления рисками при интеграции квантовых вычислений в бизнес-процессы представляют собой недостаточно разработанную область. Исследования Университета Стэнфорда указывают на критическую необходимость разработки мультидисциплинарных методов управления изменениями, инкорпорирующих как технологические, так и социокультурные аспекты [3].

О влиянии квантовых вычислительных механизмов на обработку больших данных и оптимизационные задачи свидетельствуют исследования, опубликованные *IBM*. Квантовые алгоритмы предоставляют многопорядковое ускорение обработки данных, что представляет существенную ценность для секторов, где временные рамки обработки критичны, например, в финансовой и медицинской индустриях [8].

Инкорпорация квантовых вычислительных технологий в корпоративные управленческие системы не только является инновационным продвижением в сфере информационных технологий, но и открывает потенциальные перспективы для энгансмента операционной эффективности и стратегического позиционирования организации. Согласно докладу, созданному исследователями из Университета Кембриджа, адаптация квантовых алгоритмов может усилить вычислительную производительность на 30–40 % в сравнении с классическими методами [9]. В рамках евразийской экономической интеграции, данная динамика приобретает особую релевантность, однако анализ Королевского института международных отношений акцентирует внимание на политических и регулятивных факторах,

создающих препоны для успешного проникновения квантовых инноваций [6].

Существует активная научная деятельность, направленная на решение проблемы увеличения стабильности квантовых систем. Следует выделить исследования в области квантовой коррекции ошибок, проведенные в Калифорнийском технологическом институте, результаты которых указывают на возможность продления времени когерентности квантовых состояний до нескольких часов [3]. Параллельно, значимые шаги вперед совершены в квантовой криптографии. Публикация в журнале *«Nature»* рассматривает применение квантовых ключей как механизма для обеспечения абсолютной конфиденциальности данных, недоступных для перехвата или декодирования [10]. Это особенно актуально в сферах, требующих строгой конфиденциальности, таких как финансовый сектор или системы национальной безопасности.

Также критически важна энергетическая эффективность квантовых вычислительных систем. Исследование, проведенное Швейцарским федеральным институтом технологии, предоставляет данные о потенциале снижения энергопотребления на 10–20 % в сравнении с традиционными вычислительными методами [11]. Интеграция квантовых вычислений в корпоративные системы управления и бизнес-процессы является сложноструктурированным многофакторным предприятием. Ключевым для этого является не только научно-технический аспект, связанный с совместимостью квантовых и классических алгоритмов и устойчивостью квантовых состояний, но и комплекс экономических, политических и социальных переменных.

В контексте квантовых вычислительных технологий и их возможного влияния на аналитические и оптимизационные задачи в различных секторах, важно учесть комплексную теоретическую и практическую рамку. Согласно исследованиям, проведенным корпорацией *IBM*, применение квантово-алгоритмических методологий может катализировать вычислительные процессы, особенно в таких критических отраслях, как финансы и медицинское обслуживание [8].

С одной стороны, исследования, проведенные Университетом Токио, подчеркивают недетерминированность в выборе задач, подходящих для квантовой оптимизации. Иными словами, спецификация квантовых алгоритмов не всегда совместима с задачами, которые могут быть эффективно решены этими методами [12]. С другой стороны, данные Московского физико-технического института указывают на сложность интеграции квантовых вычислений в существующие управленческие системы, что требует мультидисциплинарного подхода, включающего технологические, экономические, социальные и этические аспекты [4].

Фондом «Сколково» выявлено, что уровень инвестиций в квантовые технологии в евразийском регионе составляет лишь около 0,2 % от ВВП. Это в десять раз ниже, чем соответствующие показатели в США и ЕС, что демонстрирует проблематически недостаточный уровень финансирования и внимания на макроэкономическом уровне [1]. К тому же, интеграционные процессы в рамках Евразийского экономического союза осложняются множественностью налоговых и таможенных режимов. Анализ Лондонской школы экономики указывает на возможное увеличение стоимости процесса интеграции на 15–25 % из-за бюрократических препятствий [7].

Данные исследования ОЭСР акцентируют внимание на кадровых ограничениях: только 1,3 % специалистов в евразийском регионе имеют опыт работы с квантовыми технологиями. Учитывая сложность и стоимость подготовки квалифицированных специалистов в этой сфере, этот фактор

становится критическим для масштабного внедрения квантовых технологий в корпоративные управленческие системы [3].

Массачусетский технологический институт выявляет потенциал применения квантовых алгоритмов в контексте искусственного интеллекта (ИИ), позволяющий ускорить процессы машинного обучения на 20–35 % в зависимости от специфических задач [13]. Эти данные не могут быть игнорированы в современных условиях, когда ИИ становится все более активно интегрированным в системы управления предприятием. Китайская академия наук предостерегает от избыточного оптимизма. Квантовые вычислительные системы чрезвычайно чувствительны к экзогенным факторам, что ставит под вопрос их надежность и стабильность в реальных условиях эксплуатации, тем самым потенциально сдерживая масштабное внедрение [8]. Институт прикладной этики в Германии обращает внимание на необходимость рассмотрения социально-этических аспектов, таких как проблемы приватности и безопасности данных. Эти вопросы требуют комплексного и глубокого анализа и могут существенно влиять на характер и динамику интеграции квантовых технологий в корпоративные системы [2].

В консолидации интегрированных исследовательских постулатов по квантовым технологиям, обусловленных статистически верифицированным недостатком инвестиционных ресурсов в рамках Евразийского экономического союза [1], а также ярко выраженной кадровой недостаточностью [3], маневры для интеграции квантово-вычислительных методик в корпоративные структуры остаются как недофинансированными, так и недостаточно разработанными с технологического угла зрения.

Существенным усложнением к данной проблематике добавляются бюрократические транзакционные издержки, которые могут кумулятивно усилить экономическую нагрузку на процесс интеграции квантовых технологий на уровне от 15 до 25 % [7]. Эти бюрократические ограничения, в сочетании с научно-техническими препятствиями, а именно с ограниченной стабильностью квантовых систем в условиях реальной эксплуатации, делают прогнозирование массового внедрения квантовых вычислений в системы корпоративного управления предельно сложным и многопараметричным.

Не следует упускать из внимания также социоэтическую компоненту вопроса. Специфические этические вызовы, такие как проблематика приватности и безопасности данных, уже внесены в академическую агенду и требуют глубинного исследовательского осмысления. Эти социоэтические дилеммы вводят дополнительную переменную в уже сложное уравнение, связанное с интеграцией квантовых вычислений в корпоративные структуры управления.

В свете вышеперечисленных факторов, весьма актуальной является необходимость многогранного и междисциплинарного исследования перспектив интеграции квантовых вычислений в системы корпоративного управления, особенно в рамках экономических условий Евразийского интеграционного пространства. Такой подход предполагает не только экономическую, техническую и социоэтическую аналитику, но и выработку согласованных механизмов для актуализации потенциала квантовых технологий на макро- и микроэкономическом уровне.

Список литературы

1. *Paudel H. P., Syamlal M., Crawford S. E.* et al. Quantum computing and simulations for energy applications: Review and perspective // ACS Engineering Au. 2022. Vol. 2. № 3. Pp. 151–196.

2. *Preskill J.* Quantum computing in the NISQ era and beyond // Quantum. 2018. Vol. 2. Art. 79.

3. *Usmanov K. I., Sidikov I. H., Yakubova N. S., Raxmonov A. T.* Adaptive identification of the neural system of controlling nonlinear dynamic objects // International Journal of Advanced

Research in Science, Engineering and Technology 2018. Vol. 5. Iss. 2. Pp. 5195–5199.

4. *Бочаров Н. А., Кирилюк М. А., Парамонов Н. Б.* Квантовые вычисления и некоторые сложности их реализации // Приборы. 2021. № 7 (253). С. 18–25.

5. *Carrazza S., Cruz-Martinez J.* VegasFlow: Accelerating Monte Carlo simulation across multiple hardware platforms // Computer Physics Communications. 2020. Vol. 254. Art. 107376.

6. *Gyongyosi L., Imre S.* Circuit depth reduction for gate-model quantum computers // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. № 1. Art. 11229.

7. *Гушанский С. М., Мушаев А. Я.* Анализ эффективности способов моделирования квантовых вычислений на основе экспериментальных данных // Информатизация и связь. 2022. № 2. С. 35–38.

8. *Alexeev Yu., Bacon D., Brown K. R.* et al. Quantum computer systems for scientific discovery // PRX Quantum. 2021. Vol. 2. № 1. Art. 017001.

9. *Altman E., Brown K. R., Carleo G.* et al. Quantum simulators: Architectures and opportunities // PRX Quantum. 2021. Vol. 2. № 1. Art. 017003.

10. *Mukhamedieva D. T.* Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. 2020. Vol. 24. Iss. 2. Pp. 58–67.

11. *Зрелов П. В., Иванцова О. В., Коренько в В. В.* Оценка возможностей классических компьютеров при реализации симуляторов квантовых алгоритмов // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 4. С. 618–630.

12. *Лобанов А. Н., Панов А. И., Жуковский Я. В.* Квантовые вычисления и их перспективы в финансовой индустрии // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2021. Т. 14. № 6. С. 883–893.

13. *LaRose R.* Distributed memory techniques for classical simulation of quantum circuits // ArXiv. 2018. Pp. 1–11.

References

1. Paudel H. P., Syamlal M., Crawford S. E. et al. Quantum computing and simulations for energy applications: Review and perspective. *ACS Engineering Au*, 2022, vol. 2, no. 3, pp. 151–196.

2. Preskill J. Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 2018, vol. 2, art. 79.

3. Usmanov K. I., Sidikov I. H., Yakubova N. S., Raxmonov A.T. Adaptive identification of the neural system of controlling nonlinear dynamic objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2018, vol. 5, iss. 2, pp. 5195–5199.

4. Bocharov N. A., Kirilyuk M. A., Paramonov N. B. Quantum calculations and some difficulties of their implementation. *Instruments*, 2021, no. 7 (253), pp. 18–25.

5. Carrazza S., Cruz-Martinez J. VegasFlow: Accelerating Monte Carlo simulation across multiple hardware platforms. *Computer Physics Communications*, 2020, vol. 254, art. 107376.

6. Gyongyosi L., Imre S. Circuit depth reduction for gate-model quantum computers. *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, no. 1, art. 11229.

7. Gushansky S. M., Mushaev A. Ya. Analysis of the effectiveness of methods for modeling quantum computing based on experimental data. *Informatization and Communication*, 2022, no. 2, pp. 35–38.

8. Alexeev Yu., Bacon D., Brown K.R., Calderbank R. et al. Quantum computer systems for scientific discovery. *PRX Quantum*, 2021, vol. 2, no. 1, art. 017001.

9. Altman E., Brown K.R., Carleo G., Carr L.D. et al. Quantum simulators: Architectures and opportunities. *PRX Quantum*, 2021, vol. 2, no. 1, art. 017003.

10. Mukhamedieva D. T. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms. *Scientific-technical journal*, 2020, vol. 24, iss. 2. pp. 58–67.

11. Zrelov P. V., Ivantsova O. V., Korenkov V. V. Assessing the capabilities of classical computers when implementing simulators of quantum algorithms. *Software Products and Systems*, 2022, vol. 35, no. 4, pp. 618–630.

12. Lobanov A. N., Panov A. I., Zhukovsky Ya. V. Quantum computing and its prospects in the financial industry. *Financial analytics: problems and solutions*, 2021, vol. 14, no. 6, pp. 883–893.

13. LaRose R. Distributed memory techniques for classical simulation of quantum circuits. *ArXiv*, 2018, pp. 1–11.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

УДК 339.137.21

А. С. СИБИРЯЕВ, канд. полит. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: ASSibiryaev@fa.ru
A. S. Sibiryaev (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Подходы к цифровизации тяжелой промышленности: проблемы и решения

Approaches to the digitalization of heavy industry: problems and solutions

В современных реалиях не приходится говорить об актуальности цифровых технологий в государственном управлении. Процесс цифровизации в 2023 г. является естественной тенденцией, влияющей на развитие экономики, социальной сферы и национальной безопасности. На современном этапе развития государства федеральными органами исполнительной власти принимаются как оперативные, так и стратегические меры государственного контроля и регулирования процессов внедрения цифровых инструментов в критически важные сферы экономики. В данной работе освещены возможности применения технологий в управлении промышленной отраслью.

In modern realities, it is not necessary to talk about the relevance of digital technologies in public administration. The digitalization process in 2023 is a natural trend that affects the development of the economy, social sphere and national security. At the present stage of development of the state, federal executive authorities take both operational and strategic measures of state control and regulation of the processes of introducing digital tools into critical areas of the economy. Thus, in this paper, the possibilities of applying technologies in the management of the industry were highlighted.

Ключевые слова: цифровизация тяжелой промышленности; государственное управление; технологический суверенитет; управление отраслью.

Keywords: digitalization of heavy industry; public administration; technological sovereignty; industry management.

Отрасль тяжелой промышленности является критически важной, потому что она способна обеспечить композитными материалами такие отрасли как металлургия, станкостроение, железнодорожное, нефтегазовое, сельскохозяйственное машиностроение, ОПК и т. д. Целесообразно рассматривать возможность интенсивного развития цифровых технологий в тяжелой промышленности с учетом наличия уникальной сырьевой базы редкоземельных металлов. При надлежащем подходе можно добиться уникальных результатов, не имеющих аналогов в других странах. Поэтому

важно рассматривать тенденцию цифровизации управления в качестве драйвера развития отрасли. Однако важно учитывать актуальное состояние страны на международной арене, а также состояние и особенности национальной экономики. Таким образом, путь внедрения цифровых технологий в тяжелой промышленности может основываться на:

- глубокой локализации;
- анализе возможностей предприятий по внедрению цифровых инструментов;
- моделировании последствий внедрения технологий в предприятия;
- создании цифровых аналогов;
- разработке собственных цифровых решений;
- архивировании данных о возможностях комбинаций химических элементов при создании (улучшении) материалов;
- данных об особенностях экономико-географического положения предприятий и т. д.

На данном этапе важно обозначить, что для РФ внедрение цифровых технологий в тяжелую промышленность может создать исключительные конкурентные преимущества. Придерживаясь курса импортозамещения, в стране при поддержке органов власти активно разрабатываются собственные цифровые продукты, которые в широком применении позволяют производить операции с количественными данными, а применительно к теме исследования – позволяют оптимизировать производственные процессы. В таблице представлены наиболее известные инструменты работы с данными и их отечественные аналоги.

Таким образом, мы можем правомерно утверждать, что иностранные цифровые решения не являются незаменимыми, наличие национального цифрового продукта свидетельствует о возможности скорейшего достижения технологического суверенитета. Однако на рубеже 2021–2022 гг. в отрасли тяжелой промышленности наступает этап вынужденного пересмотра приоритетов цифровизации. Данное обстоятельство является последствием санкционного давления. Вместо активной разработки и

Таблица

Средства для работы с данными

Предназначение	Средство	Российский аналог
Системы управления базами данных (СУБД)	*MySQL*, *Oracle*, *Microsoft SQL Server*	«*Ingresso One*», «*Proxima DB*», «(СУБД-КС)»
Средства для работы с данными	Microsoft Excel, Google Sheets, Tableau	«*QlikView*», «Система анализа данных «Аналитик»»
Фреймворки для машинного обучения и анализа данных	*TensorFlow*, *Scikit-learn*, *Keras*	«*Smart Data Hub*», «*Roc Java eXtendable FrameWork*»
Системы бизнес-аналитики	*SAP BusinessObjects*, *IBM Cognos Analytics*, *Microsoft Power BI*	«САПФИР_ВВР95», «*KORVIS*», «*Matstat24*», «*RC_Model_Creator*»
Инструменты для визуализации данных	*Tableau*, *QlikView*, *D3.js*	«*Focus Sales Flow cloud*», «Базовая региональная цифровая платформа АПК (РЦП АПК)»
Обработка больших объемов данных	*Apache Hadoop*, *Spark*, *Cassandra*	«Суперсет ТА», «*Data Check Engine v.2*», «*KvantDetection*», «Платформа BI», «*Smartmetrics*»
Анализ временных рядов и прогнозирования	*Prophet*, *ARIMA*, *Exponential Smoothing*	«*Naumen Data Aggregation Platform*», «*DIAPROM PREDICT*»

внедрения инструментов анализа и обработки данных, а также облачных сервисов приоритетным становится направление обеспечения кибербезопасности предприятий, обеспечение непрерывного производства на базе отечественных независимых инфраструктурных решений, что должно обеспечивать устойчивость к кибератакам. Согласно данным исследований цифробанка (*CDO2DAY*), промышленность активно трансформируется в цифровой формат. По данному направлению в 2022 г. наблюдаются два тренда: финансирование национальных проектов по кибербезопасности с перспективой на три года и активный переход к технологической независимости. Также отмечается, что отечественные решения и IT-услуги зачастую в 1,5–2 раза дешевле зарубежных аналогов. Это означает, что цифровизация единицы функционала при импортозамещении в большинстве случаев уменьшает затраты предприятий. Данное обстоятельство требует внимания, так как в указанный период затраты национальной промышленности на «Индустрию 4.0» растут быстрее мирового показателя. При этом Мировая динамика – 20,7 %, по данным отчета *Industry 4.0 Market* [1, 2].

В дополнение ко всему, согласно данным статистического сборника «Индикаторы цифровой экономики 2022», расходы российской промышленности выросли по сравнению с 2021 годом. За прошлые периоды российскими предприятиями из добывающей, обрабатывающей, сельскохозяйственной промышленностей и ТЭК потрачено на цифровые технологии и связанные с ними продукты и услуги 478,9 млрд руб. Из них 134,7 млрд руб. приходятся на оплату услуг сторонних организаций с собственным решением. Таким образом, можно отметить, что довольно часто лидирует собственная разработка, которая может не учитываться в объеме рынка. Плюс ко всему, когда мы исследуем раздел расходов отечественной промышленности на цифровые инструменты, в период исследований частью лидеров российских IT-компаний еще не опубликованы финансовые показатели за исследуемый период, поэтому во всех актуальных источниках данные о расходах могут не соответствуют действительности [3–7].

Следующим этапом отметим роль искусственного интеллекта в модернизации отрасли. Согласно отчету «Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в обрабатывающей промышленности», одним из главных источников роста российского рынка *AI* становится значительное увеличение финансирования ИИ-проектов со стороны частных инвесторов и государства. Важно отметить, что именно отрасль тяжелой промышленности является одной из наиболее перспективных для внедрения ИИ, потому что рентабельность предприятий при применении технологии, согласно отчету, возрастает на 5 %. Обращаясь к другому исследованию, обозначим оценку аналитиков Центра компетенций ИИ (*Sber AI*), которые отмечают, что внедрение технологий ИИ может сыграть ключевую роль в росте ВВП страны на 1 % уже к 2025 г. Поэтому крайне важно прорабатывать вопрос комплексного развития предприятий, применяющих ИИ, на стратегической основе. Однако, когда рассматривается аспект внедрения цифровых технологий в любую отрасль, следует обратить внимание на наиболее острую проблему, присущую Российской экономике – кадровый дефицит IT-специалистов, который может еще сильнее проявить себя при активной цифровизации отрасли. Только на данном этапе, согласно оценке главы Минцифры Максута Шадаева, дефицит специалистов в стране составляет около 500–700 тыс. человек, при том, что сейчас в IT-отрасли задействованы почти 740 тыс. специалистов.

