ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ВЕСЦІ
НАЦЫЯНАЛЬНАЙ АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК. 2019. Том 57. № 3

ИЗВЕСТИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАУК. 2019. Том 57. № 3

Журнал основан в 1963 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель – Национальная академия наук Беларуси

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 396 от 18.05.2009

Главный редактор:

Владимир Григорьевич Гусаков,
Президиум Национальной академии наук Беларуси (Минск, Беларусь)

Редакционная коллегия:

П. П. Казакевич – Президиум Национальной академии наук Беларуси (Минск, Беларусь)
(*заместитель главного редактора*)
В. В. Азаренко – Отделение аграрных наук Национальной академии наук Беларуси (Минск, Беларусь)
(*заместитель главного редактора*)
Т. С. Фащук – Издательский дом «Белорусская наука» (Минск, Беларусь)
(ведущий редактор)

З. В. Василенко – Могилевский государственный университет продовольствия (Могилев, Беларусь)
Г. И. Гануш – Белорусский государственный аграрный технический университет (Минск, Беларусь)
С. А. Касьянчик – Отделение аграрных наук Национальной академии наук Беларуси (Минск, Беларусь)
П. А. Красочко – Витебская государственная академия ветеринарной медицины (Витебск, Беларусь)
С. В. Косьяненко – Опытная научная станция по птицеводству Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству (Заславль, Беларусь)
В. В. Лапа – Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (Минск, Беларусь)
А. П. Лихацевич – Институт мелиорации, Национальная академия наук Беларуси (Минск, Беларусь)
З. В. Ловкис – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (Минск, Беларусь)
А. В. Мелещеня – Институт мясо-молочной промышленности Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси (Минск, Беларусь)
В. К. Пестис – Гродненский государственный аграрный университет (Гродно, Беларусь)
Н. А. Попков – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (Жодино, Беларусь)

Ф. И. Привалов – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию (Жодино, Беларусь)
С. А. Турко – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству (аг. Самохваловичи, Беларусь)
И. Н. Шило – Белорусский государственный аграрный технический университет (Минск, Беларусь)
С. Г. Яковчик – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства (Минск, Беларусь)

Редакционный совет:

И. М. Богдевич – Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (Беларусь)
Ф. И. Василевич – Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина (Россия)
Д. Врона – Варшавский университет сельского хозяйства (Польша)
Г. В. Гавардашвили – Институт водного хозяйства им. Ц. Е. Мирцхулава Грузинского технического университета (Грузия)
В. И. Долженко – Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (Россия)
В. М. Косолапов – Всероссийский научно-практический институт кормов им. В. Р. Вильямса Российской академии наук (Россия)
В. И. Кравчук – Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого (Украина)
Ю. Ф. Лачуга – Отделение сельскохозяйственных наук Российской академии наук (Россия)
А. Б. Лисицын – Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности (Россия)
А. Б. Молдашев – Казахский научно-исследовательский институт экономики агропромышленного комплекса и развития сельских территорий (Казахстан)
А. Т. Мысик – Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. Л. К. Эрнста (Россия)
Б. А. Ривжа – Академия сельскохозяйственных и лесных наук Латвии (Латвия)
В. Романюк – Институт технологических и естественных наук в Фалентах, Варшава (Польша)
Ф. И. Рыбалко – Украинский научно-исследовательский институт свиноводства (Украина)
П. Т. Саблук – Институт аграрной экономики Национальной академии наук Украины (Украина)
А. Я. Самуйленко – Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности (Россия)
Е. Н. Седов – Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (Россия)
В. Станис – Литовский научно-исследовательский центр по сельскому хозяйству и лесному хозяйству Института растениеводства (Литва)
Н. И. Стрекозов – Всероссийский институт животноводства (Россия)
У Син Хун – Академия сельскохозяйственных наук и технологий провинции Цзилинь (Китай)
И. Г. Ушачев – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства (Россия)
И. П. Шейко – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (Беларусь)

Журнал рецензируется. Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Адрес редакции:
ул. Академическая, 1, к. 119, 220072, г. Минск, Республика Беларусь.
Тел.: + 375 17 284-19-19; e-mail: agro-vesti@mail.ru
сайт: vestiagr.belnauka.by

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ.
Серия аграрных наук. 2019. Том 57. № 3
Выходит на русском, белорусском и английском языках

Редактор *Т. С. Фащук*
Компьютерная верстка *А. В. Новик*

Подписано в печать 22.07.2019. Выход в свет 30.07.2019. Формат 60×84 $^{1}/_{8}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 66 экз. Заказ 175.
Цена номера: индивидуальная подписка – 11,81 руб., ведомственная подписка – 28,27 руб.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. ЛП № 02330/455 от 30.12.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск, Республика Беларусь

© РУП «Издательский дом «Беларуская навука»,
Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук, 2019

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

PROCEEDINGS
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

AGRARIAN SERIES. 2019. Vol. 57. No 3

The Journal was founded in 1963

Issued four times a year

Founder is the National Academy of Sciences of Belarus

The journal is registered on May 18, 2009 by the Ministry of Information of the Republic of Belarus in the State Registry of Mass Media, reg. No. 396

Editor-in-Chief:

Vladimir G. Gusakov – the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Editorial Board:

P. P. Kazakevich – the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
(*Associate Editor-in-Chief*),
V. V. Azarenko – Departament of Agrarian Sciences the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
(*Associate Editor-in-Chief*),
T. S. Fashchuk – Publishing House "Belarusian Science" (Minsk, Belarus)
(*Managing Editor*)

Z. V. Vasilenko – Mogilev State University of Food Technologies (Mogilev, Belarus)
G. I. Ganush – Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Belarus)
S. A. Kas'yanchik – Department for Agrarian Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
P. A. Krasochko – Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Vitebsk, Belarus)
S. V. Kos'yanenko – Experimental Research Station of Poultry Breeding (Zaslavl, Belarus)
V. V. Lapa – Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
A. P. Likhatsevich – Institute for Land Reclamation, the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
Z. V. Lovkis – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (Minsk, Belarus)
A. V. Meleshchenya – Institute for Meat and Dairy Industry (Minsk, Belarus)
V. K. Pestis – Grodno State Agrarian University (Grodno, Belarus)
N. A. Popkov – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (Zhodino, Belarus)
F. I. Privalov – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming (Zhodino, Belarus)
S. A. Turko – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing (Samokhvalovichi Agrotown, Belarus)
I. N. Shilo – Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Belarus)
S. G. Yakovchik – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Mechanization of Agriculture (Minsk, Belarus)

Editorial Council:

I. M. Bogdevich – Institute for Soil Science and Agrochemistry (Belarus),
F. I. Vasilevich – Moscow State Academy for Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin (Russian),
G. Gavardachvili – Institute for Water Resources named after Ts. E. Mirtskhulava of the Georgia Technical University (Georgia),

D. Wrona – Warsaw Agricultural University (Poland),
V. I. Dolzhenko – All-Russian Research Institute of Plant Protection (Russian),
V. M. Kosolapov – All-Russian Research and Practical Institute for Forages named after V. R. Williams of the RAS (Russian),
V. I. Kravchuk – Ukrainian Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production named after Leonid Pogorilyy (Ukraine),
Yu. F. Lachuga – Department for Agrarian Sciences of the RAS (Russian),
A. B. Lisitsyn – All-Russian Research and Practical Institute for Meat Industry (Russian),
A. B. Moldashev – Kazakhstan Research and Development Institute for Economics in Agroindustrial Complex and Rural Territories Development (Kazakhstan),
A. T. Mysik – All-Russia Research Institute for Animal Husbandry named after L. K. Ernst (Russian),
B. A. Rivzha – Academy for Agricultural and Forest Sciences of Latvia (Latvia),
V. Romanyuk – Agricultural Academy in Stettin (Poland),
V. P. Rybalko – Ukrainian Research Institute for Pig Breeding (Ukraine),
P. T. Sabluk – Institute for Agrarian Economics of the NAAS of Ukraine (Ukraine),
A. Ya. Samujlenko – All-Russian Research and Technological Institute for Biological Industry (Russian),
E. N. Sedov – All-Russian Research Institute for Fruit Crop Selection (Russian),
V. Stanis – Lithuanian research Center for Agriculture and Forestry of Crop Research Institute (Lithuania),
N. I. Strekozov – All-Russian Institute for Animal Husbandry (Russian),
Wu Xing-Hong – Academy for Agricultural Sciences and Technologies of Jilin Province (China),
I. G. Ushachev – All-Russian Research Institute for Economics in Agriculture (Russian),
I. P. Shejko – Scientific and Practical Center the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (Belarus)

The Journal is included in The List of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research in the Republic of Belarus and in the database of Russian Science Citation Index (RSCI)

Address of the Editorial Office:
1, room 119, Akademicheskaya Str., Minsk 220072, Republic of Belarus.
Tel.: + 375-17-284-19-19; e-mail: agro-vesti@mail.ru
website: vestiagr.belnauka.by

PROCEEDING OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS.
Agrarian series. 2019. Vol. 57. No 3
Printed in Russian, Belarusian and English languages

Editor *T. S. Fashchuk*
Computer imposition *A. V. Novik*

It is sent of the press 22.07.2019. Appearance 30.07.2019. Format 60×84 $^{1}/_{8}$. Offset paper. The press digital.
Printed pages 14,88. Publisher's signatures 16,4. Circulation 66 copies. Order 175.
Number price: individual subscription – 11,81 byn., departmental subscription – 28,27 byn.

Publisher and printing execution:
Republican unitary enterprise "Publishing House "Belaruskaya Navuka"
Certificate on the state registration of the publisher, manufacturer, distributor of printing editions No. 1/18 dated August 2, 2013. License for the press No. 02330/455 dated December 30, 2013. Address: 40, F. Scorina Str., Minsk, 220141, Republic of Belarus.

© RUE "Publishing House "Belaruskaya Navuka",
Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2019

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗМЕСТ

ЭКАНОМІКА

Расторгуев П. В. Системный подход к оценке эффективности управления качеством в сельском хозяйстве . . . 263

Даниленко А. С., Сокольская Т. В., Юхименко П. И., Лобунец В. И. Многофункциональное сельское хозяйство и его влияние на развитие сельских территорий . . . 277

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

Прушак В. Я., Пироговская Г. В., Лапа В. В., Островский Л. К., Шевчук В. В., Мысливец Д. Г. Эффективность комплексных NPK-удобрений, получаемых из конверсионных щелоков производства сульфата калия . . . 286

Вильдфлуш И. Р., Цыганов А. Р., Барбасов Н. В. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна сортов ячменя кормового назначения . . . 297

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

Герман Ю. И., Горбуков М. А. Оценка лошадей верховых пород в Беларуси по комплексу признаков в зависимости от породных и генеалогических характеристик . . . 308

Агеец В. Ю., Микаелян А. Р., Кошак Ж. В., Бабаян Б. Г., Дегтярик С. М. Современные тенденции в разработке эффективных комбикормов для рыб . . . 323

Бучукури Д. В., Ковалев Н. А., Ломако Ю. В., Борисовец Д. С., Великий С. В., Шпилевский Д. О. Вакцинносодержащая безблистерная приманка для пероральной иммунизации плотоядных животных против бешенства . . . 334

МЕХАНІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

Сайганов А. С., Липская В. К. Методология повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов . . . 344

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

Шаршунов В. А., Киркор М. А., Евдокимов А. В. Процесс измельчения пророщенного зерна ржи, пшеницы и тритикале в комбинированной сушилке-диспергаторе . . . 357

Ловкис З. В., Усеня Ю. С., Уложинова М. Ю., Филатова Л. В. Применение клетчатки льняной как физиологически функционального ингредиента в производстве обогащенных пищевых концентратов . . . 368

ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ

Сергей Нестерович Иванов (К 110-летию со дня рождения) . . . 379

Тамара Никандровна Кулаковская (К 100-летию со дня рождения) . . . 381

Вячеслав Алексеевич Шаршунов (К 70-летию со дня рождения) . . . 383

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

CONTENTS

ECONOMICS

Rastorgouev P.V. System approach to assessment of efficiency of quality management system in agriculture 263
Danylenko A.S., Sokolska T.V., Yukhymenko P.I., Lobunets V.I. Multifunctional agriculture and its effect on rural territories development 277

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

Prushak V.Y., Pirogovskaya G.V., Lapa V.V., Ostrovskiy L.K., Shevchuk V.V., Myslivets D.G. Efficiency of complex NPK fertilizers obtained from conversion alkaline solution at potassium sulphate production 286
Wildflush I.R., Tsyganov A.R., Barbasov N.V. Effect of new forms of fertilizers and growth regulators on photosynthetic activities of crops, yield and barley grain quality of feed purpose varieties 297

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

Herman Y.I., Horbukov M.A. Estimation of roadster breed of horse in Belarus by set of traits depending on breed and genealogy characteristics 308
Ageyets V.Y., Mikaelyan A.R., Koshak Z.V., Babayan B.G., Degtyarik S.M. Ways to improve efficiency of compound feed for fish 323
Buchukuri D.V., Kovalev N.A., Lamaka Y.V., Barysavets D.S., Velikiy S.V., Shpiylevskiy D.O. Vaccine-containing blister-free bait for oral immunization of carnivorous animals against rabies 334

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

Sayganov A.S., Lipskaya V.K. Method for increasing competitiveness of technically sophisticated industrial goods based on example of grain harvesters 344

PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Sharshunov V.A., Kirkor M.A., Evdokimov A.V. Process of crushing sprouted grains of rye, wheat and triticale in combined disperser dryer 357
Lovkis Z.V., Usenia Y.S., Ulozhinova M.Y., Filatova L.V. Application of flaxseed fiber as physiologically functional ingredient for production of enriched food concentrates 368

SCIENTISTS OF BELARUS

Sergey Nesterovich Ivanov (To the 110th Anniversary of Birthday) 379
Tamara Nikandrovna Kulakovskaya (To the 100th Anniversary of Birthday) 381
Vyacheslav Alekseevich Sharshunov (To the 70th Anniversary of Birthday) 383

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ЭКАНОМІКА

ECONOMICS

УДК 631.152:658.562(476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-263-276

Поступила в редакцию 25.03.2019
Received 25.03.2019

П. В. Расторгуев

Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация: Действенная оценка результатов функционирования инструментария обеспечения качества сельскохозяйственной продукции в практической деятельности требует формирования системного подхода с учетом всех взаимосвязанных между собой элементов механизма оценки эффективности управления качеством и особенностей отрасли сельского хозяйства. В статье представлены результаты научных исследований в области формирования системного подхода к оценке эффективности управления качеством в сельском хозяйстве. Разработаны концептуальные основы комплексной оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции, включающие блоки организационно-экономических, управленческих и других задач, которые требуют предварительного решения и являются определяющими для достижения запланированного результата и эффективного решения поставленной проблемы. Изучены и определены основные методы оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции в современных условиях, что нашло отражение в матрице принятия решений по выбору приоритетных методов оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции. Определены методологические основы оценки эффективности управления качеством продукции в сельском хозяйстве, включая матрицу принятия решений по выбору приоритетных методов оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции. Разработана функционально-структурная модель, отражающая основные причинно-следственные связи между ключевыми факторами и элементами оценки эффективности. Раскрыты сущность и содержание этапов формирования и развития действенного механизма оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции, а также их основные задачи. Разработаны методологические рекомендации по формированию системы критериев соответствия действующего механизма оценки эффективности установленным требованиям. Результаты исследования могут быть использованы при проведении мониторинга и оценке эффективности методов и механизмов управления качеством сельскохозяйственной продукции.
Благодарности. Исследование выполнено в рамках Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2016–2020 годы, подпрограмма 1 «Экономика АПК».