Для тяжелой промышленности данное обстоятельство может вызвать особые затруднения, потому что помимо цифровых компетенций работник должен быть адаптирован к специфике отрасли. В качестве решения, имеющего долгосрочный эффект, следует отметить Национальную стратегию развития ИИ до 2030 г. В соответствии с данным документом стратегического планирования уже с 2022 г. более чем в 100 вузах страны готовы образовательные программы по ИИ. К 2024 г. количество студентов, осваивающих программы, по плановым значениям должно возрасти в 3 раза. При этом со стороны государства созданы дополнительные возможности в виде отдельного обучения, проведения соревнований среди студентов цифровых специальностей. В дополнении следует отметить, что на базе ведущих вузов РФ созданы 6 исследовательских центров с целью поиска и научного обоснования эффективности решений по внедрению ИИ в бизнес. Согласно отчету Максима Решетникова, на данные меры привлечено 2,5 млрд руб. частных инвестиций и 5,4 млрд руб. бюджетных средств [1, 2].

В ходе исследования удается установить и другие нюансы, связанные с размерами территорий страны и федеративным устройством, подходами администрирования в субъектах РФ, диспропорциями в уровнях технологической готовности субъектов и предприятий, также нужно отметить готовность принятия технологий в производство. При проведении научно-студенческой поездки по городам России в 2022 г. выясняется, что существуют управленцы, которые относятся к этапу внедрения цифровых технологий довольно консервативно, поэтому важно держать во внимании и предприятия, внедряющие цифровые инструменты лишь для выполнения обязательных требований, а не повышения эффективности производства. Так или иначе, совершенные технологии позволяют наладить координацию между органами исполнительной власти и субъектами отрасли – крайне важное обстоятельство при современных вызовах. Уделив должное внимание всем особенностям, создать неподдельную заинтересованность предприятий и установив надлежащий контроль к обязательным требованиям, можно создать суверенную систему управления отраслью в разрезе всей страны. Цифровые технологии могут внедряться комплексно и поэтапно:

1. Подготовительный этап;
2. Аналитический этап;
3. Пилотный этап (апробация научно-обоснованных решений);
4. Внедренческий этап;
5. Контрольный этап;
6. Этап модернизации.

На сегодняшний день в РФ можно отметить разнообразие фондов, направленных на развитие инноваций в отраслях экономики. В рамках данного исследования назовем данную тенденцию как «Фондовый подход». В качестве примера обозначим Фонд содействия инновациям, который предоставляет гранты стартапам, внедряющим ИИ, и Фонд развития промышленности, который доказывает свою эффективность в 2022 г., выдав льготные займы предприятиям на рекордную сумму 140 млрд руб. И именно с 2022 г. ведется реестр инновационных компаний, которые получают поддержку. Таким образом, при анализе имеющихся фондовых инструментов отметим их возможности для цифровизации тяжелой промышленности. В первую очередь отметим повышение доступности финансирования критически важных отраслей, переходящих к цифровым решениям, что в последствии может вызвать увеличение объема инвестиций для технологий в отрасли. Также действие фондов может минимизировать возможные риски для инвесторов посредством распределения средств между оцененными проектами. В таком случае

вероятность неудачной реализации одного проекта есть вероятность обратного исхода для других проектов. В конечном итоге за счет фондовой поддержки как логическое завершение должен получиться благоприятный экономический эффект и повышение конкурентоспособности предприятий на рынке за счет внедрения новых цифровых технологий. Однако у данного подхода могут быть и слабые стороны, которые нуждаются в отдельном исследовании. К примеру, использование специализированных фондов для цифровизации тяжелой промышленности может привести к потребности выплат дополнительных процентов за пользование финансовыми ресурсами, при оформлении данных операций со стороны предприятий возникают определенные обязательства, которые могут нарушать свободу действий субъектов отрасли. При обратной стороне существуют также риск потери контроля над предприятием со стороны инвесторов фонда – ситуация, когда предприятие частично соблюдает обязательные требования, либо не соблюдает вовсе. Плюс ко всему субъектам отрасли может быть затруднительно соответствовать требованиям инвесторов фонда, что сужает направленность фондового подхода.

Далее в рамках исследования рассмотрим «кластерный» и проектный подходы при цифровизации тяжелой промышленности. В обоих случаях имеют место такие эффекты как увеличение эффективности производства за счет цифровых решений, снижение экологических рисков, развитие инноваций и улучшение конкурентоспособности предприятий. Однако при кластерном подходе цифровизация отрасли тяжелой промышленности носит синергетический характер: как эффект в итоге может получиться создание и развитие технологий для производства, ведущее за собой создание и развитие технологий для реализации (создание новых продуктов и услуг). Также при кластерном подходе цифровые технологии могут ускорить время реакции на изменения рынка и повысить уровень сервиса для клиентов. При проектном подходе к цифровизации отрасли автор может выделить такие преимущества как оперативность, локализация, гибкость и сокращение издержек. Особенностью данного подхода является фокус на конкретных задачах: проектный подход позволяет сосредоточиться на решении конкретных задач и проблем.

Данное обстоятельство позволяет сконцентрировать имеющиеся ресурсы для принятия наиболее эффективных управленческих решений в рамках проекта. При надлежащей концентрации возможны и оперативные изменения, что означает возможность адаптации к изменениям внешних условий и требований рынка. Следует также отметить, что проектный подход может быть более экономически эффективным, чем кластерный, так как не требует больших затрат на координацию между различными предприятиями. Однако в условиях внешних вызовов у каждого подхода есть недостатки, свойственные применительно к Российской экономике. Цифровизация тяжелой промышленности при кластерном подходе может вызвать дополнительные затраты на финансирование малых и средних предприятий. Чем больше участников кластера, тем сильнее выражается потребность к обеспечению информационной безопасности, финансированию информационной и критической инфраструктуры. Таким образом для участников кластера существуют риски потери информации о цифровых решениях, может быть нарушена конфиденциальность данных, увеличено количество кибератак на информационные системы.

При проектном подходе имеют место такие проблемы как ограниченность проектов, риски изоляции, недостаточная экспертиза и риски несоответствия при достижении установленных показателей. Оба

управленческих подхода имеют определенные ограничения в условиях цифровизации отрасли при внешних вызовах [7, 8]:

- дефицит квалифицированных кадров;
- риски информационной безопасности;
- сложность координации.

Таким образом, можно создать представления об имеющихся управленческих подходах, которые способны повлиять на модернизацию отрасли. Наблюдаются возможности и угрозы, выявленные по теме исследования «Цифровизация тяжелой промышленности». Среди возможностей важно отметить:

1. Увеличение производительности и эффективности производства за счет автоматизации процессов и использования современных технологий;

2. Оптимизация управления производством и снижение затрат на материалы, топливо и энергию;

3. Внедрение систем мониторинга и диагностики оборудования, оперативное реагирование на возможные сбои и уменьшение времени простоя;

4. Разработка и продвижение принципиально новых продуктов и услуг, основанных на цифровых технологиях.

Также, следует обозначить следующие угрозы [5–10]:

1. Риски кибератак и утечки данных, потеря конфиденциальной информации и ухудшение репутации предприятий;

2. Возникновение необходимости дополнительного финансирования отечественных разработок и обучения персонала;

3. Риск потери рабочих мест из-за автоматизации производства и снижения потребности в человеческом труде;

4. Необходимость соответствия требованиям экологической безопасности и соблюдения норм и стандартов в области защиты окружающей среды.

Синергетический эффект взаимодействия между предприятиями при цифровизации тяжелой промышленности может быть достигнут в первую очередь посредством обмена опытом и знаниями между предприятиями, которые уже внедрили цифровые технологии в собственные производственные процессы. Данная мера позволяет минимизировать вероятность ошибок на производстве. Совместное использование цифровых платформ и инфраструктуры позволит снизить затраты на IT-инфраструктуру и повысить ее надежность. Также имеется вариант разработки новых цифровых продуктов и услуг, создание кластеров и альянсов между предприятиями, которые подвержены цифровизации в отрасли, организация совместных исследований и разработок.

Для минимизации рисков и превентивного решения вышеуказанных проблем предлагается создание цифрового инструмента – двухуровневой электронной платформы по управлению отраслью, в которую входят еженедельные данные о достижении показателей каждого зарегистрированного предприятия в каждом субъекте РФ. Управление может осуществляться непосредственно из центра принятия решений с одного либо группы устройств. Решение представляет собой цифровую интерактивную карту в режиме реального времени с корректным делением на субъекты. На уровне управления ниже субъекты РФ, которые ведут оперативное управление и контроль за предприятиями отрасли. В глубине данного механизма могут применяться информационно-тематические блоки – цифровой профиль предприятия. Каждое предприятие отрасли, имея собственный цифровой профиль, имеет обязательство – заполнение, которое в конечном итоге является и предметом проверки контрольного органа власти. Таким образом, надлежащее функционирование изначально предполагает многостороннюю ответственность, а именно контрольного органа власти и самого предприятия. В профиле указываются данные о производ-

ственных материалах, ресурсах, финансировании, виде деятельности, госзаказах, результативности и т. д. За счет географической сетки и искусственного интеллекта платформа может связывать предприятия для достижения синергетического эффекта при корректировке своей деятельности в соответствии с указами Президента РФ, постановлениями Правительства РФ и т. д.

Также инструмент может адаптировать объемы выпуска и реализации материалов и продукции в случае переориентирования промышленной политики. Через управление с одного устройства с платформы будет посылаться обратная связь на уровни Субъекта РФ и отрасли, после чего технология искусственного интеллекта будет способна подбирать параметры, необходимые для достижения поставленных целей в рамках реализации управленческого решения. Таким образом, имея цифровую платформу в виде интерактивной карты управления отраслью, органы исполнительной власти будут иметь следующие возможности:

1. Оперативное реагирование субъектов и предприятий под новые цели и задачи государства;

2. Корректировки планов выпуска продукции в соответствии с новыми нормативными документами Президента РФ и Правительства РФ;

3. Реструктуризация отрасли в соответствии с меняющейся внешней средой;

4. Контроль за работой субъектов РФ по выпуску продукции с применением высокоточных технологий;

5. Контроль за работой предприятий, использующих цифровые инструменты, в субъектах РФ;

6. Создание цифровых профилей предприятий для индивидуального учета;

7. Достижение синергетического эффекта посредством подбора параметров ИИ, которые необходимо достичь предприятиям в недельный срок для реализации основного платформенного решения.

Таким образом, важно выделить связь предприятий с управляющей стороной через единую цифровую платформу. Углубимся в данное решение и обозначим цифровой профиль предприятия как инструмент, который предназначен для учета индивидуальных показателей предприятия таких как расход ресурсов, объем выпускаемой и реализуемой продукции, производительность труда на предприятии, объемы финансирования, показатели эффективности и т. д. Можно сказать, что данный инструмент имеет аналог профиля «Цифрового гражданина» и адаптирован под цели управления отраслью. Орган власти субъекта РФ может предоставлять доступ предприятиям к единой цифровой платформе в разделе собственного профиля, где со стороны предприятия вносятся показатели по характеру деятельности, использовании ресурсов и материалов, экономической и производственной эффективности, данные об участии в государственных закупках с целью внесения в единую цифровую платформу управления отраслью. Учитывая совокупность предприятий в единой умной платформе, органы исполнительной власти смогут принимать управленческие решения, наиболее значимые для целей и задач государства.

Список литературы

1. *Шклярук М. С., Гиацинтова О. М., Сазонова В. А.* Управление данными в госсекторе. Навигатор для начинающих. М.: РАНХиГС. 2022. 198 с.

2. *Цифробанк*. Аналитика // CDO2DAY. URL: https://cdo2day.ru/analytics.

3. *Указ* Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»).

4. *Исаева К. В.* Management Låg: успевает ли социальное управление за высокими технологиями? // Цифровая социология. 2022. № 1. С. 4–14.

5. *Industry 4.0* Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023–2028) // Mordor Intelligence URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industry-4-0-market.

6. *Эффективные* отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в обрабатывающей промышленности. Аналитический отчет // Экономика. Ноябрь 2022. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Effektivnye_otechestvennye_praktiki_na_baze_tekhnologii%CC%86_II_v_obrabatyvayushchei%CC%86_promyshlennosti.pdf.

7. *Znamensky D. Y., Sibiryaev A. S., Tokmurzin T. M.* «Big Data» as a mechanism for assisting state and municipal authorities // В сб.: Proceedings of the International Scientific Conference «Smart Nations: Global Trends in The Digital Economy». Vol. 1. Proceedings of the 2nd International Conference. Сер. «Lecture Notes in Networks and Systems» Springer Nature Switzerland AG. 2022. Pp. 170–178.

8. *Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S.* et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 311–318.

9. *Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S.* et al. Legal Regimes for State Property Management. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 302–309.

10. *Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E.* et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 319–325.

References

1. Shklyaruk M. S., Giatsintova O. M., Sazonova V. A. *Upravlenie dannymi v gossektore. Navigator dlja nachinajushhih* [Data management in the public sector. Navigator for beginners]. Moscow, RANHiGS, 2022, 198 p.

2. Digital bank. Analytics. *CDO2DAY*, available at: https://cdo2day.ru/analytics.

3. *O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossijskoj Federacii* [On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation (together with the «National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the Period until 2030»)]. Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 no. 490.

4. Isaeva K. V. Management Låg: does social management keep up with high technologies? *Digital sociology*, 2022, no. 1, pp. 4–14.

5. Industry 4.0 Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023–2028). *Mordor Intelligence*, available at: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industry-4-0-market.

6. Effective domestic practices based on artificial intelligence technologies in the manufacturing industry. Analytical Report. *Economy*, november 2022, available at: https://files.data-economy.ru/Docs/Effektivnye_otechestvennye_praktiki_na_baze_tekhnologii%CC%86_II_v_obrabatyvayushchei%CC%86_promyshlennosti.pdf.

7. Znamensky D. Y., Sibiryaev A. S., Tokmurzin T. M. «Big Data» as a mechanism for assisting state and municipal authorities. *In the collection: Proceedings of the International Scientific Conference «Smart Nations: Global Trends in The Digital Economy». Vol. 1. Proceedings of the 2nd International Conference. Ser. «Lecture Notes in Networks and Systems» Springer Nature Switzerland AG*, 2022, pp. 170–178.

8. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 311–318.

9. Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Regimes for State Property Management. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 302–309.

10. Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E. et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, no. 82, pp. 319–325.

УДК 351/354:004

С. А. ЗУДЕНКОВА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: zudenkova_s.a@mail.ru
S. A. Zudenkova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Цифровая трансформация промышленной политики: опыт РФ

Digital Transformation of Industrial Policy: Experience of the Russian Federation

Необходимость ускоренного развития отдельных отраслей обрабатывающей промышленности, в т. ч. обусловленная требованиями к достижению технологического суверенитета, может быть достигнута в ходе более широкого использования цифровых технологий (цифровой трансформации), что требует активного участия государства, в ходе реализации промышленной политики. В статье рассматриваются содержательные подходы к цифровой трансформации промышленной политики; выявлены особенности использования цифровых технологий в управлении промышленным развитием; проводится контекстный анализ стратегий, ориентированных на развитие обрабатывающей промышленности, а также представлены направления их совершенствования.

The need for accelerated development of certain manufacturing industries, including due to the requirements for achieving technological sovereignty, can be achieved in the course of the wider use of digital technologies - digital transformation, which requires the active participation of the state in the implementation of industrial policy. The article discusses meaningful approaches to the digital transformation of industrial policy; the features of the use of digital technologies in the management of industrial development are revealed; A contextual analysis of strategies focused on the development of the manufacturing industry is carried out, as well as directions for their improvement are presented.

Ключевые слова: государственное управление; промышленная политика; цифровая трансформация; стратегия цифровой трансформации.

Keywords: public administration; industrial policy; digital transformation; digital transformation strategy.

Решение общегосударственных задач, обозначенных Президентом РФ, непосредственно зависит от развития промышленного производства, фундаментом которого должно стать ускорение технологического развития и расширение внедрения цифровых технологий. Важнейшим инструментом осуществления требуемых преобразований выступает промышленная политика, в узком смысле понимаемая как совокупность действий и мероприятий, реализуемых государственными органами и организация-

ми, а более широко – система отношений между органами публичной власти, хозяйствующими субъектами, общественными институтами по поводу формирования промышленности, отвечающая определенному набору требований, таких как инновационная, конкурентоспособная, структурно-сбалансированная и другие.

В настоящее время промышленная политика представляет собой основной инструмент осуществления структурных и качественных преобразований в промышленности. Нормативную основу этого составляет принятый в 2014 г. закон о промышленной политике, в котором помимо прочего обозначены ее ключевые цели: «формирование высокотехнологичной, конкурентоспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики государства от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному типу развития; обеспечение обороны страны и безопасности государства; обеспечение занятости населения и повышение уровня жизни граждан Российской Федерации» [1].

Расширение использования цифровых технологий связано с цифровой трансформацией, в т. ч. в промышленности. Как показывает анализ, до настоящего времени отсутствует общепринятое понимание термина «цифровая трансформация», что подчеркивается в ряде работ современных исследователей [2, 3]. Согласно подходу, принятому Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [4], цифровая трансформация представляет собой следующую стадию развития после оцифровки, подразумевающей перевод аналоговых данных и процессов в машиночитаемый (цифровой) вид, и цифровизации, означающей использование цифровых технологий для повышения эффективности отдельных направлений или видов деятельности. В основе цифровой трансформации лежит экосистема взаимозависимых цифровых технологий, постоянное развитие которых стимулирует экономические и социальные изменения.

Значимость цифровой трансформации для повышения конкурентоспособности отечественной промышленности ведет к необходимости учета цифровых процессов, технологий при разработке и реализации государственной промышленной политики.

Цифровую трансформацию государственной промышленной политики можно рассматривать с двух позиций: как составляющую цифровой трансформации государственного управления, что определяет и предопределяет выбор форм, способов взаимодействия органов государственного управления, занимающихся разработкой государственной промышленной политики (Минпромторг России) с участниками инфраструктуры поддержки промышленности; и как сущностные (контекстные) изменения содержания государственной промышленной политики, обусловленные изменением вектора развития промышленности.

С позиции государственного управления цифровая трансформация представляет собой одну из ключевых задач развития государства. Ее достижение непосредственно связано с изменением процессов, в результате использования цифровых инструментов. Как показывает анализ, в научной среде имеются различные точки зрения на содержание цифровой трансформации государственного управления, деятельности органа государственной власти, которые можно условно разделить на два подхода. С позиции расширительного подхода (в широком смысле) [5–7], цифровая трансформация государственного управления, органа государственной власти может включать в качестве основы автоматизацию и цифровизацию; развитие архитектуры взаимо-

действия органов власти путем внедрения и использования цифровых процессов, создание и развитие цифровых сервисов, расширения масштабов взаимодействия. Таким образом, среди форм цифрового управления можно выделять электронное правительство, цифровое правительство, онлайн правительство.

Условно «ограничительный» подход (в узком смысле) к пониманию цифровой трансформации базируется на представлениях об использовании специфических технологий, прежде всего цифровых, однако перечень таких технологий также дискуссионный. Например, Центр стратегических разработок предлагает концепт «Государство-как-Платформа», т. е. такую систему организации деятельности органов власти, которая базируется на интегрированных и цифровизированных процессах и перспективных технологиях (единая системы сбора и хранения данных, цифровая инфраструктура, автоматизированное принятие решений и т. д.) [8].

Общим, для представителей обозначенных выше подходов, является признание того, что цифровая трансформация управления сопровождается использованием таких технологий как облачные, технологии больших данных (*Big Data*), искусственный интеллект (ИИ) и др., что вызывает необходимость рассмотрения опыта применения данных технологий при формировании и реализации промышленной политики Минпромторгом России.

Облачные технологии. Согласно исследованию «Облачные сервисы в органах власти», проведенного компанией «Новые облачные технологии» и аналитическим центром *TAdviser* еще в 2016 г. [9], около 2/3 опрошенных госзаказчиков уже используют либо планируют использовать облачное программное обеспечение. К преимуществам облачных технологий можно отнести возможность хранить и обрабатывать информацию удаленно, что позволяет сэкономить значительные средства на приобретение серверов и соответствующее программное обеспечение. К проблемному полю использования облачных технологий следует отнести обеспечение сохранности и безопасности данных. В качестве возможного решения видится ускоренное развитие ФГИС «Управление ГЕОП», начатое еще в 2015 г., кардинально переосмысленное и доработанное в 2019 г. В настоящее время эксперимент по переводу государственных информационных систем на единое Гособлако продлен до конца 2024 г. [10]. Вместе с тем, Минпромторг России не входит в число участников эксперимента по переходу в Гособлако.

Внедрение *Big Data* в работу Минпромторга планировалось еще в 2017 году [11]. С запуском ГИСП фактически существуют условия для использования *Big Data*, в т. ч. для проведения предиктивной аналитики. Являясь участником НСУД, Минпромторг России имеет возможность осуществлять аналитические распределенные запросы, например, оценивать объем прибыли организаций, получивших меры поддержки из бюджета.

Использование искусственного интеллекта в органах власти в наиболее простых формах связано с сортировкой входящей документации, классификацией и обработкой обращений граждан, использование чат-ботов. Вместе с тем, принимая во внимание наличие ряда баз данных, в т. ч. построенных по принципу *Big Data*, складываются возможности для более полного использования возможностей ИИ, например, для функционирования СППР (систем поддержки принятия решений).

Цифровая трансформация затрагивает деятельность органов власти, что иллюстрирует пример Минпромторга России. Так, в

рамках общего направления по расширению использования ИКТ в деятельности органов власти, предложенного Правительством РФ, Минпромторгом России разработана ведомственная программа цифровой трансформации на 2022 г. и на плановый период 2023–2024 гг. Наличие стратегии, т. е. осознание сложившегося положения и прогнозирование будущего, позволяет увидеть целостную картину изменений не только на уровне отдельного органа государственной власти, но и Правительства в целом, а также координировать усилия и действия всех участников процесса трансформации.

Минпромторг России принимает активное участие в создании, разработке и одновременно использует платформы государственной информационной системы, например, платформу ГИСП и др. Развитие платформ свидетельствует о накоплении критической массы «цифровых» изменений, использовании таких технологий, которые позволяют обеспечить новое качество взаимодействия органа власти и клиентов (получателей государственных услуг с позиции клиентоцентричного подхода к государственному управлению). По отдельным оценкам, Минпромторг России нацелен на создание экосистемы, маркетплейса для промышленного софта – платформы, которая позволит решить конкретную задачу по замещению для отечественных предприятий ИТ решений зарубежных производителей, ушедших с российского рынка [12].

Базовыми целями создания ГИСП являются автоматизация процесса сбора информации, необходимой для разработки и мониторинга промышленной политики; информирование о мерах поддержки промышленных предприятий; повышение эффективности обмена информацией о состоянии промышленности. Принятие Концепции развития ГИСП в 2016 г. [13] способствует уточнению приоритетов и составляющих формируемого единого информационного пространства.

ГИСП постепенно трансформируется в платформу, причем этот процесс осуществляется централизованно, сверху вниз, при этом основным бенефициаром системы остается Минпромторг России, поскольку основная часть сервисов направлена на сбор информации для Минпромторга России. Одним из главных результатов развития ГИСП следует считать упорядочение и обобщение информации о существующих мерах поддержки федерального и регионального уровня.

Исходя из проведенного анализа, представляется возможным сформулировать укрупненные рекомендации по совершенствованию действующих государственных информационно-аналитических систем, используемых в процессе реализации мер государственной поддержки российской промышленности.

Учитывая современные тренды цифровизации, а также позиционирование ГИСП как «одного окна» для промышленного предприятия следует больше внимания уделить межведомственному взаимодействию, проработать возможность автоматического «подгружения» уже имеющейся в государственных системах информации, например, коды ОКПО (Росстат), Выписка из единого государственного реестра юридических лиц, Устав предприятия (Налоговая служба). Такая «доработка» ГИСП позволит действительно сократить время (в человеко-часах) на взаимодействие с платформой для представления информации и повысит ценность платформы для предприятия.

Важным направлением развития ГИСП является совершенствование имеющихся сервисов в направлении проактивного предоставления информации, например, предоставлении информации о возможных мерах поддержки исходя из анализа профи-

ля предприятия, об изменениях в формах отчетности, о проводимых конкурсах, выставках и т. д.

Формирование на базе ГИСП экосистемы для промышленных предприятий предполагает расширение количества сервисов, позволяющих предприятиям эффективно решать задачи по осуществлению хозяйственной деятельности. Среди принципов, на основе которых должно осуществляться развитие новых сервисов следует отметить: сохранность информации, поскольку определенная информация предприятия представляет собой коммерческую тайну, удобство, оперативность. Расширение сервисов возможно за счет интеграции данных ГИСП с другими органами государственного управления, службами и агентствами, например, с Роспатентом, Федеральной таможенной службой; усиления взаимодействия с кредитными организациями, занимающимися кредитованием промышленности.

Следует уделить большее внимание размещению открытых данных в ГИСП, что создаст предпосылки для повышения интереса к платформе со стороны предприятий, не имеющих еще четких планов по цифровизации, будет способствовать повышению доверия к платформе и Минпромторгу России в частности.

Положительной практикой заслуживающей продолжения можно считать подготовку кратких тематических обучающих видео, например, «как зарегистрироваться на портале ГИСП», «как выбрать проверенного поставщика за пару кликов» и т. д.

Следует отметить, что инфраструктура и современные технологии сами по себе не являются трансформирующими факторами, однако выступают базисом, без которого трансформация невозможна.

Проведенный анализ содержания (контента) государственной промышленной политики, проводимой Минпромторгом России основывался на положениях Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности [14, 15] и Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности [16, 17], а также целях и задачах деятельности Минпромторга России.

Следует обратить внимание, что указанные Стратегии достаточно четко определяют направленность действий государства – это обрабатывающая промышленность. Сравнительный анализ показателей результативности реализации Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности и интегральных индикаторов Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности показывает, что результаты первой являются более оптимистичными. Выявлен ряд одноименных показателей (например, внутренние затраты на развитие цифровой экономики и другие), причем их значения, указанные в Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, превышают значения аналогичных индикаторов Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности. Учитывая, что обе стратегии разработанные примерно в одно время, ориентированы на отрасли обрабатывающей промышленности, находящиеся в сфере ведения Минпромторга России, то обоснованность значений показателей вызывает вопросы.

В самом названии Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности уже указана цель вмешательства государства, а именно – достижение «цифровой зрелости». Однако формализация цели «достижение «цифровой зрелости»» вызывает определенные трудности, что связано с отсутствием единого подхода к пониманию данного понятия. В частности, в Указе Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях

развития Российской Федерации на период до 2030 года» обозначена цель – цифровая трансформация, ее достижение связано с достижением цифровой зрелости отраслями экономики и социальной сферы. В таком контексте «цифровая зрелость» представляет собой результат оценки, проведенного анализа. Стратегия определяет «цифровую зрелость» промышленных предприятий как «их готовность встраивания в новый технологический уклад, использующий новейшие достижения цифровых технологий».

Указанное обстоятельство подчеркивается Поляковой Т. А. и Минбалеевым А. В [18, 19], которые проводят семантический и аксиологический анализы понятия «цифровая зрелость», а также рассматривают особенности употребления понятия с позиции права. С тезисом авторов о том, что использование термина «цифровая зрелость» – это иллюстрация феномена «опережающего использования в системе правового регулирования недостаточно определенного с позиции права понятия» трудно не согласиться.

Главной задачей Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности заявлена «модернизация управления производственными процессами, что должно привести к значительному повышению производительности труда». Сравнивая формулировки цели и главную задачу, следует отметить некоторую их несогласованность. Главная задача Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности направлена на повышение эффективности деятельности предприятия, обновление оборудования или информационных систем, т. е. главная задача представляется несколько шире, чем декларируемая цель.

В ходе описания достигнутого уровня технологического и социально-экономического развития в отраслях обрабатывающей промышленности, авторы Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности включают в проблемное поле вопросы импортозамещения. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности – это попытка одновременной реализации стратегии импортозамещения и стратегии роста, основанного на научно-технологическом и инновационном развитии. Ничуть не отрицая значимость вопросов, связанных с технологическим суверенитетом, следует отметить, что достижение «цифровой зрелости» может быть обеспечено и в результате использования зарубежного (по происхождению) оборудования, ПО, технологий. Ввиду сказанного, название Стратегии нуждается в определенной корректировке. Центральным решением заявленных Стратегией цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности проблем выступает ГИСП.

Таким образом, необходимость осуществления цифровой трансформации находит прямое отражение в деятельности органов власти по развитию отраслей обрабатывающей промышленности. Несмотря на существующие проблемы в формализации понятия «цифровая трансформация» и некоторых связанных с ним понятий, они активно используются в соответствующих инструментах управления.

Список литературы

1. *Федеральный* закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ (ред. от 01.05.2022) «О промышленной политике в Российской Федерации».

2. *Цифровая* трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание второе, исправленное и дополненное. М.: ООО «КомНьюс Груп». 2019. 368 с.

3. *Абдрахманова Г. И., Васильковский С. А., Вишневский К. О.* и др. Цифровая трансформация: ожидания и реальность // XXIII Ясинская (Апрельская) междунар. науч. конф. по пробле-

мам развития экономики и общества. М.: Изд. дом Высшей школы экономики. 2022. 221 с.

4. *Going* Digital Project. URL: https://www.oecd.org/digital/goingdigital-project.

5. *Зубарев С. М.* Правовые риски цифровизации государственного управления // Актуальные проблемы российского права. 2020. Т. 15. № 6. С. 23–32.

6. *Лебедева Ю. А.* Цифровая трансформация государственного и муниципального управления в Российской Федерации: проблемы и тенденции развития // Муниципальная академия. 2020. № 4. С. 25–28.

7. *Кузнецов П. У.* Цифровая трансформация государственного управления как этап развития информатизации в России // Вестник ЮУрГУ. Серия «Право». 2021. Т. 21. № 1. С. 84–95.

8. *Буров В. В., Петров М. В., Шклярук М. С. Шаров А. В.* «Государство-как-платформа»: подход к реализации высокотехнологичной системы государственного управления // Государственная служба. 2018. № 3. С. 6–17.

9. *«Облака»* в госсекторе: исследование TAdviser и «Новые облачные технологии» // TAdviser. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Исследование_TAdviser_и_Новые_облачные_технологии_Облачные_сервисы_в_органах_власти.

10. *Постановление* Правительства РФ от 03.10.2022 г. № 1753 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 28 августа 2019 г. № 1114».

11. *Минпромторг* внедрит в работу big data и искусственный интеллект // Inc. Russia URL: https://incrussia.ru/news/minpromtorg-vnedrit-v-rabotu-big-data-i-iskusstvennyj-intellekt/.

12. *Софт* в промышленных масштабах // Коммерсант. 10 авг. 2022. URL: https://www.kommersant.ru/doc/5503197.

13. *Приказ* Минпромторга России от 23.06.2016 № 2091 (ред. от 12.08.2021) «Об утверждении Концепции развития государственной информационной системы промышленности».

14. *Распоряжение* Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года».

15. *Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S.* et al. Legal Regimes for State Property Management. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 302–309.

16. *Стратегия* цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года: утв. Минпромторгом России.

17. *Popadyuk N.* et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 210–218.

18. *Полякова Т. А., Минбалеев А. В*. Понятие и правовая природа «цифровой зрелости» // Государство и право. 2021. № 9. С. 107–116.

19. *Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S.* et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 311–318.

References

1. *O promyshlennoj politike v Rossijskoj Federacii* [On Industrial Policy in the Russian Federation]. Federal Law no. 488-FZ dated December 31, 2014 (as amended on May 1, 2022)

2. *Cifrovaja transformacija. Analiz, trendy, mirovoj opyt. Izdanie vtoroe, ispravlennoe i dopolnennoe* [Digital transformation. Analysis, trends, world experience. Second edition, corrected and expanded]. Moscow, ComNews Group LLC, 2019, 368 p.

3. Abdrakhmanova G. I., Vasilkovsky S. A., Vishnevsky K. O. et al. Digital transformation: expectations and reality. *XXIII Yasinskaya (April) International scientific conf. on problems of economic and social development*. Moscow, Publishing house of HSE, 2022, 221 p.

4. *Going Digital Project*, available at: https://www.oecd.org/digital/goingdigital-project.

5. Zubarev S. M. Legal risks of digitalization of public administration. *Current problems of Russian law*, 2020, vol. 15, no. 6, pp. 23–32.

6. Lebedeva Yu. A. Digital transformation of state and municipal government in the Russian Federation: problems and development trends. *Municipal Academy*, 2020, no. 4, pp. 25–28.

7. Kuznetsov P. U. Digital transformation of public administration as a stage of development of

informatization in Russia. *Bulletin of SUSU. Series «Law»*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 84–95.

8. Burov V. V., Petrov M. V., Shklyaruk M. S. Sharov A. V. «State-as-a-platform»: an approach to the implementation of a high-tech public administration system. *State Service*, 2018, no. 3, pp. 6–17.

9. «Clouds» in the public sector: research by TAdviser and «New cloud technologies». *TAdviser*, available at: https://www.tadviser.ru/index.php/Article: Research_TAdviser_and_New_cloud_technologies_Cloud_services_in_authorities.

10. *O vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 avgusta 2019 g. № 1114* [On amendments to Decree of the Government of the Russian Federation dated August 28, 2019 no. 1114]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 1753 dated October 3, 2022.

11. The Ministry of Industry and Trade will introduce big data and artificial intelligence into its work. *Inc. Russia*, available at: https://incrussia.ru/news/minpromtorg-vnedrit-v-rabotu-big-data-i-iskusstvennyj-intellekt/.

12. Software on an industrial scale. *Kommersant*, Aug 10 2022, available at: https://www.kommersant.ru/doc/5503197.

13. *Ob utverzhdenii Koncepcii razvitija gosudarstvennoj informacionnoj sistemy promyshlennosti* [On approval of the Concept for the development of the state industrial information system]. Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia no. 2091 dated June 23, 2016 (as amended on August 12, 2021).

14. *Ob utverzhdenii Svodnoj strategii razvitija obrabatyvajushhej promyshlennosti Rossijskoj Federacii do 2024 goda i na period do 2035 goda* [On approval of the Consolidated Strategy for the Development of the Manufacturing Industry of the Russian Federation until 2024 and for the period until 2035]. Order of the Government of the Russian Federation dated 06.06.2020 no. 1512-r.

15. Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Regimes for State Property Management. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 302–309.

16. *Strategija cifrovoj transformacii obrabatyvajushhih otraslej promyshlennosti v celjah dostizhenija ih «cifrovoj zrelosti» do 2024 goda i na period do 2030 goda* [Strategy for the digital transformation of manufacturing industries in order to achieve their «digital maturity» by 2024 and for the period until 2030], approved by Ministry of Industry and Trade of Russia.

17. Popadyuk N. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 210–218.

18. Polyakova T. A., Minbaleev A. V. The concept and legal nature of «digital maturity». *State and Law*, 2021, no. 9, pp. 107–116.

19. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 311–318.

УДК 336.648

М. П. РУБАНОВА (Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург)
E-mail: Amber121@yandex.ru
M. P. Rubanova (St. Petersburg State University, St. Petersburg)

Правовые аспекты привлечения инвестиций с помощью инвестиционных платформ

Legal aspects of attracting investments through investment platforms

Исследован механизм и правовые аспекты привлечения инвестиций с помощью инвестиционных платформ в России. Изучена специфика формирования

спекулятивных пузырей в сферах, не связанных с производством. Информационный этап характеризуется в том числе тем, что все больше молодых людей стремится найти работу в сфере информационных технологий и услуг. Параллельно возникает дефицит кадров в сфере инженерных технологий. Однако, несмотря на экономическую эффективность и потенциальные перспективы использования инвестиционных платформ для привлечения инвестиций, правовое регулирование данной сферы в России остается малоизученным и требует дальнейшего анализа.

The mechanism and legal aspects of attracting investments using investment platforms in Russia have been studied. The specifics of the formation of speculative bubbles in areas not related to production have been studied. The information stage is characterized, among other things, by the fact that more and more young people are seeking to find work in the field of information technology and services. At the same time, there is a shortage of personnel in the field of engineering technologies. However, despite the economic efficiency and potential prospects for using investment platforms to attract investments, the legal regulation of this area in Russia remains poorly understood and requires further analysis.

Ключевые слова: инвестиционные платформы; правовое регулирование; привлечение инвестиций; Российская Федерация.

Keywords: investment platforms; legal regulation; attracting investments; Russian Federation.