Ключевые слова: качество, безопасность, сельскохозяйственная продукция, оценка эффективности, управление качеством, системный подход, мониторинг, нормативное обеспечение, методы оценки, показатели качества

Для цитирования: Расторгуев, П. В. Системный подход к оценке эффективности управления качеством в сельском хозяйстве / П. В. Расторгуев // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 263–276. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-263-276

P. V. Rastorgouev

The Institute of System Research in Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

SYSTEM APPROACH TO ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN AGRICULTURE

Abstract: Efficient assessment of results of agricultural products quality assurance instruments functioning in practice requires systematic approach taking into account all the correlated elements of the mechanism for assessment of management efficiency quality and agricultural sector peculiarities. The paper presents results of scientific research in the field of arranging

© Расторгуев П. В., 2019

systematic approach to assessment of quality management system efficiency in agriculture. Conceptual bases for integrated assessment of agricultural products quality management system efficiency have been developed, including units of organizational-and-economic, management and other tasks requiring preliminary solution and are crucial for achieving the planned result and efficient solution of the problem faced. Basic methods for evaluating efficiency of the quality management system for agricultural products in modern conditions are studied and identified, which is reflected in the decision making matrix for selecting priority methods for assessment of efficiency of agricultural products quality management system. Method bases for evaluating efficiency of the quality management system for agricultural products including the decision making matrix for selecting priority methods for assessment of efficiency of agricultural products quality management system. Functional-and-structural model has been developed, reflecting the main causal correlations between key factors and elements of efficiency evaluation. Essence and content of formation and development stages of efficient mechanism for evaluating efficiency of the system for agricultural products quality management, and their main tasks are disclosed. Methodological recommendations for forming the system of criteria for compliance of the existing mechanism for evaluating efficiency with the set requirements have been developed. The research results can be used for monitoring and evaluation of the efficiency of methods and mechanisms for agricultural products quality management system. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the state program of scientific research "Quality and Efficiency of Agroindustrial Production" for the period of 2016–2020.

Keywords: quality, safety, agricultural products, performance evaluation, quality management, system approach, monitoring, regulatory support, evaluation methods, quality indicators

For citation: Rastorgouev P. V. System approach to assessment of efficiency of quality management system in agriculture. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 263-276 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-263-276

Введение. В условиях глобализации мировой экономики и региональной интеграции, активным участником которой является Республика Беларусь, высокое качество продукции выступает одним из доминирующих факторов, обеспечивающих ликвидность товаров и их конкурентоспособность на мировом и внутреннем рынках. Производство продукции с высокими потребительскими свойствами, сохранение ее качественных характеристик на всех этапах жизненного цикла предполагает управление данным процессом, эффективность которого требует своевременной оценки. В то же время современный этап развития рыночных отношений и мировой экономики характеризуется ускоренным развитием информационных технологий, сокращением временного лага их освоения, все более широким распространением и внедрением принципов бенчмаркинга в практику управления и совершенствования деятельности организаций, что непосредственно отражается на повышении динамичности процесса улучшения качества и безопасности продукции и, соответственно, уровня конкуренции на рынке.

Вышеизложенное в полной мере характерно для продовольственного рынка, особенно в условиях функционирования Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Так, приоритетным направлением экспорта отечественной продукции АПК являются страны – участницы данного интеграционного формирования, доминирующую роль среди которых играет Российская Федерация. В частности, в 2017 г. ее доля в отечественном экспорте живых животных и продукции животного происхождения составила 91,2 %, а продукции растительного происхождения – 87,6 %[1]. В то же время именно у России периодически возникают претензии к качеству и безопасности экспортируемой продукции перерабатывающих предприятий АПК Республики Беларусь, в наибольшей степени это касается предприятий мясо-молочной отрасли.

Такая ситуация наряду с другими причинами предопределяет необходимость своевременной оценки эффективности управления качеством и безопасностью агропродовольственных товаров, что обуславливает разработку соответствующего теоретико-методологического базиса на основе реализации системного подхода.

Цель исследования – определение комплекса основополагающих теоретико-методологических подходов к проведению комплексной оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Общая часть. Результаты исследования свидетельствуют, что проблеме оценки эффективности и результативности управления качеством продукции посвящено много научных работ [1–10]. В то же время большинство из них носит общеметодологический характер без учета специфики отдельных отраслей народного хозяйства. Между тем каждая отрасль имеет свои особенности, которые существенно влияют на цели, структуру и методологию оценки эффективности управления качеством продукции, что в полной мере относится к сельскому хозяйству.

[1] Внешняя торговля Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Минск, 2018. 371 с.

В развитие этого в ходе исследований определены основополагающие элементы концептуальных основ комплексной оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции, которые структурированы в три блока: проблемно-целевой, системообразующий и вспомогательный (рис. 1).

Идентификация проблем и уровня развития оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции. Формирование нового или совершенствование действующего механизма оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции предполагает проведение соответствующего комплекса работ, что требует обоснования актуальности пересмотра существующих подходов к оценке эффективности системы управления качеством, конкретизации основных проблем, прежде всего методологического, организационного и экономического характера. На современном этапе к таким проблемам относятся следующие.

1. *Доминирование статических показателей при проведении оценки эффективности действующей системы обеспечения качества и безопасности агропродовольственной продукции.* В настоящее время оценка эффективности управления качеством имеет, как правило, завершающий характер, при которой объектами оценки являются статистические данные об уровне качества продукции после ее реализации. Таким образом, оценивается только качество продукции, но не системы управления процессом формирования ее потребительских и технологических свойств.

2. *Неустойчивость производства сельскохозяйственной продукции с высокими потребительскими и технологическими свойствами.* Динамика соответствующих показателей указывает на отсутствие положительной тенденции, за исключением качества молока-сырья [11]. Учитывая значительные объемы финансовых средств, направленных на техническое и технологическое

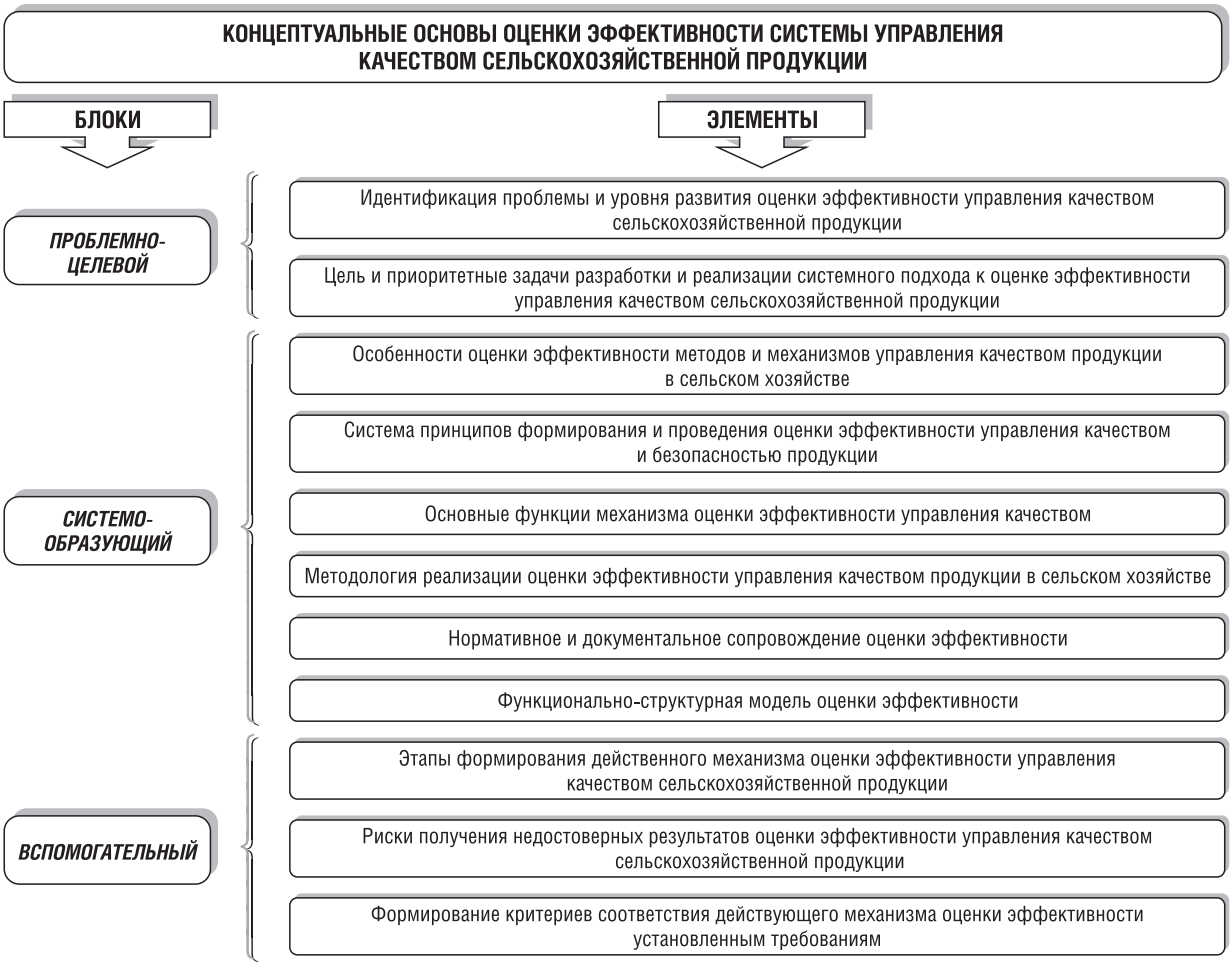


Рис. 1. Концептуальные основы комплексной оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции

Fig. 1. Conceptual bases for integrated assessment of agricultural products quality management system efficiency

обновление отрасли в соответствии с государственными программами развития сельского хозяйства в последние годы, очевидно, что стратегические направления и основные резервы улучшения потребительских и технологических свойств продукции в настоящее время связаны с совершенствованием организационно-экономического механизма управления качеством, что требует оценки его эффективности.

3. *Усиление роли показателей качества и безопасности сельскохозяйственной продукции в сохранении и повышении уровня экспортного потенциала отечественного АПК.* Развитие региональной интеграции в условиях функционирования ЕАЭС, а также диверсификация экспорта отечественной продукции АПК должны сопровождаться объективной оценкой действенности системы регулирования качества и безопасности в рамках мониторинга стратегических показателей качества продукции АПК. Это обусловлено необходимостью предупреждения спорных ситуаций, возникающих при поставках на российский рынок, а также отличиями требований к показателям качества и безопасности продукции в третьих странах от предъявляемых в ЕАЭС и Беларуси [12, 13]. В данной связи при анализе эффективности механизма управления качеством продукции экспортоориентированных отраслей АПК одним из объектов оценки должен выступать комплекс мер, направленный на обеспечение соответствия экспортируемой продукции требованиям потенциальных импортеров.

4. *Дискретный характер применения методов оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции на макроэкономическом уровне регулирования АПК.* В настоящее время оценка эффективности системы управления качеством в отрасли не носит комплексный, системный характер. Как правило, оцениваются на соответствие определенным критериям отдельные элементы системы управления качеством либо их составляющие в контексте решения следующих локальных задач:

1) механизм контроля качества продукции (с точки зрения недопущения экспорта продукции, не соответствующей установленным требованиям);

2) система технического нормирования (в рамках процесса гармонизации и разработки единых требований в ЕАЭС);

3) соблюдение требований отраслевых регламентов на типовые технологические процессы [14–16] (в рамках исполнения постановления Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2014 г. № 399[2]) и т.д.

Это не позволяет оценить степень влияния всех факторов формирования потребительских и технологических свойств продукции. Кроме того, такой подход направлен на решение проблем, возникающих в краткосрочном периоде, и не носит планомерный характер [17].

Цель и приоритетные задачи разработки и реализации системного подхода к оценке эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции. Главной целью разработки и реализации комплексной оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции является формирование действенного теоретико-методологического и имеющего практическую направленность инструментария решения поставленной проблемы, применение которого будет способствовать оперативному и своевременному выполнению задач в области обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственной продукции с высокими потребительскими и технологическими свойствами с целью повышения конкурентоспособности отечественных продовольственных товаров по качественным параметрам.

К приоритетным задачам относятся следующие:

создание условий для объективной оценки результативности организационно-экономических и других мер, ориентированных на улучшение качества сельскохозяйственной продукции как на макро-, так и микроэкономическом уровне;

формирование аналитической базы данных для реализации системного подхода к управлению качеством и безопасностью сельскохозяйственной продукции на основе информации о состоянии и недостатках действующей системы управления качеством, а также выявление резервов повышения уровня эффективности ее функционирования;

---

[2] О некоторых вопросах нормирования и ответственности руководителей при производстве сельскохозяйственной продукции [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 апр. 2014 г., № 399 // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2014.

снижение рисков производства сельскохозяйственной продукции, опасной для жизни и здоровья человека;

обеспечение устойчивости производства продукции с высокими потребительскими и технологическими свойствами за счет периодической актуализации требований к системе управления качеством на основе результатов оценки эффективности ее функционирования;

повышение экономической эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций и перерабатывающих предприятий АПК за счет улучшения качества и конкурентоспособности продукции;

повышение экспортного потенциала отечественного АПК на рынках стран ЕАЭС и третьих стран в рамках диверсификации поставок отечественных продовольственных товаров на внешний рынок.

К особенностям оценки эффективности методов и механизмов управления качеством продукции в сельском хозяйстве относятся:

учет влияния природно-климатических условий и эпизоотической ситуации на результаты производственной деятельности;

дифференциация методики оценки эффективности управления качеством и безопасностью сельскохозяйственной продукции для предприятий различных форм хозяйствования;

необходимость формирования комплексной оценки эффективности системы управления качеством продукции в отрасли;

специфика выбора объектов оценки эффективности с учетом особенностей сельскохозяйственного производства;

существенная степень риска нерепрезентативности и ассиметричности информации в области качества и безопасности сельскохозяйственной продукции;

доминирующее значение показателей безопасности при оценке эффективности механизма управления качеством и безопасностью продукции;

приоритетность отдельных методов и механизмов системного управления качеством на различных этапах развития АПК.

Система принципов формирования и проведения оценки эффективности управления качеством и безопасностью продукции включает: принцип непрерывного совершенствования (прогрессивность); принцип целевого подхода (решение проблемы); принцип объективности (комплексный подход); принцип рациональности (ресурсосбережение); принцип практической направленности (востребованность); принцип расчета экономического эффекта (стоимостная оценка).