Промышленный сектор РФ, в котором преобладают традиционные отрасли, такие как кузнечное дело, является одним из краеугольных камней экономики страны. В последние десятилетия тенденции модернизации и инноваций становятся все более заметными, что привлекает внимание инвесторов. Привлечение инвестиций через современные инвестиционные платформы представляет собой новые возможности со сложным правовым полем, на которое влияют многие факторы. Средний размер привлеченных с помощью инвестиционных платформ инвестиций на одного заемщика в IV квартале 2022 г. составляет 3,39 млн руб., что позволяет говорить о том, что лицами, привлекающими инвестиции, могут быть не только предприниматели, предоставляющие информационные и другие услуги, не требующие значительных вложений в средства производства, но и представители промышленности, чья деятельность обусловлена такими вложениями.

Цель данной работы – рассмотрение правовых аспектов привлечения инвестиций с использованием инвестиционных платформ в контексте промышленности страны. Среди ключевых вопросов, которые будут рассмотрены, можно выделить регулирование ответственности инвестиционных платформ, риски инвесторов и лиц, привлекающих инвестиции, взаимодействие с национальной правовой системой и особенности привлечения инвестиций в сфере промышленности. Автором применены методы анализа и синтеза, сравнительно-правовой и формально-юридический методы, а также метод статистического анализа.

Анализ правового регулирования и практики применения норм об инвестиционных платформах позволяет выделить ряд проблем, требующих решения. В частности,

необходимо усовершенствование механизмов защиты прав инвесторов, усиление контроля за деятельностью инвестиционных платформ и уточнение требований к организаторам этих платформ. Вместе с тем, инвестиционные платформы остаются перспективным инструментом привлечения инвестиций, что подтверждается статистическими данными о росте их числа и объема собранных средств [1–8].

Спецификой постиндустриального этапа развития экономики является формирование спекулятивных пузырей в сферах, не связанных с производством. Информационный этап характеризуется в том числе тем, что все больше молодых людей стремится найти работу в сфере информационных технологий и услуг. Параллельно возникает дефицит кадров в сфере инженерных технологий.

Согласно статье 23.1 Федерального закона «О рынке ценных бумаг», Федеральный проект «Профессионалитет» направлен на развитие образовательных программ, ориентированных на реальный сектор экономики. В результате создаются кластеры, включающие и потенциальных работодателей, принявших решение об определенном уровне участия.

Однако привлекательность образования в области инженерных технологий для молодых людей снижается из-за того, что данная сфера плохо отвечает еще одной современной тенденции – возможности работать «на себя», ведь применение инженерных технологий требует финансовых вложений в оборудование.

При этом кредитные организации или специальные фонды часто отказывают в предоставлении денежных средств в связи с низкой обеспеченностью возврата заемных денежных средств.

Согласно статье 214 Налогового кодекса РФ, доходы от инвестиций через платформы облагаются налогом на доходы физических лиц по ставке 13 %. При этом, согласно пункту 11 статьи 217 НК РФ, предусмотрены налоговые льготы для инвестиций в некоторые виды проектов, включая инновационные и социально значимые.

Анализ практики применения норм о инвестиционных платформах позволяет выявить ряд проблем и перспектив в данной сфере. В частности, по данным Банка России, в 2022 г. выявлено 3 нелегальных оператора инвестиционных платформ.

В этой связи особенно актуальным становится вопрос об эффективности правового регулирования привлечения инвестиций с помощью инвестиционных платформ для развития предпринимательской деятельности в области производства и инженерных технологий.

Федеральный Закон «О привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 02.08.2019 г. № 259-ФЗ (далее Закон о привлечении инвестиций с использованием Инвестиционных Платформ) не регулирует отношения по привлечению инвестиций с помощью краудфинансирования в привычном понимании – когда объявляется сбор для проекта с социальной направленностью. Например, на платформе «Планета.ру» объявлен сбор для строительства кузницы в Кировской области, первым проектом которой будет создание кованых ворот для детского сада. Финансирование можно осуществить как перечислением денежных средств, так и посредством покупки сувенирных изделий. При этом внесенные денежные средства возврату не подлежат, проценты на них не начисляются и не уплачиваются.

Подобное финансирование проектов Законом о привлечении инвестиций с использованием Инвестиционных Платформ

не регулируется. В поле регулирования данного Закона попадает исключительно коммерческий краудфандинг – привлечение финансирования за вознаграждение на специальных платформах, операторы которых внесены в Реестр Операторов инвестиционных платформ, размещенный на сайте Банка России.

Наиболее соответствующими привлечению инвестиций в проекты, связанные с производством, представляется способ инвестирования, предусмотренный пунктом 1 статьи 6 Закона о привлечении инвестиций с использованием Инвестиционных Платформ, а именно – предоставление займов (краудлендинг).

Необходимо отметить, что краудинвестинг также применяется для реализации проектов, осуществляемых предприятиями малого и среднего бизнеса, которые непосредственно вовлечены в разработку и внедрение технологических инноваций в модернизированной экономике РФ [2].

В соответствии с федеральным законом о привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ лицом, привлекающим инвестиции, может быть либо юридическое лицо, либо индивидуальный предприниматель.

Важные условия направлены на защиту инвесторов от злоупотребления со стороны недобросовестных заемщиков.

Так, юридическое лицо или индивидуальный предприниматель не может являться лицом, привлекающим инвестиции в следующих случаях:

1) контролирующие лица такого юридического лица или его руководитель имеют неснятую или непогашенную судимость за преступление в сфере экономики, против государственной власти, интересов государственной службы и службы в органах местного самоуправления;

2) в отношении руководителя такого юридического лица не истек срок, в течение которого он считается подвергнутым административному наказанию в виде дисквалификации;

3) в отношении такого юридического лица возбуждено производство по делу о банкротстве.

Правилами инвестиционной платформы могут быть установлены дополнительные требования к заемщику. Например:

- с момента государственной регистрации юридического лица или предпринимателя должно пройти не менее 6 или 12 месяцев;
- руководитель юридического лица или индивидуальный предприниматель должны иметь постоянную или временную регистрацию на территории РФ на момент направления Инвестиционного предложения;
- в отношении лица существуют незавершенное арбитражное и/или исполнительное производство по договорам займа, кредита, лизинга.

Несмотря на то, что Операторы инвестиционных платформ заявляют инвесторам о том, что к привлечению инвестиций допускаются лишь самые надежные проекты, на практике проверка носит, прежде всего, формальный характер. Об этом говорят:

1. Информация, предоставляемая лицам, привлекающим инвестиции. Например, сайт инвестиционной платформы Поток в информационно-коммуникационной сети «Интернет» содержит следующую информацию: «высокий процент одобрений», «рассмотрение за 1 день», «никаких походов в офис и бюрократии — отправим деньги на р/с в любой банк».

2. Аналитические материалы Банка России: в действительности общий объем просроченной задолженности лиц, привлекающих инвестиции, перед инвесторами по

состоянию на конец 2022 г. составляет 828 млн руб. (9,9 % от общего объема привлеченных лицами, привлекающими инвестиции, денежных средств по действующим договорам займа), в то время как доля просроченной задолженности по кредитам, выданным кредитными организациями в 2022 г., в среднем составляет 5 %.

При этом, в зависимости от надежности лицам, привлекающим инвестиции, присваиваются разные категории. От этой категории зависит процент (вознаграждение), который получает инвестор.

Традиционной отрасли промышленности представляют интерес, скорее, для консервативных инвесторов. Инвестиции в основной капитал металлургического производства демонстрируют стабильный рост в последние годы. Риски, связанные с инвестированием в эту отрасль, включают в себя потенциальные нарушения стандартов безопасности и экологические риски.

В настоящее время цифровые платформы играют все более важную роль в экономике, обеспечивая новые возможности для предпринимателей и потребителей. Однако, российское законодательство не всегда соответствует требованиям цифровой экономики. Основной проблемой является недостаточное регулирование деятельности операторов платформ, что увеличивает риски как для лиц, привлекающих инвестиции, так и для инвесторов.

Кроме того, в сочетании с недостаточным регулированием контекстной рекламы, в частности, в видеороликах, размещаемых на видеохостинге *YouTube* и снижением доверия к традиционным формам вкладов, указанные выше обстоятельства приводят к возможности агрессивной маркетинговой политики операторов инвестиционных платформ, которая создает у потребителей иллюзию гарантированного дохода и повышенной надежности инвестиций, осуществляемых с помощью инвестиционных платформ.

При этом, в обзоре платформенных сервисов в России, Банк России отмечает, что интерес инвесторов к рынку краудфандинга обусловлен следующими факторами. Во-первых, это упрощение процедуры оценки проектов для включения в инвестиционный портфель за счет функции авто инвестирования. Во-вторых, предположения о защите инвестиций от нецелевого расходования благодаря применению операторами инвестиционных платформ номинального счета, бенефициарами которого являются инвесторы. В-третьих, регулятор указывает такой фактор как «повышенная доходность вложений для инвесторов по сравнению с классическими банковскими продуктами», однако при этом ссылается на данные самих операторов инвестиционных платформ о том, что годовая доходность в 2022 г. составляет 17,6 % годовых, а в 2021 г. – 15 %). Наконец, в-четвертых, фактором, способствующим увеличению интереса инвесторов к инвестиционным платформам, Банк России считает оценку и мониторинг кредитного риска лиц, привлекающих инвестиции, и их инвестиционных предложений, однако не указывает, кто и на основании каких критериев осуществляет подобную оценку.

Потенциал инвестиционных платформ в привлечении инвестиций в промышленность в том числе в кузнечное производство пока не раскрыт в полной мере. При этом в течение 2022 г. на предприятиях промышленности сохранилась тенденция роста инвестиционной активности в части цифрового и технологического развития – темп прироста составляет 5 %.

Применение ИИ и машинного обучения в промышленности в целом, и в металлургии в частности, становится все более распространенным. Однако, металлургическая от-

расль, тем не менее, остается слабо затронутой этими технологиями, хотя потенциал в аналитике и прогнозировании очевиден. Привлечение инвестиций с помощью цифровых платформ могло бы стать своеобразным «вторым дыханием» для отрасли.

По данным Банка России на начало 2023 г., в реестр операторов инвестиционных платформ регулятора включены 64 организации (за 2022 г.: включены 18 организаций, четыре исключены), предоставляющие возможность прямого инвестирования в различные отрасли экономики. Однако 28 операторов инвестиционных платформ (приблизительно 44 %) не осуществляют свою деятельность в связи со следующими причинами:

- платформы находятся в стадии разработки;
- деятельность операторов инвестиционных платформ приостановлена из-за нестабильной геополитической и экономической ситуации.

Суммарный объем инвестиций, привлеченных через инвестиционные платформы, превышает отметку в 20 млрд руб. в 2022 г., что на 48 % больше по сравнению с предыдущим годом (13,8 млрд руб.). Количество зарегистрированных инвесторов на российских инвестиционных платформах приблизилось к отметке в 55 тыс. лиц, среди которых активно инвестирует примерно 50 % от числа зарегистрированных пользователей.

Выводы. 1. Развитие инвестиционных платформ: российский рынок инвестиционных платформ активно развивается, с увеличением числа платформ и общего объема привлеченных инвестиций. Более 60 платформ функционируют в России, с совокупным объемом инвестиций более 20 млрд руб. в 2022 г.

2. Роль промышленности, в том числе металлургии: несмотря на то что доля инвестиций в настоящее время нельзя признать значительной, эта отрасль несомненно представляет потенциал для инвесторов, учитывая интеграцию современных технологий.

3. Представляется, что сочетание технологических инноваций, правового регулирования и активности инвестиционных платформ может создать благоприятную среду для дальнейшего развития промышленности в России. Однако успешная реализация такого сценария требует уточнения отдельных аспектов деятельности операторов инвестиционных платформ.

4. Инвестиционные платформы, несмотря на некоторые препятствия, представляют собой современный инструмент модернизации и инноваций в промышленность России. Однако успешное их применение потребует адаптации законодательства к современным экономическим тенденциям, в том числе цифровизации.

Список литературы

1. *Акинфиева В. В.* Утилитарные цифровые права в современных условиях трансформации экономики // Пермский юридический альманах. 2020. № 3. С. 398–407.

2. *Баранников А. Л., Донскова Л. И.* Краудфандинг и краудинвестинг – новые инструменты привлечения инвестиций в Индустрии 4.0 // Новая экономика России в Индустрии 4.0: материалы Всеросс. (нац.) науч.-практ. конф. М.: Московский университет им. С. Ю. Витте. 2022.

3. *Безсмертная Е. Р.* Краудфандинг и иные формы инвестирования как альтернатива банковскому кредитованию // Финансовые рынки и банки. 2019. № 4. С. 73–78.

4. *Клинов А. О.* Правовое регулирование краудфандинга в России и за рубежом // Закон. 2018. № 2. С. 90–105.

5. *Обзор* платформенных сервисов в России (операторы инвестиционных платформ, операторы информационных систем и оператор фи-

нансовых платформ). Информационно-аналитический материал. 2023.

6. *Российская* экономика в 2021 г. Тенденции и перспективы // Тенденции и перспективы. Вып. 43: сб. науч. тр. под редакцией А. Л. Кудрина и др. М.: Институт Гайдара. 2022.

7. *Савалей В. В.* Развитие альтернативных форм финансирования проектов с применением цифровых технологий // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2021. Т. 13. № 1. С. 45–61.

8. *Хуснатдинов И. А., Баранников А. Л., Гизятова А. Ш.* и др. Рынок альтернативных способов привлечения финансирования: инвестиционные платформы // Компетентность. 2023. № 4.

References

1. Akinfieva V. V. Utilitarian digital rights in modern conditions of economic transformation. *Perm Legal Almanac*, 2020, no. 3, pp. 398–407.

2. Barannikov A. L., Donskova L. I. Crowdfunding and crowdinvesting - new tools for attracting investments in Industry 4.0. *New Russian economy in Industry 4.0: materials of the All-Russian. (national) scientific-practical conf.* Moscow, Moscow University named after. S. Yu. Witte, 2022.

3. Bezsmertnaya E. R. Crowdfunding and other forms of investment as an alternative to bank lending. *Financial markets and banks*, 2019, no. 4, pp. 73–78.

4. Klinov A. O. Legal regulation of crowdfunding in Russia and abroad. *Law*, 2018, no. 2, pp. 90–105.

5. *Review of platform services in Russia (investment platform operators, information system operators and financial platform operators)*. Information and analytical material, 2023.

6. Russian economy in 2021. Trends and prospects. *Trends and prospects*, vol. 43: coll. of art. edited by A. L. Kudrin and others. Moscow, Gaidar Institute, 2022.

7. Savalei V. V. Development of alternative forms of financing projects using digital technologies. *Territory of new opportunities. Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 45–61.

8. Khusnatdinov I. A., Barannikov A. L., Gizyatova A. Sh. et al. Market of alternative methods of attracting financing: investment platforms. *Competence*, 2023, no. 4.

УДК 338.242.2

Н. Л. КРАСЮКОВА, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: nlkrasyukova@fa.ru
N. L. Krasyukova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Обоснование интеграции механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики, направленного на совершенствование действующих мер государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Министерством промышленности и торговли РФ

Rationale for the integration of the regulatory impact assessment mechanism into the system of evidence-based policy aimed at improving the existing measures of state support for the Russian industry, carried out by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation

В статье предпринята попытка осуществить обоснование интеграции оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики в части повышения эффективности действующих мер государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Министерством промышленности и торговли РФ. Рассмотрены основные направления системной работы по оценке и нивелированию рисков, вызванных внешним санкционным воздействием; описана система применения доказательного подхода к формированию и реализации государственной промышленной политики, от которой можно будет получить синергетический эффект. Большое внимание уделено различным аспектам интеграции механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики.

The article attempts to justify the integration of regulatory impact assessment into the system of evidence-based policy in terms of improving the effectiveness of existing measures of state support for Russian industry, carried out by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. The article considers the main directions of systematic work on assessing and leveling the risks caused by external sanctions; a system for applying an evidence-based approach to the formation and implementation of state industrial policy is described, from which it will be possible to obtain a synergistic effect. Much attention in the article is paid to various aspects of the integration of the regulatory impact assessment mechanism into the evidence-based policy system.

Ключевые слова: доказательная политика; промышленная политика; оценка регулирующего воздействия.

Keywords: evidence-based policy; industrial policy; regulatory impact assessment.

В современных условиях при принятии государственных управленческих решений как никогда на первый план выходят задачи преодоления кризисных явлений и процессов и разработки и реализации научно обоснованных мер промышленной политики, которая выступает не столько инструментом государственного перераспределения или создания новых рент, но, в большей мере, является инструментом обеспечения экономической и политической стабильности за счет перераспределения доходов в экономике и контроля за источниками ренты и формированием ее новых источников.

В условиях экономического санкционного давления стран Запада и США, Минпромторг России по поручению Президента РФ, согласно постановлениям Правительства [1–7] оказывает системную поддержку промышленности и торговой деятельности, а также осуществляет поддержку бизнеса по нескольким направлени-

ям и в различных формах, среди которых: субсидии, грантовая поддержка проектов, льготное кредитование, налоговые каникулы и отсрочка налога упрощенной системы налогообложения, а также введение Единого налогового платежа с 1 января 2023 г., ведение реестра организаций для получения налоговых льгот, создание комплексной системы поддержки бизнеса, автоматизированная упрощенная система налогообложения на поддержку микропредприятий. Общее число таких мер в настоящее время около 50.

В табл. 1 представлены основные направления системной работы по оценке и нивелированию рисков, вызванных внешним санкционным воздействием.

При этом необходимо сочетание всего комплекса научных подходов к уже используемым на сегодняшний день инструментов и механизмов государственного управления к решению задачи включения доказательного подхода при формировании и реализации государственной промышленной политики.

Такие подходы представляют конгломерат теории предвидения, методологии интегрального макропрогнозирования, стратегического планирования, национального программирования и макромоделирования наряду с обобщением имеющегося практического опыта в этих видах государственного управления и регулирования рыночной экономикой и помогают принимать рациональные и обоснованные государственные управленческие решения.

Также принимая во внимание всю важность теоретической части доказательной политики, важно интегрировать ее в реальные явления или процессы государственного управления, чтобы она не осталась абстрактной теоретической моделью. Поэтому выводы теоретической модели, при применении доказательной политики, должны иметь в том числе и практическую апробацию, подкрепленную на первых этапах ее применения «пилотными» проектами и иными доказательными фактами.

На рис. 1 представлена система применения доказательного подхода к формиро-

Таблица 1

Основные направления нивелирования рисков и вызовов, вызванных санкционным воздействием стран Запада и США

№	Вызовы	Инструменты нивелирования
1	Финансово-экономические	Льготное софинансирование программ федерального государственного автономного учреждения «Российский фонд технологического развития»; докапитализация кластерной инвестиционной платформы, промышленной ипотеки, Фонда развития промышленности, утверждение таксономии проектов технологического суверенитета.
2	Транспортно-логистические	Субсидирование затрат на транспортировку промышленной продукции; кредитно-страховая поддержка приоритетных экспортных проектов; создание лизинговых компаний и транспортно-логистических центров за рубежом.
3	Производственно-технологические	Донастройка модели субсидирования затрат на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, расширение спектра проектов по производству импортозамещающей продукции, запуска программы обратного инжиниринга, создания центров инженерных разработок, применения инструментов специальных инвестиционных контрактов – СПИК 1.0 и СПИК 2.0.

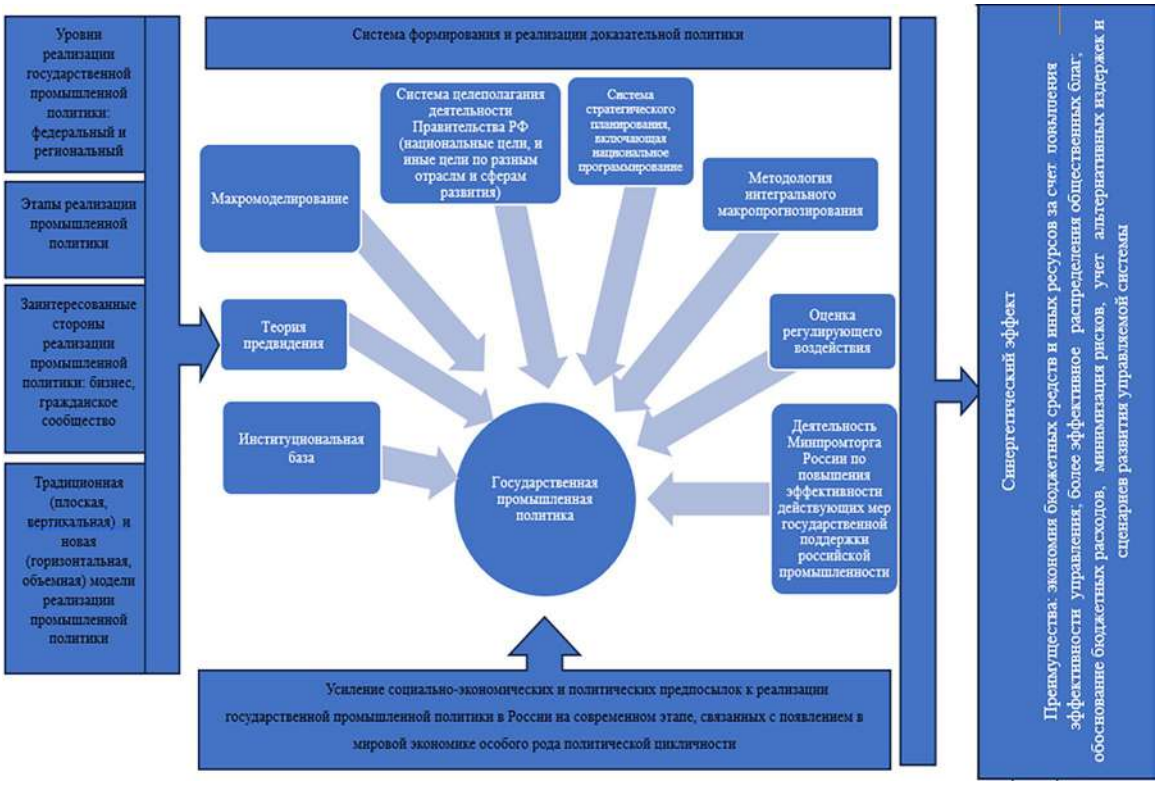


Рис. 1. Система применения инструментов доказательной политики при формировании и реализации государственной промышленной политики

ванию и реализации государственной промышленной политики, от которой можно будет получить синергетический эффект. Элементы этой системы имеют широкий спектр инструментов, включающий, кроме перечисленных выше, традиционный и новый подходы к формированию и реализации промышленной политики, а также федеральный и региональный уровни и этапы ее реализации; возможность и необходимость учета при ее формировании интересов стейкхолдеров (представителей хозяйствующих субъектов, бизнеса, гражданского сообщества).

Также элементами этой системы являются такие составляющие, как институциональная база и оценка регулирующего воздействия.

Институциональную базу составляют Конституция РФ; нормативно-правовые акты «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 № 488-ФЗ; ОНДП до 2024 г.; «Договор о Евразийском экономическом союзе» ред. от 24.03.2022 с изм. и доп., вступ. в силу с 03.04.2023; а также деятельность Фонда развития промышленности и др. [8–11].

Поскольку сферу наших интересов представляет процедура оценки регулирующего воздействия, остановимся на ней более подробно. Оценка регулирующего воздействия включает в себя анализ и оценку проектов нормативных правовых актов на предмет наличия в них положений, устанавливающих избыточные административные и другие ограничения в деятельности предпринимателей, а также приводящие к необоснованным расходам как для бизнеса, так и для бюджетной системы РФ.

Оценка регулирующего воздействия должна взаимоувязать вводимые правовые нормы и решение существующих проблем в рассматриваемой области и позволит выстроить механизм оценки регулирующе-

го воздействия в систему доказательной политики в части повышения эффективности действующих мер государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Министерством промышленности и торговли РФ [12]. Данный механизм представляет собой систему мер и инструментов государственного управления, призванных:

- минимизировать административные барьеры для заинтересованных субъектов хозяйствования за счет инициации общественного обсуждения при принятии законодательных актов;
- повысить эффективность государственных управленческих решений в области государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Минпромторгом России за счет их системной обоснованности и доказательности.

Оценка регулирующего воздействия была внедрена в систему государственного управления в РФ на основании нормативно-правовых актов, представленных в табл. 2.

Процедура регулирующего воздействия отражена на Федеральном портале проектов нормативных правовых актов [15]. Данный сервис имеет десятилетнюю историю, около 5 млн экспертов каждый год принимают участие в обсуждении нормативных актов. Так, в 2022 г. рассмотрено 9,7 тыс. проектов нормативных правовых актов и дано 54 тыс. отзывов. Принцип клиентоцентричности, на основе которого действует портал, дает возможность заинтересованным лицам после инициирования нового акта познакомиться с версией акта в редакции разработчика, о чем говорится в соответствующем уведомлении на данном Федеральном портале, а также имеется история движения проекта и текущие этапы.

Таблица 2

Нормативно-правовые акты по оценке регулирующего воздействия

№	НПА	Содержание
1	Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления» [13]	В Указе отражены основные направления совершенствования системы государственного управления на основе достижения показателей удовлетворенности граждан качеством госуслуг; доля граждан, имеющих доступ к госуслугам, в том числе и в электронной форме; уменьшение обращений представителей бизнес-сообщества в органы власти; снижение времени ожидания получения госуслуг.
2	Постановление Правительства РФ от 17.12.2012 N 1318 (ред. от 15.02.2023) «О порядке проведения федеральными органами исполнительной власти оценки регулирующего воздействия проектов нормативных правовых актов и проектов решений Евразийской экономической комиссии, а также о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ [14]	Данные правила определяют порядок проведения оценки регулирующего воздействия проектов нормативных правовых актов; определено, что проверка осуществляется федеральным органом исполнительной власти на основании принятия решения о подготовке проекта актов. В правилах определяется цель оценки регулирующего воздействия проектов актов, заключающаяся в определении и оценке плюсов и минусов принятия проекта акта; варианты решения проблем; особенности выявление в проекте акта положений по избыточным обязанностям и запретам в области экономической деятельности; а также положения, касающиеся причин необоснованных расходов бюджетов всех уровней бюджетной системы РФ.

Кроме того, на портале имеется закладка «Оценка регулирующего воздействия», которая позволяет отследить новости, наблюдать процессы регулирующего воздействия на региональном уровне и проследить за рейтингом качества проведения оценки регулирующего воздействия в субъектах РФ, рассмотреть лучшие отечественные практики, международный опыт и познакомиться с организациями-партнерами, и ряд других аспектов.

На рассматриваемом портале в закладке Минпромторга России имеется информация о том, что с января 2023 г. на текущий момент времени данный ФОИВ инициирует обсуждение 301 проекта нормативных правовых актов, из них в статусе «Идет обсуждение» находится 7 проектов, «Отказ от продолжения разработки» – 10 проектов, «Разработка завершена» – 8 проектов, «Подготовка к обсуждению» – 23 проекта, остальные проекты имеют статус «Обсуждение завершено». На рис. 2 представлено процентное отношение статусов проектов НПА.

Синтез оценки регулирующего воздействия и доказательной политики требует применения учета нескольких критериев оценки, которые отражены на рис. 3 через призму вопросов, на которые следует дать ответы в процессе интеграции. Рассмотрим каждый из критериев отдельно.

Рис. 2. Статус проектов нормативно-правовых актов, инициированных Минпромторгом России, в период с 01.01.2023 по 23.07.2023 г., %.

По первому аспекту, связанному с выбором источников доказательной политики, отвечая на вопрос «Что служит источником доказательств?», возможно учитывать такие показатели, как:

- число обращений в органы власти. Положительная динамика данного показателя позволит увидеть возникновение проблемы или ее устранение;
- уровень рождаемости, миграции, преступности, отраженные в сборниках Росстата. Этот показатель позволит точно определять численность и получить качественную характеристику человеческого ресурса и уровня и качества жизни;
- данные контрольно-надзорных органов и иная ведомственная информация. Данные показатели позволят определить качество, результативность и эффективность деятельности ФОИВов (и их территориальных органов); стать основой профилактики рисков причинения вреда (ущерба) и системе профилактических мероприятий, направленных на снижение риска причинения вреда (ущерба); стать объектом независимой оценки соблюдения обязательных требований;
- данные, полученные из СМИ, социальных сетей и иных открытых источников;
- данные по результатам социологических опросов;
- материалы анализа правоприменительной практики в отношении действующих нормативных правовых актов, свидетельствующие о несоответствии заявленных целей фактическим результатам.

По второму аспекту, связанному с оценкой регулирующего воздействия и анализом ситуации вокруг проекта нормативного правового акта, необходимо ответить на вопросы о формулировке проблемы и фак-

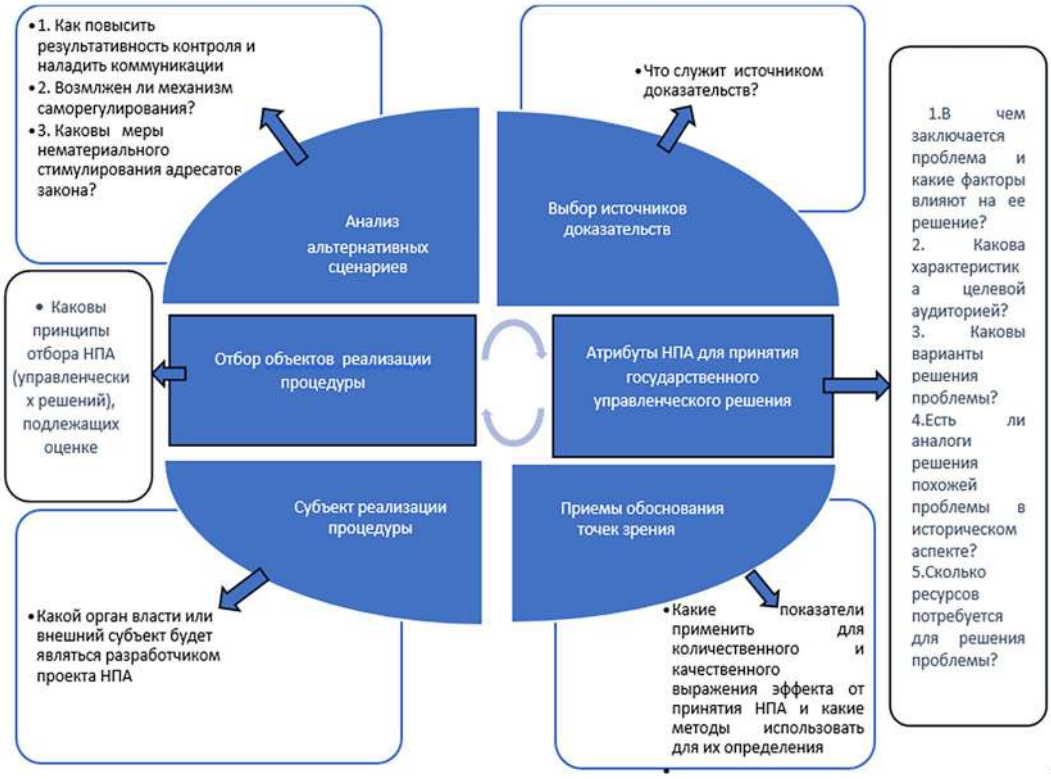


Рис. 3. Интеграция механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики

торах, влияющих на ее решение; о целевой аудитории, в интересах которой действует НПА; об обоснованности вариантов (сценариев) решения данной проблемы; о наличии аналогов решения похожей проблемы в историческом аспекте, а также о ресурсах, необходимых для решения выявленной проблемы.

Доказательная политика, как и регулирующее воздействие, базируются на общих аспектах принятия государственного управленческого решения.

По третьему аспекту оценка регулирующего воздействия направлена на анализ ситуации вокруг проекта нормативного правового акта, а доказательная политика фокусирует внимание на практически тех же самых атрибутах управленческого решения как категории более общего порядка.

Поэтому возможно использовать общие приемы и аналитические методы для обоснования точек зрения при ответе на вопрос о показателях, которые можно применить для количественного и качественного выражения эффекта от принятия НПА и какие методы использовать для их определения.

Такими методами могут являться: расчетный, метод общественного обсуждения, экспертной дискуссии, мозгового штурма (см. табл. 3).

Четвертый аспект выявляет субъекта реализации процедуры. При этом следует получить ответ на вопрос о том, какой орган или внешний субъект будет осуществлять оценку регулирующего воздействия. Оценка регулирующего воздействия может осуществляться в двух направлениях: на основе внешней или централизованной модели и проводиться специальным уполномоченным органом исполнительной власти, либо на основе внутренней или децентрализованной модели, когда эту работу осуществляет сам ФОИВ (разработчик НПА).

Таблица 3

Аналитические методы для оценки регулирующего воздействия и доказательная политика

№	Аналитические методы	Описание возможностей метода по проблематике интеграции регулирующего воздействия и доказательная политика
1	Расчетный	Позволит количественно выразить эффект от принятия НПА, либо сопоставить ожидаемые результаты реализации различных вариантов управленческого решения.
2	Метод общественного обсуждения	Применяется для согласования позиций разных групп заинтересованных сторон в вопросах того или иного решения. Оценка регулирующего воздействия в отношении некоторых типов НПА осуществляется методом публичных консультаций, организуемых либо органом – разработчиком НПА, либо специальным уполномоченным органом. В данном случае имеется проблема обсуждений участниками процесса предложений, которые зачастую не обладают признаками сопоставимости с контекстом и уместности.
3	Экспертной дискуссии	Специфика метода заключается в обсуждениях и выносе заключений высококвалифицированными экспертами на предмет качественной или количественной оценки обсуждаемого объекта с целью повышения профессионализма принимаемых управленческих решений за счет проверенных на практике спецтехнологий проведения анализа и оценки. Экспертные оценки служат информацией при принятии обоснованных решений, преимущественно в сложных ситуациях и используются при обосновании управленческого решения в условиях неструктурированных и не поддающихся квантификации данных.
4	Мозгового штурма	Специфика данного метода заключается в тщательном подборе экспертов-участников дискуссии и предоставлении им максимальной свободы в обсуждении при сохранении логики «от общего к частному». Мозговой штурм служит тем же целям, что и метод экспертных дискуссий .

Сущность первого типа модели состоит в том, что оценку регулирующего воздействия осуществляет высококвалифицированный сотрудник на основе единых стандартов, и обладающий знаниями, умениями и навыками в рассматриваемой проблематике. Второй тип модели позволяет осуществлять прием нормативных актов минимизируя оргиздержки, а также не обязательно силами профильных специалистов, что убыстряет процесс обсуждения. Доказательная политика во всех случаях реализуется лицами, принимающими решения.

Пятый аспект заключается в отборе объектов для реализации процедуры, и при этом следует решить вопрос о выборе принципов отбора НПА (управленческих решений), подлежащих оценке, их качественном наполнении, а также факторах, влияющих на их содержание. В практике госменеджмента деятельность субъектов РФ, реализующих процедуру оценки регулирующего воздействия, наработаны различные подходы к организации отбора соответствующих нормативно-правовых актов.

Один из таких подходов основан на разделении процедур предварительной и углубленной оценки. При этом на этапе предварительной внутренней оценки может быть вынесено решение о том, что для данного нормативно-правового акта внешняя оценка регулирующего воздействия может не проводиться.

Что касается другого подхода, то в его основе лежит решение о необходимости проведения углубленной оценки нормативно-правового акта принимается не на уровне самого органа- разработчика нормативно-правового акта, а внешним органом.

Возможен более сложный подход, согласно которому на внутреннем контуре определяется, подлежит ли данный проект нормативно-правовых актов оценке регулирующего воздействия в принципе, а на внешнем – какая именно процедура (обычная либо углубленная) должна в данном случае применяться.

Оценка регулирующего воздействия должна стать частью процесса принятия решений. Проведение данной оценки приносит эффект благодаря повышению качества регулирования за счет выстраивания должных принципов и определения подхода к организации отбора соответствующих нормативно-правовых актов.

Оценка выстраивается на принципах снижения издержек заинтересованных игроков; обеспечения экономии бюджетных средств; снижения рисков и угроз, в том числе и коррупционной направленности; улучшения делового климата и повышении инвестиционной привлекательности страны, регионов-субъектов РФ, муниципального образования; повышения доверия граждан и бизнеса к принимаемым государственным управленческим решениям.

Инструменты доказательной политики, входящие как элементы в механизм оценки регулирующего воздействия, могут рассматриваться как его органическая часть, в том числе реализуемой в целях обоснования эффективности действующих мер государственной поддержки российской промышленности, поскольку он основан на сходных принципах, предполагает использование аналогичных источников информации и требует применения сходных аналитических приемов.

На данный момент таких четких правил не установлено.

Шестой аспект интеграции механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики, связан с анализом альтернативных сценариев развития управляемой системы. При этом следует ответить на вопросы:

1. Как повысить результативность контроля и наладить коммуникации?

2. Возможен ли механизм саморегулирования?

3. Каковы меры нематериального стимулирования адресатов закона?

При определении альтернативных сценариев целесообразно рассматривать варианты с разным масштабом вмешательства, среди которых: саморегулирование, минимальное государственное вмешательство, более значительного вмешательство.

С целью получения оптимального результата и эффективного использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов системы государственного управления, методология оценки регулирующего воздействия должна опираться на альтернативные способы выхода из проблемной ситуации и принятии нормативно-правового акта. Среди этих способов: совершенствование контроля реализации действующих правовых норм; внедрение саморегулирования и риск-ориентированного подхода; расширение коммуникаций; внедрение нематериального стимулирования адресатов закона и определение его порядка, в том числе методики и критерии оценки; повышение профессионального уровня субъектов и осведомленности объектов регулирования. В свою очередь доказательная политика должна предусматривать варианты невмешательства и саморегулирования с точки зрения отклонения принятия принципиально новых решений.