Основными функциями механизма оценки эффективности управления качеством в сельском хозяйстве являются:

постоянная актуализация информационной базы данных о результативности деятельности в области управления качеством и безопасностью сельскохозяйственной продукции;

формирование научно обоснованной системы показателей оценки эффективности управления качеством в сельском хозяйстве;

оценка уровня конкурентоспособности агропромышленных товаров на внутреннем и внешнем рынках;

оценка эффективности отдельных методов и элементов действующего механизма управления качеством;

обоснование перспективных стратегических направлений улучшения качества продукции и объемов планируемых затрат;

оценка эффективности программно-целевых мероприятий и государственной политики в области регулирования качества и безопасности агропромышленной продукции.

Сущность и содержание особенностей, принципов и функций оценки эффективности управления качеством изложены в работе [18].

Методология реализации оценки эффективности управления качеством продукции в сельском хозяйстве. При обосновании и выборе методов проведения оценки эффективности следует учитывать следующие определяющие факторы:

особенности объектов и субъектов оценки эффективности (объемы работ, размер массивов необходимой информации, специализацию предприятий и т.д.);

трудовые и финансовые ресурсы, планируемые для проведения оценки;

уровень квалификации исполнителей (самооценка собственными специалистами без дополнительной подготовки, дополнительная подготовка собственных специалистов; найм консалтинговых организаций и т.д.);

приоритетные цели проведения оценки эффективности (совершенствование, отчетность перед вышестоящими организациями, заключение выгодных контрактов, экспорт, выявление причин низкого качества продукции и т.д.) и др.

Комплексный анализ системы управления качеством предполагает два вида оценки:

нестратифицированную (оценка показателей, которые формируются под воздействием всех элементов системы управления качеством без учета степени влияния каждого из них);

стратифицированную (оценка эффективности отдельных элементов системы управления качеством).

Более детальной должна предшествовать нестратифицированная оценка с предварительными выводами о состоянии проблемы и степени детализации ее дальнейшего изучения.

В ходе исследований были определены основные методы оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции в современных условиях. Матрица принятия решений по выбору приоритетных методов в зависимости от объекта оценки и уровня ее проведения представлена в табл. 1.

Методы дифференцированы по 4 основным уровням регулирования проблемы (конкретный объект исследования):

микроуровень (уровень предприятия, его отдельных подразделений);

мезоуровень (региональный уровень – район, область, а также крупные производственные объединения, включающие ряд субъектов хозяйствования);

макроуровень (республиканский уровень, уровень отдельных ведомств – Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Белгоспищепром и т.д.);

мегауровень (наднациональный уровень (с учетом процессов региональной интеграции) – ЕАЭС, Союзное государство).

Например, при оценке эффективности действующей системы стандартизации и технического нормирования основными методами исследования являются сравнительного анализа и экспертных оценок.

Основной задачей данного процесса является определение и нормирование показателей качества и безопасности сельскохозяйственной продукции с точки зрения:

гарантии производства и реализации продукции, безопасной для жизни и здоровья людей;

обеспечения минимальных требований к уровню потребительских и технологических свойств агропродовольственной продукции;

обеспечения производства конкурентоспособной по качественным параметрам продукции АПК на внутреннем и внешнем рынках сбыта, включая экспорт в третьи страны.

Учитывая, что, в соответствии с законодательством, предприятия не являются субъектами технического нормирования и стандартизации[3], оценка эффективности функционирования этих элементов проводится на макро- (республиканский) и мегауровне (уровень ЕАЭС).

Представленный выше перечень методов оценки эффективности управления качеством продукции в сельском хозяйстве является базовым, направленным на решение традиционных целей оценки. В конкретных микро- и макроэкономических условиях он может существенно расширяться и изменяться.

Нормативное и документальное сопровождение оценки эффективности. Многие риски, связанные с получением недостоверных результатов оценки эффективности, наряду с другими причинами организационного характера обусловлены возможными недостатками методического и нормативно-правового сопровождения процесса оценки. Данный вопрос должен решаться на стадии планирования ее проведения. К основной информации, которая должна быть учтена при подготовке соответствующих документов, относится:

конкретизация целей оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции;

[3] О техническом нормировании и стандартизации [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2004 г., №262-З : в ред. от 24 окт. 2016 г. №436-З // Консультант Плюс: Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2016.

Таблица 1. **Матрица принятия решений по выбору приоритетных методов оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции**

Table 1. **Decision making matrix for selecting priority methods for assessment of efficiency of agricultural products quality management system**

Область оценки	Основные методы	Уровень оценки			
		микро	мезо	макро	мега
Нормативно-технологическое обеспечение	Сравнительного анализа	+	+	+	–
	Экспертных оценок	–	–	+	–
	Монографический	–	–	+	–
Стимулирование качества труда и продукции	Диаграммы разброса	+	+	+	–
	Социологического опроса (анкетирование)	+	+	+	–
	Метод расслоения	–	+	+	–
Система контроля показателей качества труда	Сравнительного анализа	+	+	+	–
	Контрольные карты (листы)	+	–	–	–
Система контроля показателей качества продукции	Экспертных оценок	–	+	+	+
	Сравнительного анализа	+	+	+	+
Кадровое обеспечение	Расчетно-конструктивный метод	+	+	+	–
	Диаграммы разброса	–	+	+	–
	Метод расслоения	–	+	+	–
Стандартизация и техническое нормирование	Сравнительного анализа	–	–	+	+
	Экспертных оценок	–	–	+	+
Оценка соответствия систем качества	Экспертных оценок	+	–	+	+
	Монографический	+	–	–	–
Оценка соответствия продукции	Экспертных оценок	–	–	+	+
	Сравнительного анализа	–	–	+	+
Система мониторинга	Сравнительного анализа	+	+	+	–
	Экспертных оценок	+	+	+	+
Правовое (документальное) обеспечение	Экспертных оценок	+	–	+	+
	Монографический	+	–	+	+
	Сравнительного анализа	–	–	+	–
Информационное обеспечение	Монографический	+	+	+	–
	Экспертных оценок	+	+	+	+
Система управления качеством (нестратифицированный анализ)	Гистограммы	+	–	–	–
	Контрольные карты (листы)	+	–	–	–
	Графики	+	+	+	+
	Диаграммы разброса	+	+	+	–
	Метод расслоения	–	+	+	–
	Монографический	+	+	+	+
	Причинно-следственные диаграммы	+	+	+	–
	Анализ временных рядов	+	+	+	+

органы, ответственные за сбор информации и проведение оценки эффективности;

номенклатура показателей и перечень информации, необходимой для проведения оценки эффективности;

порядок сбора и методы обработки (презентации) информационных данных для проведения расчетов и формирования выводов по оценке эффективности;

непосредственные исполнители работ по оценке эффективности;

сроки и периодичность проведения оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Номенклатура показателей и перечень информации в отношении показателей качества продукции, необходимой для проведения оценки эффективности, должны быть отражены

в соответствующих формах ведомственной статистической отчетности. Данная отчетность позволит унифицировать методы оценки эффективности системы управления качеством на различных уровнях регулирования АПК, в основе которых лежит анализ показателей уровня потребительских и технологических свойств.

Кроме этого, процесс оценки эффективности должен иметь нормативное сопровождение, а именно – утвержденный соответствующими органами управления порядок проведения и отчетности. В целом нормативное и документальное сопровождение оценки эффективности должно предусматривать следующие основные документы:

формы ведомственной статистической отчетности о показателях качества и безопасности основных видов сельскохозяйственной продукции;

положение о мониторинге качества сельскохозяйственной продукции, определяющее организационные основы сбора необходимой информации на ведомственном уровне;

научно-методические рекомендации по формированию мониторинга и оценке эффективности систем управления качеством и безопасностью сельскохозяйственной продукции на различных уровнях регулирования проблемы (микро-, мезо-, макро-, мега-);

аналитические отчеты о результатах мониторинга с соответствующими выводами и рекомендациями по дальнейшему развитию управления качеством и безопасностью сельскохозяйственной продукции.

Устойчивое нормативно-правовое обеспечение позволит гарантировать постоянное наличие и периодическое обновление минимально необходимого информационного блока данных для оценки эффективности управления качеством в сельском хозяйстве.

Функционально-структурная модель оценки эффективности. Успешная реализация оценки эффективности управления качеством предполагает отражение всех основных факторов, влияющих на специфику и результативность данного процесса, а также его основных элементов. С этой целью разработана функционально-структурная модель оценки эффективности, отражающая основные причинно-следственные связи между ключевыми факторами и элементами оценки эффективности (рис. 2).



Рис. 2. Структурно-функциональная модель оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции

Fig. 2. Structural and functional model for assessing the agricultural products quality management system efficiency

Так, *к объективным факторам*, которые формируют внешнюю среду проведения оценки эффективности и обладают свойством экзогенности, относятся:

условия проведения оценки эффективности методов и механизмов управления качеством сельскохозяйственной продукции;

особенности оценки эффективности методов и механизмов управления качеством продукции в сельском хозяйстве;

система принципов оценки;

риски получения недостоверных результатов оценки эффективности системы.

Данные факторы необходимо учитывать как на подготовительной стадии, так и непосредственно в процессе оценки эффективности.

Целевые установки определяют направленность оценки эффективности и основные результаты, которые планируется получить при ее проведении. К ним следует отнести цель и приоритетные задачи, которые определяются для каждой конкретной ситуации, а также функции оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Целевые установки позволяют конкретизировать *базовые элементы* оценки эффективности, которые включают в себя:

уровень оценки эффективности;

субъекты и объекты оценки эффективности, а также непосредственных исполнителей данного процесса;

информационный (первичная информация для дальнейшей обработки и расчетов) и аналитический (результаты расчетов – критерии) блоки показателей оценки эффективности.

С точки зрения методического и нормативно-правового регулирования процесса оценки эффективности следует отдельно выделить *инструментально-правовые элементы* модели оценки эффективности:

методы оценки (зависят от уровня, объекта оценки и требуемой степени детализации анализа);

нормативно-правовое обеспечение процесса оценки эффективности (определяют общий порядок проведения оценки, ответственные органы, систему отчетности и т д.).

На основе полученных результатов, а именно критериев оценки эффективности управления качеством продукции, формулируются *научно обоснованные выводы и предложения по совершенствованию управления качеством и методики проведения оценки.*

Таким образом формируется *корректирующая среда* модели оценки эффективности системы управления качеством, в рамках которой при необходимости реализуется комплекс мероприятий по устранению нарушений и недостатков в системе управления качеством и в методологии (при получении неудовлетворительных результатов, указывающих на несовершенство методики) проведения оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Этапы формирования механизма оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции. Формирование эффективного механизма оценки является достаточно сложным процессом, который предусматривает реализацию комплекса последовательных мер по разработке методологии ее проведения на различных уровнях регулирования АПК, создание соответствующих предпосылок, инфраструктуры и т.д. В связи с этим следует предусмотреть несколько этапов ее развития.

На *первом этапе* осуществляется разработка и реализация системы мер по формированию научно обоснованных методических и методологических рекомендаций по информационному обеспечению и проведению оценки эффективности. Его основной задачей является формирование методологической базы для принятия управленческих и институциональных решений в части создания действенного механизма оценки эффективности, направленного на идентификацию первичных проблем в области обеспечения качества сельскохозяйственной продукции и выработку решений по их устранению.

Второй этап включает разработку нормативно-правового механизма, а также организационной и институциональной структуры оценки эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной продукции. В рамках данного этапа проводится нестратифицированная комплексная оценка эффективности системы управления качеством сельскохозяйственной

продукции в целом, а также в разрезе отдельных отраслей сельского хозяйства, что обуславливает целесообразность разработки положения о мониторинге сельскохозяйственной продукции[4].

Третий этап предусматривает формирование устойчивой системы оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции на всех уровнях регулирования АПК. Данная стадия развития характеризуется, прежде всего, проведением на постоянной основе республиканского мониторинга и оценки эффективности качества сельскохозяйственной продукции с формированием ежегодных аналитических отчетов о состоянии проблемы в отрасли на принципах стратификации системы управления качеством и выводов по совершенствованию и развитию ее как в целом, так и отдельных элементов.

Риски получения недостоверных результатов оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции.

К таким рискам следует отнести:

нерепрезентативность информации в области качества и безопасности сельскохозяйственной продукции (минимизация риска достигается обеспечением максимальной выборки данных из генеральной совокупности с учетом экономически и статистически обоснованного уровня затрат на сбор информации);

ассиметричность информации об уровне качества продукции и эффективности функционирования элементов системы управления качеством (минимизация риска обеспечивается четким определением лиц и органов, ответственных за сбор соответствующей информации, документальным сопровождением данного процесса, а также созданием механизмов выборочного контроля достоверности базы данных);

низкая эффективность механизма информационных потоков в области качества и безопасности сельскохозяйственной продукции, что может привести к невозможности получения необходимых данных (минимизируется с помощью таких инструментов, как ведомственные формы статистической отчетности в части необходимой для анализа информации, а равно нормативно-правового обеспечения данного процесса с разработкой и утверждением руководящих документов на соответствующем уровне управления отраслью, в частности, положения о мониторинге качества сельскохозяйственной продукции);

комплексный характер влияния на уровень качества и безопасности продукции организационно-экономического механизма управления производственной деятельностью (минимизация достигается за счет стратифицированной оценки эффективности отдельно взятых элементов системы управления качеством);

существенная зависимость результатов производственной деятельности от естественно-биологических факторов формирования качества продукции (количественный учет влияния данных факторов на уровень качества и безопасности продукции сильно затруднен и носит экспериментальный характер, поэтому данный риск является перманентным).

Формирование критериев соответствия действующего механизма оценки эффективности установленным требованиям. Действенность существующего (вновь созданного) механизма оценки эффективности управления качеством требует соответствующей оценки с точки зрения достижения ее целей и задач, что необходимо для дальнейшего совершенствования, устранения недостатков и своевременной актуализации системы методов и порядка проведения оценки. В данной связи целесообразной является разработка комплекса оценочных критериев соответствия, направленных на определение результативности и целеориентированности полученных результатов. В ходе исследований разработан базовый подход к решению данной проблемы, основы которого приведены в табл. 2.

В качестве ключевых критериев определены наиболее существенные элементы и инструменты оценки эффективности системы управления качеством. Следует подчеркнуть, что количество критериев, равно как и их содержание, может изменяться в зависимости от конкретной ситуации. Тем не менее, основные элементы оценки и качества ее результатов целесообразно оценивать в обязательном порядке.

[4] Расторгуев П. В., Почтовая И. Г., Расторгуева Е. А. Рекомендации по оценке эффективности механизма управления качеством продукции АПК в условиях развития интеграционных процессов. Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2019. 51 с.

Таблица 2. **Ключевые критерии соответствия механизма оценки эффективности управления качеством установленным требованиям**

Table 2. **Key criteria for compliance of quality management efficiency assessment mechanism with the set requirements**

Ключевые критерии оценки (область оценки)	Уровень достижения результата		
	уровень 1	уровень 2	уровень 3
	Количественная оценка достигнутого уровня, баллы ($Б_i$)		
	$Б_i = 3$	$Б_i = 4$	$Б_i = 5$
Методика исследований (K_1)	Планируемые критерии достигнуты частично	Практически все планируемые критерии достигнуты	Все планируемые критерии достигнуты
Нормативное обеспечение (K_2)	Статистическая отчетность содержит минимально необходимый перечень показателей	Статистическая отчетность содержит практически все необходимые показатели	Статистическая отчетность содержит все необходимые показатели
Правовое обеспечение (K_3)	Правовая документация требует существенной корректировки	Правовая документация требует актуализации отдельных норм	Правовая документация актуальна
Мониторинг (K_4)	Мониторинг проводится, но содержит не все необходимые показатели	Мониторинг проводится и включает практически все необходимые показатели	Мониторинг включает все необходимые показатели
Квалификация непосредственных исполнителей (K_5)	Исполнители не смогли самостоятельно выполнить оценку	Исполнители нуждались в консультациях	Исполнители владели методикой оценки
Идентификация проблем (K_6)	Проблемы идентифицированы частично	Идентифицированы наиболее существенные проблемы	Проблемы полностью идентифицированы
Выводы и предложения по результатам оценки (K_7)	Выводы и предложения сформулированы, но слабо обоснованы	Выводы и предложения обоснованы, но не направлены на решение всех выявленных проблем	Выводы и предложения направлены на решение всего комплекса выявленных проблем
Результативность механизма оценки (K_8)	Выявленные проблемы решены частично	Решение выявленных проблем имеет кратковременный характер	Устойчивое решение всех выявленных проблем

В предложенном методическом подходе для оценки ключевых критериев используются три уровня, каждый из которых имеет количественную оценку в баллах: 3, 4 и 5.

Средний балл рассчитывается по такой формуле:

$$Б_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Б_i, \quad (1)$$

где $Б_{ср}$ – средняя балльная оценка уровня достижения результата при оценке эффективности управления качеством; $Б_i$ – балльная оценка достижения результата при оценке эффективности управления качеством для критерия *i (i* = 1, …, *n)*; *n* – количество критериев соответствия механизма оценки эффективности управления качеством установленным требованиям.

Для каждого из предлагаемых уровней, кроме индивидуальной оценки каждого критерия, определена следующая общая характеристика:

уровень 1 (3 балла) – качество оценки эффективности находится на удовлетворительном уровне, но требует существенного совершенствования, так как не обеспечивает полноценного анализа и не позволяет сделать достоверные, обоснованные выводы и предложения по решению всех поставленных задач (соответствует характеристике $Б_{ср}$ = 3,00–3,99);

уровень 2 (4 балла) – качество оценки эффективности достаточно высокое и в целом позволяет решать поставленные задачи, но требует корректировки в части совершенствования отдельных ее элементов (соответствует характеристике $Б_{ср}$ = 4,00–4,99);

уровень 3 (5 баллов) – качество оценки эффективности высокое, позволяет решать поставленные задачи, а выполнение рекомендаций по совершенствованию системы управления качеством в полном объеме решает выявленные проблемы и устраняет их последствия (соответствует характеристике $Б_{ср}$ = 5,00).

Недостатком данного подхода является риск субъективности экспертных оценок отдельных критериев. В то же время, как показали исследования рекомендаций ISO, именно данный метод является приоритетным, рекомендуется и используется в мировой практике.

Предлагаемый вариант применим при реализации проблемного подхода к оценке эффективности управления качеством [19] либо при необходимости реализации комплекса соответствующих мероприятий с целью его совершенствования, что является наиболее типичной ситуацией, поэтому необходим определенный временной лаг с целью определения достоверности результатов оценки эффективности и корректности методологии ее проведения.

В то же время при текущей оценке действующей системы управления качеством сельскохозяйственной продукции ряд критериев, представленных в табл. 2, может быть исключен, а именно: квалификация непосредственных исполнителей (K_5); выводы и предложения по результатам оценки (K_7); результативность механизма оценки (K_8).

Количество уровней достижения результатов может варьировать в зависимости от целесообразности в каждом конкретном случае, предпочтений заказчика в части детализации проверки механизма оценки на соответствие установленным требованиям, квалификации экспертов и т.д.

Заключение. В целом следует отметить, что оценка эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции является достаточно сложным процессом, достоверность результатов которой зависит, прежде всего, от правильной постановки целей и задач в каждом конкретном случае ее проведения, репрезентативности исходной информации, корректности методологии оценки и комплексности учета всех факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции по качественным параметрам.

Использование предлагаемого системного подхода к оценке эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции, теоретико-методологического инструментария решения данной проблемы при разработке практического механизма ее реализации позволит создать условия для устойчивого обеспечения производства продукции высокого качества за счет научно обоснованной оценки эффективности системы управления качеством и своевременной ее актуализации.

Таким образом, предлагаемые концептуальные основы комплексной оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции отражают базовые подходы к ее проведению и позволяют сформировать действенный, комплексный механизм оценки результативности деятельности в области обеспечения качества сельскохозяйственной продукции. Результаты исследования могут быть использованы при проведении мониторинга и оценке эффективности методов и механизмов управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2016–2020 годы, подпрограмма 1 «Экономика АПК».

Список использованных источников

1. Измерение результативности системы менеджмента качества как инструмент совершенствования организации / А. Д. Ахтулов [и др.] // Ом. науч. вестн. – 2013. – № 1 (117). – С. 132–136.

2. *Злобина, Н. В.* Концептуальные основы экономического развития менеджмента качества организации / Н. В. Злобина. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2011. – 95 с.

3. *Кондриков, В. А.* Результативность и эффективность СМК предприятия / В. А. Кондриков, И. В. Плотникова // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 10. – С. 27–31.

4. *Конев, К. А.* Оценка результативности СМК предприятия / К. А. Конев, А. А. Булычева, К. А. Каримова // Методы менеджмента качества. – 2014. – № 2. – С. 28–33.

5. *Лавренченко, Н. И.* Экономико-математические методы управления затратами на качество / Н. И. Лавренченко, Б. И. Герасимов ; под ред. Б. И. Герасимова. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2005. – 112 с.

6. *Неволин, В. В.* Оценка эффективности управления качеством продукции на предприятиях пищевой промышленности / В. В. Неволин, А. И. Щербатых // Современная торговля: теория, практика, инновации : материалы круглых столов VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 10–18 нояб. 2015 г. / Перм. ин-т (ф-л) ФГБОУ ВО «Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова». – Пермь, 2015. – С. 49–54.

7. *Протасов, Д. В.* Теория и практика применения технологии бенчмаркинга для улучшения качества деятельности организации / Д. В. Протасов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2009. – 79 с.

8. *Скрипко, Л. Е.* Проблемы оценивания результативности процессов в СМК / Л. Е. Скрипко // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 11. – С. 28–34.

9. *Терещенко, Н. В.* Модель комплексной оценки результативности СМК / Н. В. Терещенко, Н. С. Яшин // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 4. – С. 12–17.

10. Управление качеством в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов [и др.]. – М. : Росинформагротех, 2011. – 344 с.

11. Продовольственная безопасность Республики Беларусь. Мониторинг – 2016: социально-экономические аспекты / В. Г. Гусаков [и др.] / Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2017. – 210 с.

12. *Мелещеня, А. В.* Японский рынок молочных продуктов: регулирование импорта / А. В. Мелещеня // Аграр. экономика. – 2016. – № 11. – С. 31–37.

13. *Расторгуев, П.* Оценка нормативных требований к качеству и безопасности отечественной молочной продукции в контексте диверсификации экспорта / П. Расторгуев, А. Казючиц // Аграр. экономика. – 2017. – № 12. – С. 22–28.

14. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 520 с.

15. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики Нац. акад. наук Беларуси ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 462 с.

16. Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2007. – 283 с.

17. *Расторгуев, П. В.* Основные проблемы оценки эффективности управления качеством сельскохозяйственной продукции в Беларуси / П. В. Расторгуев // Беларусь –2030: государство, бизнес, наука, образование : материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 14 дек. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2018. – С. 185–187.

18. *Расторгуев, П. В.* Формирование научно обоснованной оценки эффективности управления качеством продукции в сельском хозяйстве: теоретико-методологические аспекты / П. В. Расторгуев // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 3. – С. 37–49.

19. *Расторгуев, П. В.* Методологические подходы к оценке эффективности системы управления качеством в сельском хозяйстве Беларуси / П. В. Расторгуев // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 16–27.

References

1. Akhtulov A. L., Akhtulova L. N., Mustakova A. T., Tashmagambetova S. T. Assessment of the productivity of quality management system as a tool of improvement of organization activity. *Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin*, 2013, no. 1 (117), pp. 132–136 (in Russian).

2. Zlobina N. V. *Conceptual bases of economic development of organization quality management*. Tambov, Publishing House of Tambov State Technical University, 2011. 95 p. (in Russian).

3. Kondrikov V. A., Plotnikova I. V. Efficiency and effectiveness of an enterprise QMS. *Metody menedzhmenta kachestva = Methods of Quality Management*, 2006, no. 10, pp. 27–31 (in Russian).

4. Konev K. A., Bulycheva A. A., Karimova K. A. Evaluation of the effectiveness of company's QMS. *Metody menedzhmenta kachestva = Methods of Quality Management*, 2014, no. 2, pp. 28–33 (in Russian).

5. Lavrenchenko N. I., Gerasimov B. I. *Economic and mathematical methods for managing quality costs*. Tambov, Publishing House of Tambov State Technical University, 2005. 112 p. (in Russian).

6. Nevolin V. V., Shcherbatykh A. I. Topical evaluation of the effectiveness of quality control in the food industry. *Sovremennaya torgovlya: teoriya, praktika, innovatsii: materially kruglykh stolov VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 10–18 noyabrya 2015 g.* [Modern trade: theory, practice, innovation: proceedings of round tables of VI All-Russian scientific and practical conference with international participation, Perm, November 10–18, 2015 g]. Perm, 2015, pp. 49–54 (in Russian).

7. Protasov D. V. *Theory and practice of applying benchmarking technology to improve the quality of the organization's activities*. Tambov, Publishing House of Tambov State Technical University, 2009. 79 p. (in Russian).

8. Skripko L. E. Problems of evaluating the effectiveness of processes in a QMS. *Metody menedzhmenta kachestva = Methods of Quality Management*, 2007, no. 11, pp. 28–34 (in Russian).

9. Tereshchenko N. V., Yashin N. S. Model of an integrated assessment of QMS effectiveness. *Metody menedzhmenta kachestva = Methods of Quality Management*, 2006, no. 4, pp. 12–17 (in Russian).

10. Chernoivanov V. I., Ezhevskii A. A., Krasnoshchekov N. V., Fedorenko V. F. *Quality management in agriculture*. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2011. 344 p. (in Russian).

11. Gusakov V. G., Shpak A. P., Lomakina A. L., Poleshchuk I. V., Kireenko N. V., Kondratenko S. A. [et al.] *Food security of the Republic of Belarus. Monitoring – 2016: Social and economic aspects*. Minsk, The Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, 2017. 210 p. (in Russian).

12. Meleshchenya A. V. Japanese market of dairy products: import regulation. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2016, no. 11, pp. 31–37 (in Russian).

13. Rastorguev P., Kazyuchits A. Estimation of regulatory requirements for the quality and safety of belarusian dairy products in the context of export diversification. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2017, no. 12, pp. 22–28 (in Russian).

14. *Organizational and technological standards for cultivation of vegetable, fruit, berry crops and cultivation of planting material: a collection of industry regulations*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2010. 520 p. (in Russian).

15. *Organizational and technological standards for cultivation of agricultural crops: a collection of industry regulations.* Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2005. 462 p. (in Russian).

16. *Organizational and technological standards for the production of livestock products and forage: a collection of industry regulations*. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2007. 283 p. (in Russian).

17. Rastorguev P. V. The main problems of assessing the quality management of agricultural products in Belarus. *Belarus' – 2030: gosudarstvo, biznes, nauka, obrazovanie: materialy V Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Minsk, 14 dekabrya 2018 g.* [Belarus – 2030: state, business, science, education: proceeding of the V international scientific conference, December 14, 2018, Minsk]. Minsk, 2018, pp. 185–187 (in Russian).

18. Rastorguev P. V. Development of scientifically substantiated assessment of product quality management efficiency in agriculture: theoretical and methodological aspects. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2017, no. 3, pp. 37–49 (in Russian).

19. Rastorgouev P. V. Methodological approaches to evaluation of quality management system efficiency in agriculture of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2018, vol. 56, no. 1, pp. 16–27 (in Russian).

Информация об авторе

Расторгуев Петр Владиславович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий сектором качества, Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси (ул. Казинца, 103, 220108 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rastorgouev-pv@rambler.ru

Information about author

Rastorgouev Petr V. - Ph. D. (Economics), Associate Professor. The Institute of System Research in Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus (103 Kazintsa Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rastorgouev-pv@rambler.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)
UDC 338.43:316.334.55(477)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-277-285

Received 02.05.2019
Поступила в редакцию 02.05.2019

A. S. Danylenko, T. V. Sokolska, P. I. Yukhymenko, V. I. Lobunets

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

MULTIFUNCTIONAL AGRICULTURE AND ITS EFFECT ON RURAL TERRITORIES DEVELOPMENT

Abstract: The paper deals with the main conceptual approaches to the definition of agriculture multifunctionality, indicates positive changes towards multifunctionality of rural territories in Ukraine and substantiates the main restraining factors such as low level of innovation activity of economic entities operating in this sphere, related sectors of economy, moral ageing of social and communal infrastructure of the village, lack of relations with universities which are the main generators of knowledge. The paper proposes to establish the Regional Coordination Centers for Rural Development in the structure of the Agro-industrial Development Departments. The main function of the centers should be obtaining multifunctional agriculture due to interaction of enterprises and the state shifting the emphasis from production to rural development. It is noted that the establishment of such centers in the conditions of decentralization will allow ensuring interaction of enterprises, state and population and implementing properly multifunctionality of agriculture. It is proved that forming the conceptual foundations of rural development, it should be borne in mind that sustainable multifunctional development should be based on effective rural economy, extended reproduction of human capital and productive employment of rural population, on improvement of people's quality of life, rational use of natural resources and their reproduction.