Таким образом, можно сделать вывод, что механизм оценки регулирующего воздействия может рассматриваться как органическая часть системы доказательной политики, а том числе реализуемой в целях обоснования эффективности действующих мер

государственной поддержки российской промышленности, поскольку он основан на сходных принципах, предполагает использование аналогичных источников информации и требует применения сходных аналитических приемов.

Список литературы

1. *Послание* Президента РФ Федеральному Собранию от 21.02.2023.

2. *Постановление* Правительства РФ от 09.03.2022 № 308 (ред. от 29.12.2022) «О поддержке российских организаций и индивидуальных предпринимателей, пострадавших от введения ограничительных мер со стороны иностранных государств».

3. *Постановление* Правительства РФ от 01.07.2022 № 1184 «О внесении изменений в Правила предоставления и распределения в 2022 году … в целях софинансирования расходных обязательств субъектов Российской Федерации, возникающих при реализации дополнительных мероприятий по финансовому обеспечению деятельности (докапитализации) региональных фондов развития промышленности в рамках региональных программ развития промышленности».

4. *Постановление* Правительства РФ от 28.07.2022 № 1347 (ред. от 26.07.2023) «О государственной поддержке российских организаций промышленности в целях компенсации затрат на транспортировку промышленной продукции».

5. *Постановление* Правительства РФ от 06.09.2022 № 1570 (ред. от 03.04.2023) «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским кредитным организациям на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным российским организациям и (или) индивидуальным предпринимателям на приобретение, строительство, модернизацию, реконструкцию объектов недвижимого имущества в целях осуществления деятельности в сфере промышленности».

6. *Artyukhin R. E., Shedko Y. N., Panina O. V.* et al. Formation of the Methodology of Financial Control // Voprosy Istorii. 2021. № 12 (5). Pp. 137–142.

7. *Prokofiev S. E., Shedko Y. N., Panina O. V.* et al. The History of the Emergence of Behavioral Economics // Voprosy Istorii. 2021. № 11 (1). Pp. 181–188.

8. *Федеральный* закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 № 488-ФЗ.

9. *Основные* направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года (утв. Правительством РФ 29.09.2018 № 8028п-П13).

10. *Договор* о Евразийском экономическом союзе (подписан в г. Астане 29.05.2014) ред. от 24.03.2022; с изм. и доп., вступ. в силу с 03.04.2023.

11. *Фонд* развития промышленности. URL: https://frprf.ru/.

12. *Сайт* Минпромторга России, меры поддержки. URL: https://minpromtorg.gov.ru/merpod.

13. *Указ* Президента РФ от 07.05.2012 № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления».

14. *Постановление* Правительства РФ от 17.12.2012 № 1318 (ред. от 15.02.2023) «О порядке проведения федеральными органами исполнительной власти оценки регулирующего воздействия проектов нормативных правовых актов и проектов решений Евразийской экономической комиссии, а также о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

15. *Федеральный* портал проектов нормативных правовых актов. URL: https://regulation.gov.ru.

References

1. *Message of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of February 21, 2023*.

2. *O podderzhke rossijskih organizacij i individual'nyh predprinimatelej, postradavshih ot vvedenija ogranichitel'nyh mer so storony inostrannyh gosudarstv* [On the support of Russian organizations and individual entrepreneurs affected

by the introduction of restrictive measures by foreign states]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 308 dated 03.09.2022.

3. *O vnesenii izmenenij v Pravila predostavlenija i raspredelenija v 2022 godu ... v celjah sofinansirovanija rashodnyh objazatel'stv sub'ektov Rossijskoj Federacii, voznikajushhih pri realizacii dopolnitel'nyh meroprijatij po finansovomu obespecheniju dejatel'nosti (dokapitalizacii) regional'nyh fondov razvitija promyshlennosti v ramkah regional'nyh programm razvitija promyshlennosti* [On amendments to the Rules for the provision and distribution in 2022 ... in order to co-finance the expenditure obligations of the constituent entities of the Russian Federation arising from the implementation of additional measures to financially support the activities (recapitalization) of regional industrial development funds in within the framework of regional industrial development programs]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 1184 dated 01.07.2022.

4. *O gosudarstvennoj podderzhke rossijskih organizacij promyshlennosti v celjah kompensacii zatrat na transportirovku promyshlennoj produkcii* [On state support for Russian industrial organizations in order to compensate for the costs of transporting industrial products]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 1347 dated 28.07.2022.

5. *Ob utverzhdenii Pravil predostavlenija subsidij iz federal'nogo bjudzheta rossijskim kreditnym organizacijam na vozmeshhenie nedopoluchennyh imi dohodov po kreditam, vydannym rossijskim organizacijam i (ili) individual'nym predprinimateljam na priobretenie, stroitel'stvo, modernizaciju, rekonstrukciju ob'ektov nedvizhimogo imushhestva v celjah osushhestvlenija dejatel'nosti v sfere promyshlennosti* [On approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget to Russian credit organizations to compensate for lost income on loans issued to Russian organizations and (or) individual entrepreneurs for the purchase of, construction, modernization, reconstruction of real estate for the purpose of carrying out activities in the industrial sector]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 1570 dated 09.06.2022.

6. Artyukhin R. E., Shedko Y. N., Panina O. V. et al. Formation of the Methodology of Financial Control. *Voprosy Istorii*, 2021, no. 12 (5), pp. 137–142.

7. Prokofiev S. E., Shedko Y. N., Panina O. V. et al. The History of the Emergence of Behavioral Economics. *Voprosy Istorii*, 2021, no. 11 (1), pp. 181–188.

8. *O promyshlennoj politike v Rossijskoj Federacii* [On Industrial Policy in the Russian Federation]. Federal Law no. 488-FZ dated 31.12.2014

9. *Main directions of activity of the Government of the Russian Federation for the period until 2024* (approved by the Government of the Russian Federation no. 8028p-P13 on September 29, 2018).

10. *Treaty on the Eurasian Economic Union* (signed in Astana on May 29, 2014) ed. from 03.24.2022; with change and additional from 04.03.2023.

11. *Industrial Development Fund*, available at: https://frprf.ru/

12. *Website of the Ministry of Industry and Trade of Russia, support measures*, available at: https://minpromtorg.gov.ru/merpod.

13. *Ob osnovnyh napravlenijah sovershenstvovanija sistemy gosudarstvennogo upravlenija* [On the main directions for improving the public administration system]. Decree of the President of the Russian Federation no. 601 dated May 07.05.2012.

14. *O porjadke provedenija federal'nymi organami ispolnitel'noj vlasti ocenki regulirujushhego vozdejstvija proektov normativnyh pravovyh aktov i proektov reshenij Evrazijskoj jekonomicheskoj komissii, a takzhe o vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federacii* [On the procedure for federal executive bodies to assess the regulatory impact of draft regulatory legal acts and draft decisions of the Eurasian Economic Commission, as well as on introducing amendments to some acts of the Government Russian Federation]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 1318 dated 17.12.2012.

15. *Federal portal of draft regulatory legal acts*, available at: https://regulation.gov.ru.

УДК 334

А. Ж. АСАИНОВ, К. К. БОКЕНЧИН, Л. К. БОКЕНЧИНА, А. К. БУТКЕНОВА (Казахский университет Технологии и Бизнеса, г. Астана, Казахстан)
E-mail: Arhat_asainov@mail.ru
A. Zh. Asainov, K. K. Bokenchin, L. K. Bokenchina, A. K. Butkenova (Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan)

Развитие промышленных кластеров для улучшения конкурентоспособности промышленности Казахстана

Features of production of socially significant food products of the Republic of Kazakhstan

Влияние развития промышленных кластеров на конкурентоспособность промышленного сектора экономики Республики Казахстан представляет собой актуальный научный вопрос, требующий всестороннего анализа. Основываясь на комплексном исследовании проблематики, можно утверждать, что кластерная организация промышленности является одним из ключевых факторов, способствующих повышению конкурентоспособности отечественных производителей на внутреннем и мировых рынках. Особую роль в данном контексте играют именно промышленные кластеры, представляющие собой географически концентрированные агломерации предприятий, связанных между собой производственными, поставочными и исследовательскими связями. Они формируют условия для ускорения инновационных процессов, интеграции между научными исследованиями и производственными мощностями, а также повышения уровня кооперации между ключевыми участниками экосистемы. В Казахстане промышленные кластеры могут способствовать решению наболевших вопросов экономической структуры, включая диверсификацию экономики, уменьшение зависимости от экспорта сырьевых материалов и повышение добавленной стоимости отечественной продукции. Такая динамика будет способствовать снижению социальных дисбалансов и уровня рисков, связанных с колебаниями на мировых рынках. Ключевая роль в развитии промышленных кластеров принадлежит государству, которое должно создать благоприятные условия для взаимодействия между предприятиями, научно-исследовательскими организациями и финансовыми институтами. Это включает в себя налоговые льготы, инвестиционные стимулы и поддержку научных исследований.

The impact of the development of industrial clusters on the competitiveness of the industrial sector of the economy of the Republic of Kazakhstan is a pressing scientific issue that requires comprehensive analysis. Based on a comprehensive study of the issue, it can be argued that the cluster organization of industry is one of the key factors that contribute to increasing the competitiveness of domestic producers in the domestic and world markets. A special role in this context is played by industrial clusters,

which are geographically concentrated agglomerations of enterprises interconnected by production, supply and research connections. They create the conditions for accelerating innovation processes, integrating between research and production facilities, and increasing the level of cooperation between key ecosystem participants. In Kazakhstan, industrial clusters can help address pressing issues in the economic structure, including diversifying the economy, reducing dependence on exports of raw materials, and increasing the added value of domestic products. Such dynamics will help reduce social imbalances and the level of risks associated with fluctuations in world markets. The key role in the development of industrial clusters belongs to the state, which must create favorable conditions for interaction between enterprises, research organizations and financial institutions. This includes tax breaks, investment incentives and research support.

Ключевые слова: промышленность; кластеры; исследование; экономика.

Keywords: industry; clusters; study; economy.

В рамках экономической топографии Казахстана промышленные кластеры считаются интегральными элементами, направленными на оптимизацию конкурентных преимуществ национальной промышленности. Интенсификация кластерного подхода может служить эффективным механизмом для улучшения конкурентоспособности, преимущественно через кооперацию, инновации и экономию масштаба.

В 2022 г. в нефтегазовом кластере Казахстана динамика углеводородной добычи остается устойчивой с индексами в районе 86 млн т нефти и примерно 55 млрд м^3 природного газа. Развитие этого кластера предполагает не только интенсивное взаимодействие с глобальными рынками, но и усиление производственных и исследовательских связей на местном уровне [1].

В горнодобывающем кластере, который фокусируется на добыче драгоценных и цветных металлов, зафиксированы значимые показатели: добыча золота составляет около 115 т, а катодный продукт из меди – около 480 тыс. т [2]. Стратегическое развитие этого кластера могло бы включать в себя глубокую переработку металлов для получения более высокоценных продуктов.

Кластер металлургии и химической промышленности, используя передовые технологии, производит соответственно около 4,5 млн т стали и 600 тыс. т удобрений. Инвестиции в исследование и разработку могут обогатить этот кластер новыми технологическими решениями, например, в области циркулярной экономики или синтеза новых материалов [3]. Энергетический кластер с общей мощностью электростанций более 22 ГВт способен не только обеспечивать национальные потребности, но и стать экспортером энергии, при условии интеграции в региональные энергетические сети [4].

Обрабатывающий сектор, ориентированный на машиностроение, показывает рост на 7 % по сравнению с предыдущим годом, что указывает на возможность формирования инновационного машиностроительного кластера с акцентом на высокотехнологичные изделия [5].

Промышленные кластеры в Казахстане могут служить катализаторами для экономической активности, влияя на динамику как экспортных, так и внутренних потоков. Особое внимание заслуживает промышленность социально-значимых продовольственных товаров, включая мукомольную и

маслоэкстракционную отрасли. По данным Национальной статистической службы Республики Казахстан (РК), в 2021 г., производство в этом секторе составляет 3,8 трлн тенге (около 8,9 млрд долл. США), что на 10,6 % больше по сравнению с 2020 г. [7].

В 2021 г. производство муки составляет 1,2 млн т, увеличившись на 9,5 % по сравнению с 2020 г. Производство макаронных изделий также показывает рост на 3,3 %, составив 260 тыс. т. В то время как производство растительного масла и сахара снижается на 2,2 и 5,5 %, соответственно, составляя 123,8 и 366 тыс. т. Эти показатели демонстрируют разнонаправленные тенденции в различных подсекторах промышленности социально-значимых продовольственных товаров.

Финансовые инъекции в промышленный сектор РК в 2022 г. оцениваются в районе 20 млрд долл. США, подтверждая внимание инвесторов к потенциалу региона [6]. За период с 2018 по 2021 гг. производство социально-значимых продовольственных товаров в Республике Казахстан возрастает на 40,7 %. Это свидетельствует о том, что промышленные кластеры в этом секторе могут значительно повысить конкурентоспособность промышленности на международной арене.

Исследования в области промышленных кластеров и их влияния на социально значимые товары и услуги в РК редко подвергаются комплексному анализу. Однако их развитие может существенно улучшить конкурентоспособность промышленности страны. В региональной структуре Казахстана выделяются ключевые промышленные кластеры, такие как нефтегазовый кластер в Атырауской области и металлургический в Карагандинской.

Согласно статистическим данным, инвестиции в эти промышленные кластеры в 2021 г. превышают 15 млрд долл., что способствует как технологическому развитию, так и росту производства социально значимых товаров [8]. Особое внимание уделяется и развитию фармацевтического кластера, что согласуется с исследованиями в области государственного регулирования цен на лекарственные средства.

С другой стороны, в Казахстане остро стоит вопрос об определении критериев социальной значимости товаров и услуг. Этот аспект не может быть проигнорирован при формировании промышленных кластеров, поскольку он напрямую влияет на социальную стабильность и благополучие населения [5]. На рынке АПК, например, отмечается сильная зависимость от импорта таких социально значимых продуктов, как молоко и молочные продукты. Статистика показывает, что около 40 % всех молочных продуктов в стране импортируются, что подчеркивает необходимость развития соответствующих промышленных кластеров для поддержания национальной продовольственной безопасности.

В рамках этих кластеров могут быть реализованы различные проекты: от создания высокотехнологичных производств до внедрения устойчивых сельскохозяйственных практик. Особенно актуальным является вопрос соблюдения экологических норм и стандартов, что становится возможным благодаря синергии между предприятиями внутри кластера.

Региональный потребительский рынок формируется не только на основе показателей производства, но и с учетом динамики товарооборота, эффективности рекламной деятельности и других экономических факторов.

Промышленные кластеры как инструмент развития и повышения конкурентоспособности отраслей промышленности получают все бóльшую актуальность в экономической политике Казахстана. В контек-

сте интеграции и глобализации, создание и оптимизация промышленных кластеров могут служить эффективным методом для улучшения конкурентного положения страны на мировом рынке.

В Республике Казахстан значительный потенциал для развития промышленных кластеров имеется в секторе производства высокотехнологичных и социально значимых товаров. К примеру, производство мясных и молочных продуктов может формировать основу для создания агропромышленных кластеров, специализирующихся на производстве и их переработке. Согласно последним данным, в стране уже производится около 4 млн т мяса и 2 млн т молочных продуктов ежегодно. Эти цифры свидетельствуют о высоком производственном потенциале, который может быть интегрирован в рамках кластерного подхода для получения синергетического эффекта.

Интеграция этих отраслей в промышленные кластеры может ускорить технологическое развитие, оптимизацию цепочек поставок и снижение производственных издержек, что, в свою очередь, улучшит конкурентоспособность продукции на мировых рынках. При этом ключевое значение имеет координация действий между государственными органами, исследовательскими институтами и промышленными предприятиями для совместной разработки и внедрения инновационных технологий и управленческих практик.

Интеграция отдельных отраслей в промышленные кластеры позволяет не только оптимизировать производственные процессы, но и усилить исследовательскую и разработческую составляющие, что в перспективе может привести к появлению новых технологических решений и улучшению качества продукции. Таким образом, стратегическое управление развитием промышленных кластеров является ключевым фактором для повышения конкурентоспособности промышленности Казахстана на глобальном уровне.

Формирование и развитие промышленных кластеров в РК выступают в качестве стратегических инструментов повышения конкурентоспособности национальной промышленности. Статистические данные на начало 2023 г. позволяют выявить ключевые промышленные кластеры, которые существенно влияют на экономическую активность страны.

Например, в рамках мясопродуктового кластера, который преимущественно концентрируется в Южно-Казахстанской и Алматинской областях, «КазМяс» является доминирующим предприятием с производственными мощностями, достигающими 400 тыс. т мясных продуктов ежегодно. Этот кластер также характеризуется высоким уровнем вертикальной интеграции, обеспечивая полный цикл производства от сырья до конечного продукта.

Молочный кластер, в котором «Байтерек-Агро» является ключевым участником, специализируется на выпуске 350 тыс. т молочной продукции ежегодно и располагается преимущественно в Актюбинской и Костанайской областях. Этот кластер значительно расширился благодаря активному внедрению инновационных технологий в сфере животноводства и молочного производства.

В регионе Алматы активно развивается хлебопекарный и макаронный кластер, в котором «Алмалыкский» завод производит около 350 тыс. т хлебобулочных изделий и макарон.

В Астане и Атырауской областях успешно функционирует аграрно-пищевой кластер, ориентированный на экспорт, в котором «Агро-Экспорт» производит 120 тыс. т овощей и 60 тыс. т фруктов ежегодно.

Согласно данным Министерства национальной экономики РК, развитие промышленных кластеров способствует росту производственных показателей в различных регионах. Так, в 2021 г. в Южно-Казахстанской области производство сельскохозяйственной продукции выросло на 12 %, в Алматинском районе – на 6 %, в Карагандинской области – на 20 %, а в Западно-Казахстанском районе – на 22 %.

Для улучшения конкурентоспособности промышленности Казахстана решающую роль играют промышленные кластеры, структурные единицы экономики, объединяющие цепи добавленной стоимости от сырья до конечного продукта. В этом контексте, государственные структуры, такие как Министерство промышленности и инфраструктурного развития РК, активизируют инициативы по созданию и развитию промышленных кластеров в стратегически важных областях: металлургия, химическая промышленность, продовольствие и текстиль. Например, в рамках национальной программы «Промышленный Казахстан 2025» выделяются существенные финансовые ресурсы для развития кластеров в Атырауской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях.