Keywords: agriculture, multifunctionality, food security, international trade, rural territories, agrarian policy, innovation activity, investment, rural development, regional coordination center

For citation: Danylenko A.S., Sokolska T.V., Yukhymenko P.I., Lobunets V.I. Multifunctional agriculture and its effect on rural territories development. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 277-285. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-277-285

А. С. Даниленко, Т. В. Сокольская, П. И. Юхименко, В. И. Лобунец

Белоцерковский национальный аграрный университет, Белая Церковь, Киевская область, Украина

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация: В статье рассматриваются основные концептуальные подходы к определению многофункциональности сельского хозяйства, констатированы положительные сдвиги в направлении многофункциональности сельских территорий в Украине и обоснованы основные сдерживающие факторы, среди которых: низкий уровень инновационной активности субъектов хозяйствования, работающих в этой сфере и смежных с ней секторах экономики; моральное старение социальной и коммунальной инфраструктуры сельской местности; отсутствие связи с университетами – основными генераторами знаний. Предложено создание в структуре департаментов агропромышленного развития региональных координационных центров развития села, основной функцией которых должно стать достижение многофункциональности сельского хозяйства путем взаимодействия предприятий и государства со смещением акцента от производственной функции к сельскому развитию. Отмечено, что в условиях децентрализации создание таких центров позволит обеспечить взаимодействие предприятий, государства и населения и в должной мере реализовать многофункциональность сельского хозяйства. Доказано, что при формировании концептуальных основ развития сельских территорий необходимо иметь в виду, что устойчивое многофункциональное их развитие должно быть основано на эффективной сельской экономике, расширенном воспроизводстве человеческого капитала и продуктивной занятости сельского населения, повышении уровня и качества его жизни, рациональном использовании и воспроизводстве природных ресурсов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, многофункциональность, продовольственная безопасность, международная торговля, сельские территории, аграрная политика, инновационная активность, инвестиционная деятельность, сельское развитие, региональный координационный центр

Для цитирования: Даниленко, А. С. Многофункциональное сельское хозяйство и его влияние на развитие сельских территорий / А. С. Даниленко, Т. В. Сокольская, П. И. Юхименко, В. И. Лобунец // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 277–285. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-277-285

Introduction. The rationale for multifunctionality of agricultural activity has recently become one of the most significant innovations in agrarian economy. Despite the fact that the theory of multifunctionality appeared not so long ago, agriculture has always been multifunctional, since being the most important component of the biosphere, it is closely connected with natural ecosystems, and its multifunctionality contributes to the ecological balance of the global ecosystem.

Taking into account that this issue is one of the most topical in the scientific community as well as among the authorities and agribusiness in 2008, the Concept of multifunctional agriculture was presented by the Organization for Economic Cooperation and Development [1]. It is the Concept that recognizes agriculture as a specific area of economic activity, unique in its various social outcomes. In the process of agricultural production not only food products and food for animals, fibers, agrofuels, medicinal and decorative products are manufactured, but also public goods of non-commercial nature, such as ecological services, landscapes, cultural heritage, etc. They can be used as diverse spheres of economic activity in rural areas, turning into specific types of local assets, the capitalization of which creates a means of subsistence for rural communities outside the agricultural production [2].

During the Uruguay Round, a number of countries stressed that recognition of multifunctional agriculture in the process of reforming agrarian policy would contribute to the establishment of an appropriate model for the development of rural areas. Rural areas are engaged not only in agricultural production but are used as a source of public goods and have an important economic, environmental and social effect [3]. This institutional recognition and implementation of the multifunctional role of agriculture (productive and non-productive) creates favorable conditions for rural entrepreneurship, which is the factor of rural economic development.

Research methods. The methodological basis of the research comprises general scientific and special methods: dialectical method of cognition, method of system analysis of theoretical and methodological principles of agriculture, multifunctionality theory development. The study of the issue was carried out on the basis of multidimensional study of the mass phenomena of rural areas functioning and development in Ukraine and in the world, on application of a wide range of theoretical methods of cognition (monographic, graphic, analysis, synthesis, induction, deduction, analogy, abstraction, concretization, formalization, observation, experiment, etc.).

Research results. A study of literature sources on agriculture multifunctionality shows that this idea has both supporters and opponents (inconsistency is mainly related to the international division of labor and to international trade) [4, 5].

The supporters of agriculture multifunctionality concept prove that due to the specific nature of agriculture, which differs from other sectors of economy, external effects that have economic, social, ecological, cultural and political significance arise in the course of the activity promoting rural communities development, people welfare etc.

On the one hand, agriculture is a fundamental branch for rural areas existence and development, since it forms both rural population employment and income level to a considerable extent, it reflects the course of demographic process in the countryside, ensures the development of the countryside and its settlement as well as the preservation of ecological and landscape characteristics of the territory. On the other hand, it plays a crusial role in the development of the national economy as a whole due to ensuring the fulfillment of geopolitical function, preserving its territorial integrity and national identity. This is predetermined by its importance for the society survival.

The overwhelming majority of countries with the leading role of agriculture in their economy support multifunctional development of agriculture and motivate this with variety of its functions, including non-productive factors [6].

The opponents of the multifunctionality concept claim that agricultural subsidies in their current state, international trade and relevant political ideas do not stimulate the transition to fair trade in agricultural products and food or to the systems for the sustainable food production and land cultivation. In their opinion, it leads to negative consequences for natural resources and agroecology as well as for human health and nutrition.

In international debate two main approaches to multifunctional agriculture are singled out. The first one is the approach to agricultural and trade policy. It was discussed within the framework of the WTO

and the OECD. The second one is the sustainable development format which was discussed within the FAO framework [7, 8].

The OECD/WTO approach is based on three central elements: environmental protection, food security and viability (profitability) of rural areas (including economic and social functions).

The OECD and WTO principles mainly focus on multifunctionality impact on agricultural trade and on domestic agricultural policies. In particular, they focus on the development of tools that can be used to support and enhance the multifunctional nature of agriculture [9, 10].

In 1999, FAO introduced the Multifunctional Character of Agriculture and Land (MFCAL) concept, which was further developed into the SARD concept ("Sustainable Agriculture and Rural Development"). The concept aimed at promoting the sustainable development through running agricultural practices that are environmentally friendly, technically acceptable, economic and social [11, 12].

European Union defines multifunctional agriculture through the "European model of agriculture", which bears a strategic function, stable (sustainable) management of rural territories and satisfaction of the needs of citizens [13]. At the same time, the term multifunctionality synthesizes the link between sustainable agriculture, food security, territorial balance, landscape and environment preservation as well as food safety.

Being a tool for the rural village's territorial potential development and its sustainability, multifunctional agriculture is reflected in the CAP (The Common Agricultural Policy) reform 2014-2020 with rural areas, effective management of the territory and preservation of the cultural heritage as topical issues [14].

Socio-economic literature gives different definitions of the concept of multifunctionality [5, 15]. The feature matrix of different interpretations is that multifunctional activities contribute to increasing the autonomy of agrarian farms and the rational use of available resources.

Some authors [16, 17] emphasize that multifunctional agriculture is a prerequisite for sustainable agriculture and the concept of sustainability primarily focuses on preserving resources and meeting the needs of present generations and causes no harm to future generations [18]. This implies that multifunctionality is basically a result-oriented concept. It is based on various agricultural activities for the territory development and can be a tool for the concrete achievement of the goals of sustainable development [19].

The views of some countries on multifunctional agriculture and the relevant political steps to support and enhance its multifunctional nature are presented in Table 1 [20].

T a b l e 1. **Elements of multifunctional agriculture in some countries**

Country	Elements of multifunctional agriculture in some countries				
	Food security	Environment protection	Income (rural territories profitability)	Animals protection	Food safety
EU	+	+++	+++	++	++
Norway	+++	+++	+++	?	?
USA	+	+++	++	?	?
Japan	+++	+++	+++	?	+
Switzerland	+++	+++	+++	?	+
Australia	–	+++	+	?	?

*Support for an element or policy steps from weak (+) to strong (+++) support. Resistance to an element or an event from a weak (–) to a strong (– –) resistance. The country has no position for or against an element or policy step (?).

The table shows that the EU pays significant attention to food security, farms and animals welfare in the concept of multifunctional agriculture, since they make a fundamental basis of the European model of agriculture and are considered to be the future way of rural development. It also reflects the challenges of ageing labor on farms and the outflow of the youth from rural areas, which is a serious challenge for the sustainability of the European rural economy.

It is obvious that environmental problems and economic benefits are the most supported and least contradictory elements of multifunctional agriculture. For Norway, the USA and Australia, food safety is a somewhat controversial element of multifunctionality.

In general, countries view food security as legitimate non-trading activities, but there are conflicting views on the importance of domestic food production to ensure national food security. For some countries (especially Japan and Norway) domestic food production is to some extent important for national food security, while some other countries regard food security as a common international trade product rather than a joint product of domestic production. In addition, some countries have questioned the public aspect of food security (Table 2) [20].

T a b l e 2. **Political tools enhancing the multifunctional nature of agriculture**

Country	Political tools enhancing the multifunctional nature of agriculture			
	Green box	Production support	Prices support	labelling
EU	++	++	?	+
Norway	+	+++	+	?
USA	+++	– –	– – –	?
Japan	++	+++	?	?
Switzerland	++	+	?	+
Australia	+++	– – –	– – –	?

* Support for an element or policy steps from weak (+) to strong (+++) support. Resistance to an element or an event from a weak (–) to a strong (– –) resistance. The country has no position for or against an element or policy step (?).

On the whole, the analysis of the EU common agricultural policy on multifunctionality shows that it has undergone a series of changes related to both internal pressure (the need to reduce the resource costs and environmental protection) and external requirements [13]. The external requirements were mainly directed against the high use of export subsidies and the protection of the EU's borders and markets.

Despite the fact that agriculture in Europe is undergoing a process of change at the economic, social, political, ecological and cultural levels, it must invariably meet rapidly changing needs and expectations of European countries and society [21].

In the process of integrated rural development, multifunctionality in the EU involves making decisions on the size of an effective group of farms, which can take place through "broadening", "deepening" or "re-grounding" [22]. The "expansion" step involves the development of new non-agricultural activities, including agrotourism, support and protection of rural landscapes, diversification of activities in the countryside. Social economy as one of the types of the "expansion" deserves attention. It includes health and treatment services, education and counseling, rehabilitation and social sphere.

Social economy contributes to the well-being and social integration of the disabled through agricultural products manufacture and provides sympathy and mutual assistance. Being engaged in a social farm (social agriculture), people recover contacts with the environment and the nature, which contributes to their health improvement, facilitates their learning, increases self-esteem and mediates their participation in public life.

Consequently, generalization of conceptual approaches to the definition of agriculture multifunctionality makes it possible to perceive it as an economic activity, which in addition to its basic function of food production, promotes the welfare of society through the production of non-food products and the creation of non-agricultural workplaces in the countryside as well as the environment protection. In spite of different interpretations of the new term "multifunctionality", the environmental issues, food security and rural areas viability (including economic and social functions) are three most frequently cited elements and functions of multifunctional agriculture. Multifunctionality allows changing the traditional production orientation of agriculture to new types of activities, and it is a concept for forming a village development strategy, in particular, for supporting non-agricultural activities of its inhabitants [13, 16]. Local business makes the basis for multifunctional development; it is aimed, on the one hand, at various forms of capital attraction, expansion of agrarian activities and the development of other or new

agricultural areas of production, and, on the other hand, at the establishment of business not related to the agrarian sector of the local economy [23].

The inseparability of market goods production and public goods production or the generation of positive effects by agriculture complicates the use of agriculture support tools that do not affect its commercial results. But non-market effects of agriculture are often very significant and sometimes they are even more important than market ones [24]. This means that agriculture should be considered as a complex dynamic natural socio-economic system entrusted with a number of basic functions and conditioning its emergence (Table 3).

T a b l e 3. **Differentiation of the emergence effect manifestations in agriculture multifunctionality**

Function of agriculture	Emergence effect manifestations		
	General	Consumer	Producer
Basic	Harmonization of social, economic and national control of rural areas	Providing the necessary conditions for balanced development of society	Conditions for successful business activity
Social	Social development of rural population	Social protection	Preservation and development of labor resources
Economic	Sustainable development of agrarian economy	Meeting the demand for agricultural products	Conditions for successful business activities
Agrifood	Sustainable provision of high-quality food products	Food security	Guaranteed distribution of food products
Agricultural raw materials	Flexible and sustainable raw materials provision for industry	Food security	Food industry development
Ecological	Preservation and development of agro-landscapes	Proper living conditions, ecological compatibility of food products	Ecologization of production
Integrating	Development of the proper structure of agroindustrial complex	Food security	Provision of the systemic nature of the agro-industrial complex functioning

Source: drawn up by the authors.

Thus, multifunctionality contributes to the development of agriculture, mainly through its mechanization, modernization and implementation of innovative technologies. In addition, non-agricultural function of the village is currently an important condition for its social security. Not only economic, social and cultural, but also environmental views speak well for this form of development [25]. In particular, the agenda issues of the need to establish effective land, water and air resources management, to follow the requirements for food production safety and food security arise.

The study of the possibilities to achieve agriculture multifunctionality in Ukraine has revealed that the introduction of the power decentralization reform results in a significant revival of the development of non-agricultural activities in rural areas. There is a favorable precondition for the use of tourist and recreational potential of rural areas. Taking into account that 15 % of the territory of Ukraine consists of resorts, mountain and coastal landscapes, the Dniper banks green areas [26], which are mainly concentrated in the rural areas and have a unique historical and cultural heritage, rural, green tourism, ecotourism and agrarian tourism are becoming particularly popular. Rural tourism is considered to be a type of entrepreneurial activity and includes an individual peasant farm management, organization of various forms of recreation in a private manor house with a wide range of opportunities to use the nature as well as material and cultural potential of the region [27]. An important feature is that this type of entrepreneurship can be carried out by villagers who are diversified into a new type of business in order to improve their material security and are given the opportunity to sell their products on the site. After appropriate processing and preparation these products are not regarded as agricultural raw materials, but as ready-made food. N. Ye. Kudla [28] notes that those families who host tourists improve the crops structure on a farm taking into account the needs of the guests, expanding the range of vegetable crops, fruit trees, berries, etc.; they develop and diversify farm animal products, grow greenhouse crops, and

are engaged in apiculture and fishing. Moreover, owners of shops, gas stations, craftsmen who provide their services to tourists gain profit from agro-tourism besides farm owners. In addition, such activities promote the countryside, develop its cultural potential through restoring partly forgotten traditions of a certain region. This includes souvenir and handicraft production, food production, providing various services, work on the landscapes improvement, etc. At the same time, it is good that the income from agro-tourism activities is mainly reinvested in the economic development and expansion of the range of provided services.

Small milk processing and bakery enterprises, forest berries and mushrooms, wood processing are promising areas for small business development in rural areas.

Development of folk crafts, establishment of tailoring companies, providing interregional road transport services (recreation facilities, hot food, vehicles refueling and current repair, etc.) are becoming more popular nowadays. In the Carpathian region, folk crafts are quite developed (wood products, weaving, pottery, knitting, embroidery as well as sewing, jewelry, stone, leather, wool crafts).

While pointing out significant positive aspects to multifunctionality of rural areas in general, the role and place of decentralization and local self-governance should be underlined. However, despite the fact that the Law of Ukraine "On Stimulating the Regions Development" [29] provides the foundations for cooperation between public authorities and local self-governance, the mechanism for coordinating activities of central and local executive authorities and local self-governance bodies in stimulating the development of regions and implementation of regional development strategies has been worked out. The existing levers of state governance of regional development haven't been able to overcome yet the contradiction between the need to finance current expenditures and costs for achieving strategic goals.

Agricultural production is currently making the basis of agrarian policy in Ukraine, while non-agricultural activities remain neglected. In particular, the country does not have a holistic, scientifically based system of rural development management that meets new economic requirements and covers all levels of the management hierarchy (national, regional, sub-regional and local).

Low level of business entities innovative activity operating in this sphere and related sectors of economy have been the most acute problems of the development of agriculture multifunctionality in recent years. The problem is aggravated by the actual lack of innovative non-agricultural enterprises in rural areas as well as by deterioration in social and communal infrastructure of the village. This leads to the reduction in investments in rural development, loss of resource and human capacity of rural areas, especially in the regions with specific natural and climatic conditions and shortage of arable land.

In the studied rural settlements of Uman and Korsun-Shevchenkivsky district of Cherkasy region accounting less than 500 inhabitants, there are no any hints of non-agricultural activities. And although rural tourism is spreading in the Cherkasy region, the number of people is small in the rural settlements.

A completely different picture can be observed in the villages with more than 500 inhabitants. There are mills, bakers, cafes, consumer services centers in the villages. There is a transfer of small businesses to the production of furniture, roofing materials, and interconnect structures in the villages located near regional centers. Also, non-agricultural businesses provide up to 5 % of the community budget coverage in these settlements. This amount is very small and it shows that the resources of rural areas are not used to their full extent.

We believe that solution to the problem concerns the creation of new institutional forms in the agricultural sector, i.e. various agricultural organizations operating on the basis of collaboration, integration and diversification. Today, a network of powerful university centers has already been established in Ukraine, but unfortunately, their cooperation and interaction with communities have not been achieved yet. However, they play a key role in knowledge creation and transferring it to innovative products. Universities need not only to train professionals, but share knowledge, adhere to creative ideas and cooperate on projects that would have practical application in rural areas. And such interaction should be promoted by public private partnership. The mechanism of collaboration between public authorities, local authorities and private sector in the form of public and private partnership allows ensuring coordination and taking into account the mutual interests of the state and business in the implementation of joint innovation and investment projects, target purpose sectorial programs as well as intensifying investment activities towards the multifunctional development of agriculture, etc.

Cooperation on agrarian clusters development is one of the most promising forms of interaction between the government and business in the agrarian sector. It ensures increased competitiveness and profitability of products for entrepreneurs on the basis of specialization and concentration of production, attraction of innovative developments of research institutions, formation of closed production cycles. Stable socio-economic development of a region is achieved due to the arrangement of rural areas with modern agro-service, agro-industrial, residential and cultural zones (in the form of agro-sites) at the state level [30].

In our opinion, it would be reasonable to establish Regional Coordination Centers for Rural Development (RCCRD) within the Departments of agro-industrial development. Their main function should be obtaining multifunctional agriculture due to the interaction of enterprises and the state shifting the emphasis from production to rural development. The algorithm for setting up such centers involves the following stages: studying particular characteristics of a region; using national and foreign practical experience in non-agricultural activities development, determining the key areas of production activities diversification.

The center can effectively assess the need for investing in a particular social object or take an active part in interacting with villagers. Combining the effort of enterprises and the state, the RCCRD will be able to coordinate their activities in a proper way. Furthermore, developing production, market and social infrastructure such centers should place much emphasis on training and innovations which are seen as a bridge between universities and communities.

The tasks of the RCCRD would include finding investors, attracting specialists from different scientific fields as well as active cooperation with institutes engaged in developing new technologies for agriculture.

Conclusion. Rural development in Ukraine is currently at the stage of institutional formation, and the existing market relations somewhat inhibit agriculture multifunctionality, not because its importance is underestimated, but because the government and stakeholders engaged in different economic sectors have not developed an effective mechanism of interaction. Decentralization reform has become a significant impetus for the formation of territorial communities. It is the institutional formalizing of decentralization that will enable to create effective regional development focal points. The new institutional environment will enable to ensure the interaction of enterprises, the state and the population to use non-food effects of rural development at a socially desirable level, and to implement the multifunctionality of agriculture in a proper way.

It's necessary to underline that in the process of formation of conceptual foundations for the rural areas development sustainable multi-functional development should be based on effective rural economy, increased reproduction of human capital and productive employment of rural population, raising the level and quality of its life, rational use and reproduction of natural resources. This multifaceted nature requires interaction and collaboration of all the stakeholders while formulating national policies for multifunctional agriculture. It's a complex task requiring further research and analysis of the development of rural areas "social integration" policy.

References

1. *Towards multifunctional agriculture for social, environmental and economic sustainability*. Available at: https://www.globalagriculture.org/fileadmin/files/weltagrarbericht/IAASTDBerichte/IssuesBriefMultifunctionality.pdf (accessed 08.02.2019).

2. Borodina O. M, Prokopa I. V. (eds.). *Theory, policy and practice of rural development*. Kyiv, The Institute for Economics and Forecasting of the NASU, 2010. 376 p. (in Ukrainian).

3. *Agriculture at a crossroads: global summary for decision makers*. Washington, Island Press, 2009. Available at: https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/IAASTDBerichte/GlobalSDM.pdf (accessed 08.02.2019).

4. Casini L., Contini C., Romano C. Paths to developing multifunctional agriculture: insights for rural development policies. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 2012, vol. 9, no. 3/4, pp. 185–203. https://doi.org/ 10.1504/IJARGE.2012.050347

5. Huylenbroeck G. van, Vandermeulen V., Mettepenningen E., Verspecht A. Multifunctionality of agriculture: a review of definitions, evidence and instruments. *Living Reviews in Landscape Research*, 2007, vol. 1, art. 3. https://doi.org/10.12942/lrlr-2007-3

6. Dreer J., Schiller S., Canalicchio M., Klawitter I. Multifunctionality – the state of the art. AgriMultifunctionality II. 2013. 18 p.

7. FAO and the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of the Netherlands – Sustaining the Multiple Functions of Agricultural Biodiversity:Background Paper 1: Agricultural Biodiversity. Paper Prepared for the 1999 FAO/NL Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land. 12–17 September, Maastricht, Netherlands.

8. ODIN – Ministry of Agriculture (LD) Norway – Non-Trade Concerns in a Multifunctional Agriculture – Implications for Agricultural Policy and the Multilateral Trading System, Website, 1999, 12 p.

9. OECD – Multifunctionality: a framework of policy analysis, OECD, AGR/CA (98)9, 18 November 1998, 24 p.

10. Potter C., Burney J. Agricultural multifunctionality in the WTO: legitimate non-trade concern or disguised protectionism? *Journal of Rural Studies*, 2002, vol. 18, iss. 1, pp. 35–47. https://doi.org/10.1016/s0743-0167(01)00031-6

11. FAO and the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of the Netherlands. The Multifunctional Character of Agriculture and Land: The Energy Function. Background Paper 2: Bioenergy. Paper Prepared for the 1999 FAO/NL Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land. 12-17 September, Maastricht, Netherlands.

12. Potter C., Tilzey M. Agricultural mutfunctional in the WTO: the implications for the design of EU rural policy. London : EPMG, Imperial College London, Working Paper, 2002.

13. Garzon I. *Multifunctionality of Agriculture in the European Union: is there substance behind the discourse's smoke?* Berkeley, 2005. Available at: https://escholarship.org/uc/item/80b3v0z6 (accessed 01.04.2019).

14. Marsden T., Sonnino R. Rural development and the regional state: Denying multifunctional agriculture in the UK. *Journal of Rural Studies*, 2008, vol. 24, iss. 4, pp. 422–431. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.04.001

15. Wilson G. A. *Multifunctional agriculture: a transition theory perspective*. Wallingford, CABI, 2007. 374 p. https://doi.org/10.1079/9781845932565.0000

16. Thompson K. Van Huylenbroeck. G. and Durand G. (eds.) (2003) Multifunctional agriculture: a new paradigm for European agriculture and rural development. The Welfare Economics of Public Polic. *Journal of Agricultural Economics*, 2004, vol. 55, no. 3, pp. 653–655. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00118.x

17. Vatn A. Multifunctional agriculture: some consequences for international trade regimes. *European Review of Agricultural Economics*, 2002, vol. 29, no. 3, pp. 309–327. https://doi.org/10.1093/eurrag/29.3.309

18. Caron P., Reig E., Roep D., Hediger W., Le Cotty T., Barthélemy D., Hadyńska A., Hadyński J., Oostindie H. A., Sabourin E. Multifunctionality: refocusing a spreading, loose and fashionable concept for looking at sustainability? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 2008, vol. 7, no. 4/5, pp. 301–318. https://doi.org/10.1504/ijarge.2008.020078

19. Delgado M., Ramos E., Gallardo R., Ramos F. Multifunctionality and rural development: a necessary convergence. *Multifunctional agriculture: a new paradigm for European agriculture and rural development*. Aldershot, 2003, pp. 19–36.

20. Bolunan et al. and country papers submitted to the AIE process of the WTO. AIE 73 (the European Union), AIE 60 (Japan), AIE 64 (the United States), AIE 67 (Switzerland), AIE 68 (Norway). 1999.

21. Lankoski J. (ed.). *Multifunctional character of agriculture*. Helsinki, Agricultural Economics Research Institute, 2000. 81 p.

22. Ploeg J. D. van der, Roep D. Multifunctionality and rural development: the actual situation in Europe. *Multifunctional agriculture: a new paradigm for European agriculture and rural development*. Aldershot, 2003, pp. 37–53.

23. Potter C. Multifunctionality as an agricultural and rural policy concept. *Sustaining agriculture and the rural economy: governance, policy and multifunctionality*. Cheltenham, 2004, pp. 15–35.

24. Renting H., Oostindie H., Laurent C., Brunori G., Barjolle D., Moxnes Jervell A., Granberg L., Heinonen M. Multifunctionality of agricultural activities, changing rural identities and new institutional arrangements. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecolog*y, 2008, vol. 7, no. 4/5, pp. 361–385. https://doi.org/10.1504/ijarge.2008.020083

25. Danilenko A. S. (ed.). *Institutionalization of public management and administration in the context of innovative development of rural areas: theory and practice*. Kyiv, Center for Educational Literature, 2018. 320 p. (in Ukrainian).

26. Darmostuk D. G. Trends of green tourism development in Ukraine. *Teoriya ta praktika derzhavnogo upravlinnya = Theory and Practice of Public Administration*, 2017, no. 2 (57), pp. 138–143 (in Ukrainian).

27. Tranchenko L. V. Rural tourism as a promising direction of rural employment. *Ekonomichnii forum = Economic Forum*, 2014, no. 3, pp. 104–110 (in Ukrainian).

28. Kudla N. E. *The role of tourism in socio-economic development of rural areas*. *Sotsial'no-ekonomichni problemi suchasnogo periodu Ukraïni: zbirnik naukovikh prats' = Socio-economic problems of the modern period of Ukraine: collection of scientific works*. Lviv, 2013, iss. 6 (104), pp. 292–298 (in Ukrainian).

29. Pro stymuliuvannia rozvytku rehioniv : Zakon vid 8 veresnia 2005 roku №2850-IV [*On Stimulation of the Development of Regions: Law №. 2850-IV of 8 September 2005*] Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 2005, №51, st.548 – Information from the Verkhovna Rada of Ukraine (VVR), 2005, №51, p.548. zakon4.rada.gov.ua/laws/anot/2850-15. Retrieved from: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/anot/2850-15. (Accessed 10 March 2019).

30. Kropivko M. F. Cluster approach to rural development management. *Ekonomika APK = The Economy of Agro-Industrial Complex*, 2008, no. 5, pp. 55–58 (in Ukrainian).

Информация об авторах

Даниленко Анатолий Семенович – академик НААН Украины, доктор экономических наук, профессор, ректор, Белоцерковский национальный аграрный университет (пл. Соборная, 8/1, 09117, Белая Церковь, Киевская область, Украина). E-mail: rectorat@btsau.net.ua, https://orcid.org/0000-0002-3450-2557

Сокольская Татьяна Викторовна – доктор экономических наук, доцент, зав. кафедрой публичного управления, администрирования и международной экономики, Белоцерковский национальный аграрный университет (пл. Соборная, 8/1, 09117, Белая Церковь, Киевская область, Украина). E-mail: Sokolska-1@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5420-8569

Юхименко Петр Иванович – доктор экономических наук, профессор. Белоцерковский национальный аграрный университет (пл. Соборная, 8/1, 09117, Белая Церковь, Киевская область, Украина). E-mail: p0504684000@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0677-1872

Лобунец Виктория Ильинична – кандидат экономических наук, доцент. Белоцерковский национальный аграрный университет (пл. Соборная, 8/1, 09117, Белая Церковь, Киевская область, Украина). E-mail: kasanuk@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-9141-0149

Information about authors

Danylenko Anatoly S. - Academician of NAAS of Ukraine, D. Sc. (Economics), Professor. Bila Tserkva National Agrarian University (pl. 8/1 Soborna, Bila Tserkva, Kyivska oblast, 09117 Ukraine). E-mail: rectorat@btsau.net.ua, https://orcid.org/0000-0002-3450-2557

Sokolska Tatyana V. - D. Sc. (Economics), Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University (pl. 8/1 Soborna, Bila Tserkva, Kyivska oblast, 09117 Ukraine). E-mail: Sokolska-1@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5420-8569

Yukhymenko Petr I. - D. Sc. (Economics), Professor. Bila Tserkva National Agrarian University (pl. 8/1 Soborna, Bila Tserkva, Kyivska oblast, 09117 Ukraine). E-mail: p0504684000@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0677-1872

Lobunets Viktoriya I. - Ph.D. (Economics), Associate Professor. Bila Tserkva National Agrarian University (pl. 8/1 Soborna, Bila Tserkva, Kyivska oblast, 09117 Ukraine). E-mail: kasanuk@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-9141-0149

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК [631.893-027.236:661.832'053.2-027.32/.33](476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-286-296

Поступила в редакцию 10.01.2019
Received 10.01.2019

В. Я. Прушак[1], Г. В. Пироговская[2], В. В. Лапа[2], Л. К. Островский[3], В. В. Шевчук[3], Д. Г. Мысливец[4]

[1]Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством, Солигорск, Беларусь
[2]Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь
[3]Институт общей и неорганической химии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь
[4]Фермерское хозяйство «Горизонт», Плодовое, Мостовский район, Гродненская область, Беларусь

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ NPK-УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ КОНВЕРСИОННЫХ ЩЕЛОКОВ ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТА КАЛИЯ

Аннотация: Важное значение для сельскохозяйственного производства имеет использование безотходной технологии получения бесхлорных удобрений (сульфата калия) и утилизация жидких отходов (конверсионных щелоков производства сульфата калия) для получения дополнительной продукции (различных марок комплексных удобрений на их основе), что позволяет снизить себестоимость растениеводческой продукции. В статье приведены результаты исследований по получению и агрохимической эффективности комплексного NPK-удобрения марки 16-10-16, полученного на основе конверсионных щелоков производства сульфата калия и аммофоса. Удобрение получено методом низкотемпературной конверсии хлористого калия сульфатом аммония, что позволяет получить бесхлорное удобрение (сульфат калия) и организовать процесс переработки конверсионных щелоков для получения широкой линейки комплексных удобрений, в том числе и исследуемой марки. Определена агрохимическая эффективность NPK-удобрения (марка 16-10-16) при возделывании овощных культур (моркови, капусты, лука) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Установлено, что применение азотно-фосфорно-калийного удобрения марки 16-10-16 в эквивалентных дозах со стандартными удобрениями (карбамидом, суперфосфатом аммонизированным, калием хлористым гранулированным) при возделывании овощных культур обеспечивает урожайность моркови, капусты и лука на уровне эталона (стандартные удобрения) без существенных изменений качества продукции, отмечается лишь тенденция увеличения содержания сахаров и снижения содержания нитратов в продукции. Комплексное NPK-удобрение марки 16-10-16 внесено в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» и разрешено для применения в агропромышленном комплексе и для розничной продажи населению.