На макроэкономическом уровне промышленные кластеры являются катализаторами инновационного развития и повышения производительности труда. В 2021 г., например, производительность труда в промышленных кластерах Южно-Казахстанской области увеличивается на 15,2 %, а объем инвестиций в этот сектор вырос на 20,7 % по сравнению с предыдущим годом.

Анализ рынка внутри кластера включает в себя изучение не только потребностей покупателей, но и возможности снижения затрат через кластерную интеграцию. Эффективность такого подхода может быть измерена через конкурентный анализ, включающий параметры цены, качества и скорости поставки конечного продукта.

Ключевыми участниками промышленных кластеров являются не только производственные предприятия, но и научно-исследовательские институты, которые активизируют процессы инновационного развития. Изучение конкурентов внутри кластера, их стратегий и методов деятельности предоставляет ценную информацию для оптимизации производственных процессов и маркетинговых стратегий.

Акцентирование внимания на развитии промышленных кластеров может служить эффективным инструментом для повышения конкурентоспособности промышленности Казахстана на глобальной арене. Это подразумевает не только финансовую поддержку со стороны государства, но и создание экосистемы, способствующей инновациям и кооперации между предприятиями, научными институтами и другими стейкхолдерами.

В контексте индустриализации и глобализации, развитие промышленных кластеров становится критическим фактором для улучшения конкурентоспособности промышленности Казахстана. Исходя из существующих государственных инициатив, таких как «Промышленно-инновационная стратегия Казахстана 2050», можно утверждать, что фокус на кластерный подход представляет собой целесообразную стратегию. В целях анализа конкурентоспособности предприятий в составе кластеров проводится оценка таких параметров, как доля реализации продукции, уровень прибыли и рентабельность в отношении рыночных средних показателей. Эти метрики служат индикаторами эффективности и потенциала для роста.

Регуляторные механизмы внутри промышленных кластеров охватывают не только производственные аспекты, но и соци-

ально-экономические факторы, включая уровень занятости, экологическую устойчивость и ценовую стабильность. Это особенно актуально для кластеров, размещенных в регионах с ограниченными природными ресурсами или высоким уровнем загрязнения.

Определение ключевых субъектов и объектов влияния на кластер позволяет адаптировать политику устойчивого развития к специфике региона. Например, в Алматинской области можно сосредоточиться на развитии агропромышленного кластера, учитывая его ресурсный потенциал и спрос на продовольственные товары.

Аналитическая оценка и прогнозирование рыночной ситуации в кластерах позволяют региональным органам управления и промышленным предприятиям формулировать стратегии нормативного регулирования, стабилизации и расширения деятельности. Такие меры направлены на предотвращение нежелательных сценариев и обеспечение социальной стабильности. Важную роль в структуре промышленных кластеров играют рынки специализированных товаров. Так, в состав агропромышленного кластера могут входить подкластеры мясной, молочной и текстильной промышленности. Разнообразие секторов обеспечивает резилиентность и адаптивность кластера к изменениям внешнего экономического окружения.

В анализе развития промышленных кластеров в Казахстане для улучшения конкурентоспособности промышленного сектора страны ключевыми становятся адаптированные индикаторы, предоставляющие количественную характеристику качественных изменений в промышленном профиле. Переход от традиционных отраслей к высокотехнологичным секторам, таким как нефтехимия, агротехнологии и возобновляемая энергия, оказывает влияние на рентабельность и экономическую жизнеспособность промышленных кластеров.

Одним из основных показателей, подлежащих изучению, является потенциал рынка. На примере кластера возобновляемой энергетики в Казахстане можно заметить, что потенциал рынка определяется доступностью природных ресурсов (например, солнечная и ветровая энергия), а также внешним и внутренним спросом на энергетические ресурсы.

Вторым важным показателем является предложение и динамика цен, особенно в отношении экспортно-ориентированных кластеров. На примере кластера нефтехимической промышленности в Атырауской области уровень экспорта и текущие мировые цены на нефтепродукты напрямую влияют на рентабельность кластера.

Третьим аспектом являются показатели состояния спроса. Исследование спроса на продукцию кластера позволяет адекватно оценить текущие и будущие тренды, что важно для прогнозирования и стратегического планирования.

Четвертым показателем являются уровень и масштабы конкуренции, как внутри кластера, так и на внешних рынках. В случае с кластерами информационных технологий, расположенных в городах Алматы и Астана, наличие множества стартапов и их быстрый рост указывают на высокую степень конкуренции.

Пятый показатель связан с состоянием торговой и производственной инфраструктуры кластера, которая включает в себя логистические схемы, доступ к сырью и технологическую базу.

В совокупности эти показатели обеспечивают комплексный подход к анализу и развитию промышленных кластеров в Казахстане, направленный на улучшение конкурентоспособности национальной промышленности. Аналитические мето-

ды включают в себя как количественные, так и качественные исследования, включая применение эконометрических моделей и машинного обучения для прогнозирования рыночных тенденций [10]. Такой многомерный подход позволяет формировать адаптивные стратегии развития, учитывающие как текущую рыночную динамику, так и долгосрочные экономические тренды.

Развитие промышленных кластеров в Казахстане представляет собой многомерный и наукоемкий процесс, определяемый различными экономическими показателями: конкурентоспособностью, инновационным потенциалом, уровнем интеграции в мировую экономику и качеством производственной инфраструктуры. Эти показатели можно адекватно оценить через набор специфических и атрибутивных метрик, которые описывают состояние и динамику развития промышленных кластеров:

1. Индикаторы потенциала кластера, которые включают в себя количество научно-исследовательских организаций, уровень квалификации рабочей силы и доступность к финансовым ресурсам;

2. Показатели предложения и динамики цен, такие как объем производства, уровень технологической оснащенности и структура затрат;

3. Показатели спроса, включая внутренний и внешний спрос на продукцию кластера;

4. Показатели масштаба и уровня конкуренции, например, доля кластера в общем объеме производства по стране или региону;

5. Показатели состояния инфраструктуры, которые касаются логистики, доступности энергетических ресурсов и эффективности управления.

Развитие промышленных кластеров в Казахстане подвергается воздействию ряда внешних и внутренних рисков:

- нестабильности мировой экономики, которая влияет на экспортно-ориентированные отрасли, такие как нефтегазовая промышленность.
- вариабельности цен на сырьевые ресурсы, на которую опирается значительная часть казахстанской промышленности.
- усиления конкуренции со стороны стран с более низкими издержками производства, что приводит к необходимости повышения технологического уровня производства для сохранения конкурентоспособности.
- протекционистских тенденций в мировой торговле, которые затрудняют доступ к зарубежным рынкам.
- сокращения притока иностранных инвестиций, особенно в отрасли высоких технологий, что снижает инновационный потенциал кластеров.
- увеличения внешней задолженности, что может привести к финансовой неустойчивости.
- региональных различий в уровне развития промышленных кластеров, что создает дополнительные препятствия для интеграции и синергии между ними.

Кроме внешних рисков региональный рынок не застрахован от внутренних рисков в государстве. Постоянные шаги государства в направлении уменьшения рисков дают положительные результаты, однако внутренние риски часто видоизменяются. На текущий период внутренними рисками являются:

- накопленный дисбаланс действующей модели экономического развития, обусловливающий ресурсные ограничения экономического восстановления и неопределенность реагирования Национальной экономической системы на проведение экономических реформ, в частности налоговую реформу;

- переменность макроэкономических показателей и структурные недостатки национальной экономики, которые делают ее уязвимой для возможных шоковых потрясений;
- резкие скачки цен на отдельные группы товаров, в частности удорожание топливно-энергетических ресурсов, рост тарифов на услуги ЖКХ, что может обусловливать развертывание кризиса неплатежей и социальных протестов;
- вероятность развертывания кризиса государственных финансов за продолжение политики долгового финансирования бюджетных расходов;
- негативные институциональные особенности экономики (наличие коррупции, бюрократии, теневой экономики, которая по оценкам экспертов *Standard & Poor's* держится на уровне 50 %, незащищенность прав собственности).

Потенциал рынка определяется по индикаторам: емкость, производственный потенциал, потребительский потенциал, устойчивость, пропорциональность, конъюнктура, розничный товарооборот.

По результатам анализа индикаторов готовится следующая информация:

1. Анализ тенденций развития рынка, оценка влияния основных факторов на состояние рыночной конъюнктуры;

2. Оценка структурных деформаций рынка. Выявление системы факторов, которые их обуславливают;

3. Анализ и оценка производственного и потребительского потенциалов рынке, их взаимовлияний;

4. Изучение динамики и структуры розничного товарооборота;

5. Исследование региональных особенностей развития потребительского рынка.

Анализ и оценка соотношений между спросом и предложением, определение типа рынка.

Для рассмотрения предложений потребительских товаров подбирают следующие индикаторы: индексы изменения объемов производства, эластичность предложения, структурные сдвиги в производстве, уровень налоговой нагрузки, динамка ввоза товара, доля импортных товаров.

При их обработке получаем такие результаты:

1. Исследование производственного потенциала и его способности обеспечить соответствующий объем структуры предложения;

2. Анализ тенденций в производстве потребительских товаров;

3. Исследование взаимосвязей между ценами и производством товаров, прогнозирование ценовой политики;

4. Определение эластичности предложения в зависимости от доходов и цен;

5. Изучение и оценка тенденций в наполнении рынка товарами местного производства, импортными и ввезенными из других регионов.

Тенденции спроса и потребления определяют по следующим индикаторам: динамика уровней и структура потребления, эластичность спроса, индекс потребительских цен, уровень доходов и расходов населения, структура продаж.

Эти индикаторы обеспечивают получение следующих результатов:

1. Анализ и выявление отклонений в уровнях потребления, оценка степени удовлетворения спроса на товары;

2. Выявление системы приоритетов в потреблении на основе оценок уровней дохода и расходов населения;

3. Исследование взаимосвязи между ценой и спросом на потребительские товары;

4. Оценка влияния факторов на объем и структуру спроса.

Цены на потребительские товары определяют по следующим индикаторам: индекс

потребительских и розничных цен, индексы цен производителей потребительских товаров.

Эти индикаторы обеспечивают получение следующих результатов:

1. Изучение, оценка и прогнозирование индекса потребительских цен;

2. Исследование взаимосвязей между динамикой розничных цен и цен производителей потребительских товаров.

Масштаб и уровень конкуренции определяется по следующим индикаторам: коэффициенты концентрации и вариации, количество участников, доля малых структур в общем объеме рынка.

Эти индикаторы обеспечивают получение следующих результатов:

1. Мониторинг конкурентных ситуаций, анализ, оценка конкуренции;

2. Исследование рыночных долей предприятий (производителей потребительских товаров);

3. Оценка направлений антимонопольного регулирования и поддержки конкуренции.

Торговая инфраструктура определяется такими индикаторами: сеть заведений розничной торговли, сеть оптовой торговли, сеть рынков, рыночная инфраструктура, материально-техническая база торговых предприятий. Эти индикаторы обеспечивают получение следующих результатов:

1. Изучение состояния сети торговых предприятий, их размещения и доступности;

2. Оценка проблем обеспеченности населения торговой площадью;

3. Исследование динамики изменения форм собственности и состояния материально-технической базы торгового обслуживания населения;

4. Изучение тенденций в реализации потребительских товаров по различным каналам;

5. Оценка состояния развития рынков по продаже товаров;

6. Оценка состояния и тенденций функционирования оптовой торговли и определение проблематики их развития.

Актуальной на региональном уровне является организация непрерывного наблюдения за процессом изменения спроса. Систематические опросы специалистов оптовой и розничной торговли имеют преимущества перед обычными опросами: спрос рассматривается в динамике, изучается мнение специалистов о потребительских характеристиках товаров, о соответствии характеристик требованиям покупателей.

Точное соотношение спроса и предложения на региональном потребительском рынке можно получить из тенденциозных опросов, где специалистов торговли выражают субъективные мнения, дают собственную оценку, делятся опытом, описывают личные наблюдения.

Список литературы

1. *Андреенкова А. В.* Российско-казахстанские отношения через призму общественного мнения и поведения жителей двух стран // Россия и Казахстан: 30 лет стратегического партнерства и всестороннего сотрудничества. Нур-Султан-Москва: 2021. С. 183–190.

2. *Ахметшина Л. Г., Порвадов М. Г.* Перспективы адаптации в России зарубежного опыта обеспечения продовольственной безопасности в условиях санкций // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2017. № 1. С. 236.

3. *Безверхий А. С., Кирова Е. А.* Проблемы налогообложения в цифровой экономике в рамках Евразийского экономического союза // Вестник ГУУ. 2019. № 1. С. 82–88.

4. *Государственная* программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020-2024 гг. // Прикаспийская коммуна. 2020. № 23. С. 2–9.

5. *Диалог* культур в эпоху глобальных ценностей // Материалы междунар. науч. конф. и X науч.-теор. семинара «Инновационные стра-

тегии в современной социальной философии». Минск. 2016. С. 80–91.

6. *Малыгина Г. В.* Трансформация ценностей в эпоху глобализации // Гуманитарные и социальные науки. 2010. № 2. С. 12–18.

7. *Куур О. В.* Оценка результативности интеграционного развития государств-участников ЕАЭС: финансово-экономический аспект // Фундаментальные исследования. 2020. № 5. С. 105–111.

8. *Алиева О. Г., Саввина О. В., Моисеенко М. В.* Кризис национальных культур в эпоху глобализации // Вестник РУДН. серия Философия. 2014. № 2. С. 90 –95.

9. *Программа* развития государственно-частного партнерства в Республике Казахстан на 2021–2025 гг. 2021. С. 3–17.

References

1. Andreenkova A. V. Russian-Kazakh relations through the prism of public opinion and behavior of residents of two countries. *Russia and Kazakhstan: 30 years of strategic partnership and comprehensive cooperation,* Nur-Sultan-Moscow, 2021, pp. 183–190.

2. Akhmetshina L. G., Porvadov M. G. Prospects for adaptation in Russia of foreign experience in ensuring food security under sanctions. *Bulletin of PNIPU*, Socio-economic sciences, 2017, no. 1, pp. 236.

3. Bezverkhy A. S., Kirova E. A. Problems of taxation in the digital economy within the framework of the Eurasian Economic Union. *Vestnik GUU*, 2019, no. 1, pp. 82–88.

4. State program of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan for 2020-2024. *Caspian commune*, 2020, no. 23, pp. 2–9.

5. Dialogue of cultures in the era of global values. Materials of the international. scientific conf. and X scientific-theor. seminar «Innovative strategies in modern social philosophy». Minsk, 2016, pp. 80–91.

6. Malygina G. V. Transformation of values in the era of globalization. *Humanitarian and social sciences*, 2010, no. 2, pp. 12–18.

7. Kuur O. V. Assessing the effectiveness of integration development of the EAEU member states: financial and economic aspect. *Fundamental Research*, 2020, no. 5, pp. 105–111.

8. Alieva O. G., Savvina O. V., Moiseenko M. V. The crisis of national cultures in the era of globalization. *Bulletin of RUDN University. series Philosophy*, 2014, no. 2, pp. 90–95.

9. *Program for the development of public-private partnerships in the Republic of Kazakhstan for 2021–2025*, 2021, pp. 3–17.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В.А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В.А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В.А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В.А.**

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

УДК 656.085.5

Д. Е. ЗАВЬЯЛОВ, А. В. СКРИПКА, кандидаты техн. наук; Ш. А. ОСМАНОВ (Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург)
E-mail: Binbak19@mail.ru
D. E. Zavyalov, A. V. Skripka, S. A. Osmanov (Saint Petersburg State Fire Service University, Saint Petersburg)

Современные особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры

Modern features of ensuring fire safety at transport infrastructure facilities

Современные транспортные комплексы служат двум главным целям: обеспечивают передвижения жителей и отвечают на потребности бизнеса в перевозках. Этот комплекс, благодаря своему глубокому воздействию на городское пространство, социум и природную среду, стоит в центре создания среды, комфортной для жизни. Когда поднимается вопрос формирования транспортных систем, первостепенными становятся их функциональные качества, надежность, польза и доступ для всех граждан. Основным компонентом любого транспортного комплекса выступают объекты его инфраструктуры. Многие из этих объектов попадают в зону повышенного риска, что делает вопросы пожарной безопасности особенно актуальными. С учетом высокой концентрации пассажиров, ускоряющегося ритма транспортных потоков, большой удаленности между ключевыми пунктами назначения, а также потенциально существенных последствий аварий, выполнение требований пожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры имеет первостепенную важность.

Modern transport complexes serve two main purposes: to ensure the movement of residents and to meet the transportation needs of businesses. This complex, thanks to its profound impact on urban space, society and the natural environment, is at the center of creating an environment comfortable for life. When the issue of forming transport systems is raised, their functional qualities, reliability, benefit and access for all citizens become paramount. The main component of any transport complex are its infrastructure facilities. Many of these facilities fall into high-risk areas, which makes fire safety issues especially relevant. Given the high concentration of passengers, the accelerating rhythm of traffic flows, the large distances between key destinations, as well as the potentially significant consequences of accidents, compliance with fire safety requirements for transport infrastructure facilities is of paramount importance.

Ключевые слова: пожарная безопасность; транспортная инфраструктура; транспортный комплекс; ЖД транспорт; аэропорты; метрополитен; тоннели; морские транспортные узлы; ключевые транспортные узлы.

Keywords: fire safety; transport infrastructure; transport complex; railway transport; airports; metro; tunnels; maritime transport hubs; key transport hubs.

В общем контексте транспортная инфраструктура представляет интеграцию различных средств передвижения, их оборудования и объектов, выполняющих функции обслуживания экономического процессов.

Транспортная инфраструктура играет ключевую роль в архитектурной концепции современного населенного пункта. В ее рамках формируются основные элементы городской среды: рабочие зоны, жилые области, производственные комплексы, медицинские заведения, места для спорта и отдыха. Основная цель создания инфраструктуры – обеспечить гармоничное взаимодействие данных элементов для их продуктивной работы [1].

Цель данной работы – проведение комплексного исследования обеспечения пожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры. Научная новизна состоит в систематизации подходов и правил обеспечения пожарной безопасности применительно к объектам транспортной инфраструктуры РФ.

Инфраструктурная система включает в себя объекты для разных способов передвижения – от железных дорог до городских подземок, а также объекты типа тоннелей, переходов, станций, аэродромов и прочих логистических узлов. Эта система также включает механизмы управления транспортными услугами и координации разнообразного транспорта. Полное представление об этой системе затруднительно из-за множества входящих в нее элементов.

При этом, организация транспортной инфраструктуры выступает ключевой задачей для органов государственной и местной власти. Она поддерживает постоянное движение граждан и тесно связана с использованием транспорта. По этой причине на ее объектах применяются самые современные системы безопасности [2].