Ключевые слова: производство сульфата калия, конверсионные щелоки производства сульфата калия, химический состав конверсионных сбросовых щелоков, карбамид, аммофос, хлористый калий, новые формы комплексных удобрений, марка 16-10-16, сельскохозяйственные культуры, морковь, капуста, лук, урожайность, качество продукции, содержание сухого вещества, растворимых сахаров, нитратов, витамина С, золы и клетчатки

Для цитирования: Эффективность комплексных NPK-удобрений, получаемых из конверсионных щелоков производства сульфата калия / В. Я. Прушак, Г. В. Пироговская, В. В. Лапа, Л. К. Островский, В. В. Шевчук, Д. Г. Мысливец // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 286–296. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-286-296

V. Y. Prushak[1], G. V. Pirogovskaya[2], V. V. Lapa[2], L. K. Ostrovskiy[3], V. V. Shevchuk[3], D. G. Myslivets[4]

[1]Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production, Soligorsk, Belarus
[2]The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
[3]The Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
[4]Farm "Gorizont", Plodovoye, Mosty district, Grodno region, Belarus

EFFICIENCY OF COMPLEX NPK FERTILIZERS OBTAINED FROM CONVERSION ALKALINE SOLUTION AT POTASSIUM SULPHATE PRODUCTION

Abstract: Waste-free technology for producing chlorine-free fertilizers (potassium sulphate) and recycling liquid wastes (conversion liquors of potassium sulphate production) for obtaining additional products (various grades of complex fertilizers based on them) allowing to reduce price cost of plant production is vital for agricultural production. The paper dwells on results of studies on production and agrochemical efficiency of complex NPK fertilizer of 16-10-16 grade obtained based on

conversion alkaline solution at potassium sulfate and ammophos production. Fertilizer is obtained by method of low-temperature conversion of potassium chloride with ammonium sulfate. It allows to obtain chlorine-free fertilizer (potassium sulfate) and arrange processing of conversion alkaline solution to obtain a wide range of complex fertilizers, including the experimental brand. Agrochemical efficiency of NPK fertilizer (16-10-16 grade) during cultivation of vegetable crops (carrot, cabbage, onion) on sod-podzolic loose soil was determined. It was determined that nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer of 16-10-16 brand in equivalent doses with standard solids (urea, ammoniated superphosphate, granulated potassium chloride) during cultivation of vegetable crops provides yield of carrot, cabbage and onion at the level of the standard (standard solids) with no significant changes in product quality, there is only a tendency to increase of sugar and reduction of nitrate content in products. The complex NPK-fertilizer of 16-10-16 brand has been recorded in the "State Register of Plant Protection Products and Fertilizers Allowed on the Territory of the Republic of Belarus" and is allowed to be used at agro-industrial complex and for retail sale.

Keywords: production of potassium sulfate, conversion alkaline solution at potassium sulfate production, chemical composition of conversion waste alkaline solution, urea, ammophos, potassium chloride, new forms of complex fertilizers, 16-10-16 grade, agricultural crops, carrot, cabbage, onion, yield, product quality, content of dry matter, soluble sugars, nitrates, vitamin C, ash and fiber

For citation: Prushak V. Y., Pirogovskaya G. V., Lapa V. V., Ostrovskiy L. K., Shevchuk V. V., Myslivets D. G. Efficiency of complex NPK fertilizers obtained from conversion alkaline solution at potassium sulphate production. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 286-296 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-286-296

Для большинства сельскохозяйственных культур хлористый калий является приемлемой формой и наиболее дешевым концентрированным калийным удобрением. Известно, что на глинистых и легкосуглинистых почвах наблюдается сильно выраженная сорбция калия глинистыми минералами почв, что обуславливает слабое его передвижение и вымывание вниз по профилю, исключение составляют почвы легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные), из которых потери калия при вымывании значительные [1–8]. По данным лизиметрических исследований Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси, среднегодовые (1981–2015 гг.) потери калия (в пересчёте на K_2O) при вымывании из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых легкосуглинистых почв (развивающихся на мощных лессовидных суглинках, легкосуглинистых, подстилаемых моренными суглинками или песками), находились в пределах 6,7–12,7 кг/га; рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками – 32,5 кг/га и песчаных – 47,6 кг/га; хлора – 14,7–25,6, 25,3 и 26,4 кг/га соответственно [8].

Многие ученые считают, что большая часть хлора (Cl), поступающего с хлорсодержащими калийными удобрениями осенью, при промывном водном режиме вымывается из корнеобитаемого слоя почв. Однако установлено, что значительное количество хлора накапливается в почвенной толще, концентрируясь, как и нитраты, в слое 40–120 см [3, 4]. При длительном внесении в севооборотах хлористого калия ежегодно может наблюдаться отрицательное его влияние на продуктивность отдельных сельскохозяйственных культур (картофеля, гречихи, льна, кукурузы, озимых зерновых культур, табака, винограда, цитрусовых, чая, кофе, томатов, цветов).

В последнее десятилетие в связи с интенсификацией сельского хозяйства наблюдается повышение интереса к сульфату калия, что выражается в росте его производства. Из существующих методов получения сульфата калия (высокотемпературная конверсия хлористого калия серной кислотой, конверсия хлористого калия сульфатом натрия или аммония) в качестве основного нами рассмотрен метод низкотемпературной конверсии хлористого калия сульфатом аммония.

Конверсия хлористого калия сульфатом аммония описывается уравнением реакции, обобщающем процессы, происходящие в двухстадийном производственном цикле:

$$2KCl + (NH_4)_2SO_4 = K_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

Процесс получения сульфата калия включает в себя следующие стадии:

I – приготовление растворов хлористого калия и сульфата аммония с заданной массовой долей;

II – конверсия с получением двойной соли сульфата аммония и сульфата калия (I стадия);

III – конверсия с получением сульфата калия (II стадия);

IV – сушка сульфата калия;

V – складирование и хранение сырья и готового продукта.

При этом при производстве сульфата калия на 1 т целевого продукта образуется ≈4,2 конверсионных сбросовых щелоков, или ≈1,28 т NK-удобрения (в пересчете на сухое вещество). В табл. 1 представлен химический состав конверсионных сбросовых щелоков.

Таблица 1. **Химический состав конверсионных сбросовых щелоков, % масс.**

Table 1. **Chemical composition of conversion waste alkaline solution, % wt.**

Ионный состав						Солевой состав			
K^+	Na^+	NH_4^+	SO_4^{2-}	Cl^-	H_2O	K_2SO_4	NH_4Cl	KCl	$(NH_4)_2SO_4$
5,3	0,5	6,7	2,9	16,5	68,0	5,2	20,0	6,8	–

Для оценки перспектив реализации NK-удобрения, производимого из щелока, необходимо учитывать, что данное удобрение имеет неблагоприятный солевой состав. Сухой остаток сбросовых щелоков в основном представлен хлоридом аммония – низкокачественным азотным удобрением с высокой физиологической кислотностью и большим содержанием хлора.

Возможные потребители – владельцы насыщенных фосфором сельскохозяйственных земель в Европе. Кроме того, известно, что хлорид аммония используется при выращивании риса[1], это, безусловно, расширяет географию реализации таких удобрений (Вьетнам, Индия, Китай, Япония).

Поскольку перспектива продажи комплексного NK-удобрения на базе хлорида аммония пока недостаточно изучена, наиболее реальным вариантом является выпуск комплексных удобрений за счет расширения диапазона соотношения азота и калия путем корректировки состава введением дополнительных компонентов, в том числе и фосфорсодержащих (аммофоса), обеспечивающих хорошие физико-химические свойства [9].

Комплексные минеральные удобрения – это удобрения, которые содержат два или три элемента питания (азот, фосфор, калий). В их состав могут входить и другие элементы (сера, натрий, магний, микроэлементы). Преимущества комплексных удобрений перед односторонними: удобрения могут содержать более высокую концентрацию питательных веществ, что способствует лучшему обеспечению растений необходимыми элементами, снижаются затраты на перевозку, хранение и внесение (на 10–11 % тратится меньше средств), обеспечивается равномерность их внесения, повышается урожайность и качество продукции, отдача от удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур и отдача от 1 кг NPK в целом[2] [10–16].

Цель исследования – изучение агрохимической эффективности использования комплексного NPK-удобрения марки $N_{16}P_{10}K_{16}$, получаемого на основе конверсионных щелоков производства сульфата калия и аммофоса при возделывании овощных культур (моркови, капусты, лука) на дерново-подзолистых почвах.

Материалы и методы исследования. Объекты исследований: овощные культуры – морковь, капуста, лук, дерново-подзолистая рыхлосупесчаная почва. Предмет исследований – комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение марки $N_{16}P_{10}K_{16}$ с массовой долей питательных компонентов: N – 16±1 %; P_2O_5 – 10±1 %; K_2O – 16±1 %. Удобрение представляет собой порошок серого цвета.

Исследования по агрохимической эффективности удобрения проводили на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области (морковь, капуста, лук). Пахотный горизонт ($A_{пах}$) характеризовался следующими агрохимическими показателями:

---

[1] Городний, Н. М. Агрохимия : учеб. пособие. Киев : Выщ. шк., 1990. 288 с.

[2] Удобрения и их свойства / И. У. Марчук [и др.]. М. : ЕвроХим Агросеть, 2011. 350 с.; Комплексные удобрения : справ. пособие / под ред. В. Г. Минеева. 2-е изд. М. : Агропромиздат, 1986. 252 с.; Камасин С. М. Комплексные удобрения // Агрохимия : учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. 2-е изд., доп. и перераб. Минск, 2001. Гл. 10. С. 188–192; Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. 2-е изд., доп. и перераб. Минск : ИВЦ Минфина, 2007. 447 с.; Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры : рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск : [б. и.], 2011. 46 с.; Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии ; ред. В. В. Лапа. Минск : Белорус. наука, 2007. 390 с.

1) *в опыте с морковью*: содержание гумуса – 1,53 %, pH_{KCl} – 7,30, P_2O_5 (по Кирсанову) – 548 и K_2O – 344 мг/кг почвы, CaO – 1424 и MgO – 189 мг/кг почвы, бора – 0,65, меди – 1,60, цинка – 3,60, марганца – 1,6 мг/кг почвы;

2) *капустой*: содержание гумуса – 1,53 %, pH_{KCl} – 7,30, P_2O_5 (по Кирсанову) – 548 и K_2O – 320 мг/кг почвы, CaO – 1551 и MgO – 143 мг/кг почвы, серы – 11,90, бора – 0,73, меди – 3,70, цинка – 14,90, марганца – 2,0 мг/кг почвы;

3) *луком*: содержание гумуса – 1,32 %, pH_{KCl} – 6,80, P_2O_5 (по Кирсанову) – 560 и K_2O – 399 мг/кг почвы, CaO – 1882 и MgO – 167 мг/кг почвы, серы – 6,40, бора – 0,63, меди – 2,20, цинка – 4,50, марганца – 2,2 мг/кг почвы.

Важнейшим условием получения достоверных результатов при проведении полевых и производственных опытов является выполнение на всех повторениях в опытах всего объёма агротехнических работ. Все работы по обработке почвы, севу, уходу за посевами выполняли в оптимальные сроки (с учетом метеорологических условий 2017–2018 гг.) и в течение одного дня.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур в опытах – общепринятая для Республики Беларусь[3].

Уход за посевами (обработку посевов против сорняков, вредителей и болезней) проводили разрешенными препаратами, которые внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь»[4]:

1) *с морковью:* первая обработка гербицидом против сорняков Гезагард (1,0 л/га) + Рейсер (0,5 л/га) – до всходов, 05.05.2018 г.; вторая обработка гербицидом Гезагард (0,5 л/га) + Рейсер (0,3 л/га) – через 10 дней после первой обработки, 15.05.2018 г.; обработка Фюзилад Форте (0,75 л/га) – 21.06.2018 г.; поделяночный учет и уборка урожая с отбором образцов на определение показателей качества продукции – 23.08.2018 г.;

2) *с капустой*: обработка гербицидом Бутизан 400 (1,5 л/га) – 28.04.2018 г.; инсектицидом Актеллик (0,6 л/га) – 24.05.2018 г.; подкормка азотом N_{50} – 07.06.2018 г.; подкормка азотом N_{20}(КАС) – 23.06.2018 г.; обработка инсектицидом Актеллик (0,6 л/га) + Пирифолис (0,2 л/га) – 30.06.2018 г.;

3) *с луком*: обработка гербицидом Стомп профессионал (1,5 л/га) – 15.03.2018 г.; гербицидом ГОАЛ 2Е (0,3 л/га) – 24.05.2018 г.; фунгицидом Ридомил Голд МЦ (2,0 кг/га) – 28.06.2018 г.; фунгицидом Танос (0,6 кг/га) – 14.07.2018 г. и фунгицидом Дитан нео-тек (2,0 кг/га) – 22.07.2018 г.

Агрохимические испытания эффективности комплексного удобрения проводили согласно существующим методикам по закладке полевых опытов и Методическим указаниям по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь[5].

Почвенные образцы отбирали в полевых опытах из пахотного горизонта почвы; в них определяли изучаемые показатели следующими методами: гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–84); обменную кислотность (pH_{KCl}) – потенциометрический (ГОСТ 26483–85); содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26207–84); содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре (ГОСТ 280207–84); кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре; отбор проб – ГОСТ 26483–85.

---

[3] Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии ; ред. В. В. Лапа. Минск : Белорус. наука, 2007. 390 с.; Кукреш С. П. Месторождения калийных солей, способы получения, состав и свойства калийных удобрений // Агрохимия : учебник. 2-е изд., доп. и перераб. Минск, 2001. Гл. 7, § 4. С. 166–168; Современные технологии в овощеводстве / А. А. Аутко [и др.] / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства ; под ред. А. А. Аутко. Минск : Беларус. навука, 2012. 490 с.

[4] Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений ; сост.: А. В. Пискун [и др.]. Минск : [б. и.], 2017. 687 с.

[5] Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь : метод. указания / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук по земледелию, Ин-т почвоведения и агрохимии ; сост.: В. В. Лапа, М. В. Рак, С. А. Титова. Минск : [б. и.], 2008. 34 с.; Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1979. 416 с.

Отбор растительных образцов (основной и побочной продукции) и их анализ проводили согласно существующим ГОСТ и ОСТ: отбор проб – ГОСТ 18 691–83; определение азота, фосфора, калия, кальция, магния после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) общепринятыми методами: азот – ГОСТ 13 496.4–93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций – ГОСТ 26 570–95; магний – ГОСТ 30 502–97, на атомно-адсорбционном спектрофотометре; сухое вещество – весовым методом.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по формуле Г. Т. Селянинова: ГТК = $(\Sigma X \cdot 10)/\Sigma T$, где ΣX – сумма осадков за период; ΣT – сумма положительных температур воздуха за тот же период.