В комплексе инженерных решений, направленных на обеспечение функциональности и защиты объектов, выделяются противопожарные системы. На данный момент они представляют из себя комплекс технологических устройств и интерфейсов, которые синхронизируются с автоматическими системами объекта, обрабатывают информацию и активируют оповещения. Их основная функция – минимизировать риски, обеспечивать защиту жителей и, при необходимости, автоматизировать тушение пожара [3].

Когда речь идет о пожарной безопасности в сфере транспорта, необходимо учитывать несколько важных нюансов.

На стадии разработки объекта основной акцент следует делать именно на пожарную безопасность. От выбора оптимальных строительных ресурсов до разработки планов эвакуации, каждый элемент имеет важное значение. Пути эвакуации должны быть достаточно просторными и хорошо проходимыми.

Основные элементы любого крупного транспортного узла включают в себя современные системы тушения, детекторы дыма и тепла, а также инструменты для доступа к воде. Нельзя забывать о регулярном мониторинге и обновлении таких систем, адаптируя их к последним требованиям [4].

Персонал должен быть проинструктирован в области вопросов пожарной безопас-

ности. Важность понимания правильного использования оборудования для тушения и методики быстрой эвакуации не может быть недооценена.

Также нельзя забывать о необходимости информирования населения о мерах пожарной безопасности. Визуализированные указатели, инфо-доски и даже короткие лекции могут улучшить осведомленность в этом вопросе.

Периодические осмотры от внешних контролирующих органов помогают определить и устранить уязвимые аспекты. Взаимодействие и совместные тренировки с пожарными службами также представляют собой ценный ресурс.

Что касается пожарной безопасности аэропортов, то отдельно стоит выделить автоматические газовые комплексы. Их применение может быть ограничено, но эти объекты часто являются жизненно важными для нормальной работы аэропорта [5].

На территории аэропортов существует ряд ключевых зон, содержащих современную электронику – системы контроля, видеонаблюдение, цифровая обработка данных о полетах и пассажирах, а также узлы связи и электропитания. К таким специфическим пространствам можно отнести серверные помещения, электротехнические блоки и другие вспомогательные места.

Главная особенность этих зон – неприемлемость использования обычных водяных систем охлаждения, поскольку их активация может дестабилизировать работу устройств. Отсюда и потребность в газовых средствах для борьбы с пожарами, которые становятся популярным решением для обеспечения безопасности в аэропортах.

Такие газовые системы основаны на автоматическом детектировании угрозы благодаря датчикам дыма. Они быстро и надежно реагируют, гарантируя защиту даже на наиболее сложных зонах и объектах, вроде специализированных устройств или проводных сетей. К тому же после их работы оборудование остается практически невредимым.

В нашей стране пять аэропортов используют передовые газовые механизмы для борьбы с огнем. Эти системы применяют экологически безвредное средство для защиты диспетчерских вышек и прочих элементов аэропорта [6].

Главная характеристика диспетчерских центров – наличие в их составе сложного электронного инвентаря, обеспечивающего регулирование воздушных маршрутов. Такие места постоянно заняты диспетчерами и руководителями полетов, которые не могут покинуть свои позиции даже при угрозе возгорания, до момента переключения на резервное управление. В свете этих особенностей старые способы гашения огня уже не подходят. Электронные компоненты диспетчерских центров требуют исключительно газового метода тушения. Использование других средств, таких как, например, вода, может привести к выходу оборудования из строя, создавая риски для безопасности авиационного движения.

При этом, некоторая трудность обусловлена необходимостью наличия дыхательных аппаратов в зонах пребывания персонала. Особую сложность вызывает управление воздушным движением в экстренных условиях, когда командование должно быть передано запасному центру.

Новшеством в этой области являются фторированные кетоны, пришедшие на замену старым хладагентам. Эти современные вещества обеспечивают безопасную работу с автоматизированными системами.

В контексте железнодорожной инфраструктуры, важно акцентировать внимание на грамотности организации планов быстрой эвакуации при пожаре, которые должны быть всегда на виду. Проведение

тренировок по этим планам должно осуществляться как минимум дважды в год.

Приобретение пиротехнической продукции на железнодорожных объектах категорически не допускается. Отдельные места для курящих предусмотрены и отмечены специальными табличками. Пожарные и наружные эвакуационные лестницы подлежат проверке каждые 5 лет, с последующим фиксированием результатов в специализированной документации.

Механизмы на дверях, предназначенных для быстрой эвакуации, должны предусматривать их моментальное открывание без ключа, когда это необходимо. Помещать оборудование или лишние предметы в зонах, предназначенных для безопасного выхода (как, например, коридоры, проходы и прочие места), недопустимо. Эвакуационные проходы всегда должны быть свободными. Персонал, обслуживающий вокзалы с большим скоплением людей, должен иметь под рукой исправные устройства локального освещения минимум одно на человека. К тому же им необходимы средства защиты для дыхания и глаз. Пространства рядом с железнодорожными путями, даже неэксплуатируемые, должны быть освобождены от горючих материалов и мусора. Исключением являются лишь те растения, которые украшают или защищают территорию. Сбрасывать горящие предметы или тлеющие материалы на пути или рядом с ними строго запрещено. Если на пути обнаружены легковоспламеняющиеся вещества, их следует незамедлительно нейтрализовать, например, засыпав песком, и затем убрать с путей [7].

Во всем мире, включая Россию, при разработке методов противопожарной безопасности для ключевых объектов, в частности, структур метрополитена, растет интерес к новаторским подходам. Эти методики позволяют быстро выявить источники опасности и осуществить их оперативное устранение, а также обеспечить абсолютную сохранность технического оборудования.

Метрополитен представляет собой сложную систему, которая включает туннели, платформы и множество технических зон с различными функциями. Там можно найти серверные помещения и дата-центры со специализированным оборудованием, а также командные пункты с новейшими устройствами, выполняющими функцию бесперебойного управления такой многофункциональной системой. Встречаются также зоны для коммутации, электропанели, кабинеты с техникой, трансформаторы и многое другое. В отдельных помещениях имеются серверные с важными данными и хранилища документов.

Характерной чертой туннельных объектов метро является высокий уровень пожарной опасности из-за обширных кабельных маршрутов и электрических линий. Сопутствующим фактором является большое скопление людей.

В контексте методов выявления первых признаков пожара в метро основное внимание сосредоточено на быстром и превентивном определении. Среди передовых инструментов для раннего выявления перегрева выделяются линейные температурные датчики, а для обнаружения дыма предпочтение отдается лазерным аспирационным детекторам. Эти датчики тепла активно применяются для гарантирования безопасности кабельных коридоров и эскалаторов [8].

Основными преимуществами этих датчиков являются возможность замечать риск перегрева задолго до образования первых следов дыма и их стойкость к сбоям. Имея жизненный цикл, превышающий четверть века, эти устройства надежно реагируют в критические моменты, минимизируя вероятность ошибочных сигналов.

Внутри метрополитенов располагаются энергоснабжающие кабели, системы контроля и связи, охватывающие весь спектр тоннелей и станций. Различные электроаномалии, такие как искры или проблемы с движущимися механизмами, могут стать причинами пожара. Использование таких температурных датчиков является наиболее эффективным средством раннего обнаружения пожара благодаря их стабильности, экономичности в эксплуатации и способности к длительному сроку службы.

Разработка стандартов пожарной безопасности в морских узлах критически значима для жизни и благосостояния человека, а также портовых объектов. Объекты инфраструктуры морского транспорта сталкиваются с множеством угроз, в числе которых отдельно выделяются риски возгорания. Применение современных мер безопасности помогает уменьшить вероятность пожарных ситуаций и гарантирует оперативное вмешательство при происшествиях.

В морских узлах система пожарной защиты организована через многоуровневую систему управления, цель которой – глобальное обеспечение безопасности от возгорания. Ниже приведены ключевые элементы и организации, ответственные за данную сферу деятельности. Центральная роль в мерах по пожарной безопасности в морских узлах принадлежит узловому руководству, функция которого – создавать и активно реализовывать пожарные нормы, следя за их соблюдением на всей территории. Большое количество крупнейших морских узлов располагают своими пожарными командами, которые осуществляют пожарные операции и активно действуют при начале инцидентов возгорания. Государственные структуры и ведомства, занимающиеся безопасностью в морской сфере, контролируют условия, вводя и проверяя пожарные нормы и правила. Суда, прибывающие в морские узлы, также обязаны соответствовать пожарным требованиям. Необходимо оборудование и планы действий для предупреждения и борьбы с пожарами на судне [9].

Создание надежной противопожарной системы в морских транспортных узлах направлено на минимизацию рисков возгораний, защиты людей, кораблей, грузов и всех объектов узлов.

С целью обеспечения противопожарной деятельности руководство морских узлов обязано выработать стратегию защиты от возгораний, охватывающую важнейшие стандарты и действия. Такая стратегия должна быть понятна каждому члену команды узла и экипажам кораблей. Персонал узлов и собственники судов должны освоить принципы безопасности при пожаре, зная действия в чрезвычайных ситуациях. Ключевое внимание уделяется правильному применению средств борьбы с огнем. Четко прописанные планы эвакуации в узлах и регулярные тренировки помогут персоналу правильно действовать при возгораниях. Территории морских портов должны быть оснащены современными системами тушения, которые периодически должны проходить проверку. Все грузы на территории должны иметь четкую маркировку, а опасные материалы следует хранить отдельно. Электросистемы узла должны соответствовать установленным пожарным требованиям, периодически проходя технические осмотры. Маршруты для эвакуации и средства тушения пожара должны быть легко различимы и снабжены надлежащими знаками [10].

Большое количество морских транспортных узлов являются членами мировых морских объединений и следуют критериям, определенным международными организациями. Руководство морского узла должно гарантировать доступ к медицинской помо-

щи для пострадавших при возгорании или другом происшествии.

В целом, для организации пожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры необходимо использовать современные эффективные методы, начиная с общей концепции до реализации конкретных мер. Ключевое внимание следует уделить продуманному размещению устройств борьбы с огнем, включая гидранты, автоматические системы подавления пламени и устройства для обнаружения начала горения. Благодаря современным сенсорам можно своевременно выявлять источники огня, что способствует быстрому устранению угрозы.

Тем не менее простое наличие устройств борьбы с пламенем не решает всю проблему. Постоянный сервис и диагностика систем противопожарной защиты гарантируют их непрерывную работу. Процедуры проверки, анализа и обновления оборудования должны осуществляться согласно стандартам безопасности. Систематический мониторинг позволяет предотвратить возможные проблемы, сокращая риски возгорания.

Также значительным фактором является повышение квалификации работников. Для безопасной эксплуатации инфраструктурных объектов и адекватной реакции на пожарные инциденты каждый член команды должен освоить основы безопасности, знать порядок действий при эвакуации, правильно использовать средства тушения и иметь четкий план действий при экстренных ситуациях. Проведение пожарных тренировок и симуляций обеспечивает готовность команды к непредвиденным обстоятельствам [11].

Основополагающим моментом в защите объектов транспортной инфраструктуры от возможных угроз является проработка стратегий ответа на них. Это обусловливает создание четких сценариев выхода из критических ситуаций, определение функционала каждого члена команды, наличие ярких и понятных знаков, направляющих к спасательным выходам. Поддержка связи с городскими спасательными службами становится еще одним приоритетом. Взаимодействуя с пожарными бригадами, можно обеспечить соответствие всех процедур актуальным стандартам безопасности. Адаптация новых технических решений в области пожарной безопасности также имеет большое значение. Автоматизированные системы, основанные на датчиках и аналитических механизмах, могут в реальном времени выявлять признаки горения и принимать меры для его ликвидации.

Исследования в направлении создания новых огнезащитных материалов могут привести к снижению скорости распространения огня, предоставляя дополнительные минуты на принятие необходимых решений в экстремальных ситуациях.

Безопасность на ключевых транспортных узлах, в частности, воздушных гаваней, железнодоржных станций, подземок и морских портов, выступает объектом первостепенной важности для благополучия населения, служащих и имущественных интересов. Проактивные действия, такие как грамотное проектирование, применение систем защиты от огня и инструктаж работающих, становятся стержнем в деле предотвращения возгораний. Партнерство с городскими пожарными службами и внедрение новейших технологий способствуют дополнительной защите.

Целесообразно усилить научные работы и формирование передовых методов защиты от возгорания. Это требует регулярного обновления систем пожарной безопасности, применения последних технологических достижений и разработки передовых способов детектирования пожара. Осмысление ретроспективы инцидентов с возгоранием также имеет огромное значение в

области прогнозирования и предупреждения возможных аналогичных событий.

В заключение следует отметить, что ключевые элементы пожарной безопасности для современной транспортной инфраструктуры включают [12]:

- прямое отслеживание;
- превентивные меры;
- быстрое выявление;
- немедленное и безопасное гашение.

Эти элементы гарантируют эффективное функционирование транспортных сетей.

Гарантирование безопасности от возгорания на инфраструктурных объектах – непростая задача, требующая бесконечной концентрации и труда. Вместе с тем, это цена безопасности каждого человека и его имущества. В связи с этим, любое осуществленное действие в направлении усиления защиты повышает уровень безопасности для каждого из нас.

С разрастанием инфраструктурных объектов растут и пожарные риски. Поэтому нужно регулярно адаптировать и модифицировать действующие системы, для оперативных и результативных действий в ответ на возникающие угрозы. Таков единственный курс на создание безопасной среды для всех граждан, пользующихся услугами транспортного сервиса и снижение рисков возгорания.

Список литературы

1. *Старенков И. А.* Оценка риска безопасности объекта транспортной инфраструктуры при помощи модели, основанной на информационной энтропии // Охрана, безопасность, связь. 2022. № 7–2. С. 102–107.

2. *Зайнитдинова Э. В., Аксенов С. Г., Синагатуллин Ф. К.* К вопросу о пожарной безопасности на транспортных средствах // Столыпинский вестник. 2022. Т. 4. № 8. С. 32–45.

3. *Бойцов Б. В., Балановский В. Л., Шепитько Т. В.* и др. Обеспечение безопасности городских объектов транспортной инфраструктуры // Качество и жизнь. 2018. № 4 (20). С. 336–340.

4. *Корякин В. М.* Противодействие диверсионной деятельности на объектах транспортной инфраструктуры как составная часть обеспечения транспортной безопасности // Транспортное право и безопасность. 2023. № 2 (46). С. 39–48.

5. *Козлюк В. В., Борисова А. В., Чубарь Е. П.* Технологические решения обеспечения транспортной безопасности на объектах железнодорожной инфраструктуры // Труды РГУПС. 2023. № 2 (63). С. 111–115.

6. *Годунов А. Е., Алтынов Д. С., Дергунова М. А.* К вопросу об обеспечении транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры на стадии проектирования и строительства // Труды РГУПС. 2021. № 3 (56). С. 10–14.

7. *Дегаев Е. Н.* Проектные решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций техногенного характера на объектах транспортной инфраструктуры // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. № 1. С. 36–40.

8. *Кузьмин А. Д.* Пожарная безопасность на крупных общественных объектах // Вестник науки. 2022. Т. 4. № 7 (52). С. 105–109.

9. *Чаптыков О. А., Сапронова И. В., Захарова Ю. В.* Особенности обеспечения транспортной безопасности от возможных проявлений экстремизма на объектах транспортного комплекса Российской Федерации // Форум. 2022. № 1 (27). С. 280–285.

10. *Гордиенко Д. М., Шебеко Ю. Н.* Пожарная безопасность объектов инфраструктуры транспорта на водородном топливе // Пожаровзрывобезопасность. 2022. Т. 31. № 2. С. 41–51.

11. *Маковей В. А.* Требования пожарной безопасности к применению на объектах защиты знаков пожарной безопасности // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. № 4 (36). С. 24–27.

12. *Фирсов Д. А., Жукова Я. С.* Экономическая безопасность в сфере защиты объектов транспортной инфраструктуры: пути укрепления за счет комплексного учета угроз // Жур-

нал прикладных исследований. 2022. Т. 3. № 7. С. 254–259.

References

1. Starenkov I. A. Assessing the security risk of a transport infrastructure facility using a model based on information entropy. *Security, Safety, Communication*, 2022, no. 7–2, pp. 102–107.

2. Zainitdinova E. V., Aksenov S. G., Sinagatullin F. K. On the issue of fire safety in vehicles. *Bulletin of the Stolypin International Institute of Informatization and Public Administration*, 2022, vol. 4, no. 8, pp. 32–45.

3. Boytsov B. V., Balanovsky V. L., Shepitko T. V. et al. Ensuring the safety of urban transport infrastructure facilities. *Quality and Life*, 2018, no. 4 (20), pp. 336–340.

4. Koryakin V. M. Countering sabotage activities at transport infrastructure facilities as an integral part of ensuring transport security. *Transport Law and Security*, 2023, no. 2 (46), pp. 39–48.

5. Kozlyuk V. V., Borisova A. V., Chubar E. P. Technological solutions for ensuring transport safety at railway infrastructure facilities. *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya*, 2023, no. 2 (63), pp. 111–115.

6. Godunov A. E., Altynov D. S., Dergunova M. A. On the issue of ensuring transport safety of a transport infrastructure facility at the design and construction stage. *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya*, 2021, no. 3 (56), pp. 10–14.

7. Degaev E. N. Design solutions for the prevention of man-made emergency situations at transport infrastructure facilities. *Construction and architecture*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 36–40.

8. Kuzmin A. D. Fire safety at large public facilities. *Bulletin of Science*, 2022, vol. 4, no. 7 (52), pp. 105–109.

9. Chaptykov O. A., Sapronova I. V., Zakharova Yu. V. Features of ensuring transport security from possible manifestations of extremism at the facilities of the transport complex of the Russian Federation. *Forum*, 2022, no. 1 (27), pp. 280–285.

10. Gordienko D. M., Shebeko Yu. N. Fire safety of hydrogen fuel transport infrastructure facilities. *Fire and Explosion Safety*, 2022, vol. 31, no. 2, pp. 41–51.

11. Makovey V. A. Fire safety requirements for the use of fire safety signs at protection sites. *Emergency situations: industrial and environmental safety*, 2018, no. 4 (36), pp. 24–27.

12. Firsov D. A., Zhukova Ya. S. Economic security in the field of protection of transport infrastructure objects: ways of strengthening through comprehensive accounting of threats. *Journal of Applied Research*, 2022, vol. 3, no. 7, pp. 254–259.

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати.
Свидетельство о регистрации № 77-7669.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ИП Бирюков Д. В.
За достоверность сведений в рекламных материалах ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка допускается только с разрешения редакции и с обязательной ссылкой на журнал «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением».

The Journal is registered by the Press committee of Russian Federation.
Registration certificate N 77-7669.
For information truth in advertising materials the advertiser is responsible.
Reprint is allowed only with written permission of Editor-in-Chief or his deputy and with compulsory reference to journal “Forging and Stamping Production. Material Working by Pressures”.