Температура воздуха, количество выпавших атмосферных осадков и ГТК (с апреля по сентябрь 2017 и 2018 гг.) в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Сумма положительных температур воздуха, количество атмосферных осадков и гидротермический коэффициент за период апрель–сентябрь, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 2. **Sum of positive air temperature, rainfall values and hydrothermal coefficient for the period of April-September, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017-2018**

Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За IV–IX месяцы
2017 г.							
Осадки, мм	66,1	27,3	96,5	113,6	59,7	75,8	439,0
T, °C	6,6	13,3	16,9	17,7	18,7	13,9	14,5
Сумма *T* > 5–10 °C	198,0	412,3	507,0	548,7	579,7	417	2662,7
ГТК	3,34	0,66	1,90	2,07	1,03	1,82	1,65
2018 г.							
Осадки, мм	44,6	14,9	46,0	202,9	38,3	56,3	403,0
T, °C	11,7	17,3	18,5	20,5	20,1	13,7	17,0
Сумма *T* > 10 °C	351,0	536,3	555,0	635,5	623,1	411	3111,9
ГТК	1,27	0,28	0,83	3,19	0,61	1,37	1,30
Среднемноголетнее							
Осадки, мм	40,0	70,0	78,0	92,0	67,0	62,0	409,0
T, °C	7,3	13,2	16,0	18,3	17,4	12,2	14,1
Сумма *T* > 5–10 °C	219,0	409,2	480,0	567,3	539,4	366,0	2580,9
ГТК	1,83	1,71	1,63	1,62	1,24	1,69	1,69

Анализ табл. 2 показал, что распределение осадков за вегетационный период 2017 г. было неравномерным: в апреле выпало 66,1 мм осадков, или 165,3 % от среднемноголетнего значения (40,0 мм), в июне, июле и сентябре количество атмосферных осадков также превышало среднемноголетние значения. Засушливые периоды вегетации в мае – 27,3 мм (39,0 % от нормы) и в августе – 59,7 мм (89,1 %) в большей степени отразились на формировании урожая капусты и в меньшей степени – на урожае моркови и лука. ГТК составил 1,65, что позволяет характеризовать вегетационный период возделывания овощных культур как влажный.

В условиях 2018 г. с апреля по сентябрь выпало 403 мм атмосферных осадков при среднемноголетней норме 409 мм. Однако засушливые погодные условия отмечались в мае (количество атмосферных осадков в 4,7 раза ниже среднемноголетних), в июне – в 1,7 раза, августе – в 1,8 раза, за исключением июля, когда количество атмосферных осадков выпало в 2,2 раза (202,9 мм) больше по сравнению со среднемноголетним значением (92 мм). Среднемесячная температура воздуха за период апрель–сентябрь (IV–IX) выше на 2,9 °C среднемноголетней, а сумма *T* > 10 °C – на 531 °C. ГТК изменялся по месяцам от 0,28 (май) до 3,19 (июль), а в среднем за апрель–сентябрь (IV–IX) составил 1,30 (оптимальный) при среднемноголетнем – 1,69 (см. табл. 2).

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel[6].

Результаты и их обсуждение. Эффективность применения азотно-фосфорно-калийного удобрения ($N_{16}P_{10}K_{16}$) при возделывании овощных культур в условиях 2017–2018 гг. приведена в табл. 3–9.

Урожайность корнеплодов моркови в условиях 2017 г. на контрольном варианте без удобрений составила 477 ц/га, в вариантах с удобрениями находилась на уровне 611–617 ц/га. При внесении азотно-фосфорно-калийного удобрения (марка 16-10-16) в дозе $N_{90}P_{56}K_{90}$ урожайность корнеплодов моркови была на уровне применения стандартных туков (эталон, вар. II) (табл. 3).

Таблица 3. **Урожайность корнеплодов моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 3. **Carrot root yield on sod-podzolic loose soil and sandy soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017–2018**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га	
	2017 г.	2018 г.**	среднее	к контролю	к эталону
I. Контроль – без удобрений	477	524	501	–	–
II. Эталон – $N_{90}P_{56}K_{90}$* (основное внесение)	613	710	662	161	
III. Испытуемое удобрение – $N_{90}P_{56}K_{90}$* (16-10-16), доза 1	611	715	663	162	1
IV. Испытуемое удобрение – $N_{100}P_{62}K_{100}$* (16-10-16), доза 2	617	693	655	154	–7
$НСР_{05}$	43,9	66,7	56,5	–	–

*Дозы удобрений под морковь в 2017 г.: эталон – $N_{90}P_{56}K_{90}$; испытуемые удобрения – $N_{90}P_{56}K_{90}$ и $N_{100}P_{62}K_{100}$.
**Дозы под морковь в 2018 г.: эталон – $N_{80}P_{50}K_{80}$; испытуемые удобрения – $N_{80}P_{50}K_{80}$ и $N_{90}P_{56}K_{90}$.

Качество корнеплодов моркови оценивали по содержанию сухого вещества, нитратов и растворимых сахаров. При внесении азотно-фосфорно-калийного комплексного удобрения (16-10-16) в эквивалентных дозах со стандартными туками содержание сухого вещества корнеплодов моркови находилось на уровне эталонного варианта. Аналогичная закономерность отмечалась и по содержанию растворимых сахаров и нитратов. Наблюдаемые незначительные различия в этих вариантах находились в пределах наименьшей существенной разницы (табл. 4).

Таблица 4. **Показатели качества корнеплодов моркови на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 4. **Qualitative indicators of carrot root on sod-podzolic friable sandy soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017-2018**

Вариант опыта	Сбор сухого вещества, ц/га			Содержание нитратов, мг/кг сырой массы			Содержание растворимых сахаров, °Brix		
	2017 г.	2018 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	среднее
I. Контроль – без удобрений	95,4	104,8	100,1	66	433	250	8,0	10,1	9,1
II. Эталон – $N_{90}P_{56}K_{90}$* (основное внесение)	122,6	142,0	132,3	107	463	285	8,5	9,9	9,2
III. Испытуемое удобрение – $N_{90}P_{56}K_{90}$* (16-10-16), доза 1	122,2	143,0	132,6	115	449	282	8,4	10,1	9,3
IV. Испытуемое удобрение – $N_{100}P_{62}K_{100}$* (16-10-16), доза 2	123,4	138,6	131,0	106	447	277	8,5	10,4	9,5
$НСР_{05}$	8,1	10,7	9,5	6,7	41,2	29,5	0,34	0,48	0,29

* Дозы удобрений под морковь в 2017 г.: эталон – $N_{90}P_{56}K_{90}$; испытуемые удобрения – $N_{90}P_{56}K_{90}$ и $N_{100}P_{62}K_{100}$.
** Дозы под морковь в 2018 г.: эталон – $N_{80}P_{50}K_{80}$; испытуемые удобрения – $N_{80}P_{50}K_{80}$ и $N_{90}P_{56}K_{90}$.

[6] Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1979. 416 с.

Следует отметить, что содержание сахара в корнеплодах моркови в годы исследований было высоким (8–14 % – высокое). Также выявлена тенденция повышения содержания сахара в корнеплодах при более высокой дозе внесения комплексного удобрения $N_{100}P_{56–62}K_{100}$ по сравнению с $N_{80–90}P_{50–56}K_{80–90}$.

Содержание нитратов в 2018 г. при уборке до 1 сентября было во всех вариантах опыта высоким и даже превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК). Согласно санитарно-гигиеническим нормативам и требованиям по продовольствию, ПДК по нитратам для корнеплодов моркови при ранних сроках уборки (август) – 400 мг/кг сырого вещества, при поздних сроках уборки (после 1 сентября) – 200 мг/кг сырого вещества. В 2017 г. их содержание было ниже ПДК.

Урожайность капусты поздней по вариантам в 2017 г. находилась в пределах 319–466 ц/га. Прибавка урожайности кочанов капусты в варианте с применением испытуемого удобрения азотно-фосфорно-калийного в разных дозах составила от 1 до 27 ц/га и была недостоверной ($НСР_{05}$ = 40,5 ц/га) по сравнению с эталоном. В 2018 г. при внесении испытуемого удобрения (16-10-16) в разных дозах урожайность кочанов капусты была ниже на 11–18 ц/га по сравнению с эталоном (табл. 5).

Таблица 5. **Урожайность капусты поздней на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 5. **Late cabbage yield on sod-podzolic loose sandy soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017-2018**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га	
	2017 г.	2018 г.**	среднее	к контролю	к эталону
I. Контроль (50 т/га органических удобрений) + $N_{19}P_{70}K_{130}$	319	628	474	–	–
II. Эталон – $N_{90}P_{70}K_{130}$* (стандартные туки в подкормку) + N_{20}	439	770	605	131	
III. Испытуемое удобрение* – $N_{90}P_{56}K_{90}$ (марка 16-10-16) + $P_{14}K_{40}$ (основное внесение, доза 1) + N_{20} (в подкормку)	440	759	600	126	–5
IV. Испытуемое удобрение* – $N_{110}P_{69}K_{110}$ (марка 16-10-16) + $P_{11}K_{40}$ (основное внесение, доза 2) + N_{40} (в подкормку)	466	752	609	135	4
$НСР_{05}$	40,5	48,5	31,6	–	–

*Дозы удобрений под капусту в 2017 г.

** Дозы под капусту в 2018 г.: $N_{80}P_{50}K_{80}$ (16-10-16) + $P_{20}K_{50}$ (основное внесение, доза 1) + N_{50+20} (в подкормку); $N_{100}P_{62}K_{100}$ (16-10-16) + $P_{18}K_{50}$ (основное внесение, доза 1) + N_{50+20} (в подкормку).

Таблица 6. **Содержание нитратов и сахаров в капусте поздней сорта Оклахома на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 6. **Nitrates and sugars level in cabbage of late variety Oklahoma on sod-podzolic loose soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017-2018**

Вариант опыта	Сбор сухого вещества, ц/га		Содержание сахара, ^{0}Brix		Содержание витамина С, 2018 г., мг/кг	Содержание нитратов, мг/кг сырого вещества	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.		2017 г.	2018 г.
I. Контроль (50 т/га органических удобрений) + $N_{19}P_{70}K_{130}$	63,8	58,4	6,2	8,0	35,0	609	251
II. Эталон – $N_{90}P_{70}K_{130}$* (стандартные удобрения в подкормку) + N_{20}	87,8	77,0	6,4	8,1	36,1	311	319
III. Испытуемое удобрение* – $N_{90}P_{56}K_{90}$ (марка 16-10-16) + $P_{14}K_{40}$ (основное внесение, доза 1) + N_{20} (в подкормку)	88,0	74,4	6,8	8,0	36,0	291	287
IV. Испытуемое удобрение* – $N_{110}P_{69}K_{110}$ (марка 16-10-16) + $P_{11}K_{40}$ (основное внесение, доза 2) + N_{40} (в подкормку)	93,2	72,9	6,9	8,7	36,2	262	296
$НСР_{05}$	6,20	5,17	0,39	0,51	2,23	12,9	28,2

Содержание нитратов в товарной продукции капусты поздней в контрольном варианте составило в 2017 г. 609 мг/кг сырой массы, в вариантах с удобрениями – от 262 до 311 мг/кг сырой массы, в 2018 г. – 251 и 287–319 мг/кг сырой массы соответственно. В вариантах с испытуемым удобрением азотно-фосфорно-калийным (марка 16-10-16) отмечалось как в 2017 г. снижение содержания нитратов (на 20–49 мг/кг сырой массы, или на 6,4–15,8 %), так и в 2018 г. (на 23–32 мг/кг, или 7,2–10,0 %) по сравнению с эталонным вариантом (стандартные туки). Следует также отметить, что во всех вариантах с внесением минеральных удобрений на фоне 50 т/га органических удобрений содержание нитратов не превышало ПДК (400 мг/кг сырой массы), за исключением органической системы удобрения (вар. I, 2017 г.) (табл. 6).

Качество кочанов капусты оценивали и по содержанию сухого вещества, сахара и витамина С. При эквивалентных дозах внесения стандартных удобрений (эталон) и испытуемого удобрения в разных дозах существенных различий по этим показателям не установлено.

Урожайность лука сорта Супра на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве за 2017–2018 гг. в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области учитывалась в 2017 г. в полевом опыте один раз (17.08.2017 г.), в 2018 г. – два раза, в фазу активного нарастания луковиц (24.07.2018 г.) и на момент уборки (23.08.2018 г.) (табл. 7).

Таблица 7. **Эффективность азотно-фосфорно-калийного удобрения (16-10-16) при возделывании лука в полевых опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017–2018 гг.**

Table 7. **Efficiency of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer (16-10-16) when cultivating onion in field experiments on sod-podzolic loosened soil at farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017-2018**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га, ± к эталону
	2017 г.		2018 г.		
	ц/га	± к эталону	24.07.2018 г.	23.08.2018 г.	
I. $N_{13}P_{50}K_{80}$ (фон)	295	–	68,7	192	–
II. Эталон $N_{80}P_{50}K_{80}$ (основное внесение) + N_{40} (в подкормку) – базовый вариант	368	–	80,2	233	–
III. Испытуемое удобрение – $N_{80}P_{50}K_{80}$ (16-10-16, доза 1) + N_{40} (в подкормку)	375	7	83,3	233	0
IV. Испытуемое удобрение – $N_{100}P_{62}K_{100}$ (16-10-16, доза 2) + N_{40} (в подкормку)	384	16	78,7	228	–5
$НСР_{05}$	28,2	–	5,9	23,9	–

На фоновом варианте ($N_{13}P_{50}K_{80}$) урожайность лука репчатого составила в 2017 г. 295 ц/га, в вариантах со стандартными удобрениями (эталон) и испытуемым удобрением – от 368 до 384 ц/га, в 2018 г. (на момент уборки) – 192 и 228–233 ц/га. В варианте с испытуемым азотно-фосфорно-калийным удобрением при эквивалентной дозе внесения со стандартными удобрениями в 2017 г. отмечена лишь тенденция повышения урожайности лука (7–16 ц/га) при $НСР_{05}$ = 28,2 ц/га. В 2018 г. эффективность стандартных и испытуемого удобрений находилась примерно на одном уровне.

Качество луковиц в 2017 г. оценивали по содержанию сухого вещества, растворимых веществ, сахаров, золы, клетчатки и нитратов (табл. 8). Установлено, что при внесении испытуемого азотно-фосфорно-калийного комплексного удобрения (марка 16-10-16) сбор сухого вещества в продукции лука по сравнению с эталоном увеличился на 5,8 ц/га, содержание сахаров повысилось на 0,4 %, снизилось содержание нитратов – на 10 мг/кг сырого вещества. Содержание золы и клетчатки в варианте с испытуемым удобрением и эталоном было в одинаковых пределах, а содержание растворимых сухих веществ снизилось на 0,7 %.

Качество лука в условиях 2018 г. оценивали по содержанию сахара, витамина С и нитратов. Достоверных различий в качестве лука в 2018 г. в вариантах с испытуемым удобрением и эталоном при двух учетах урожайности не выявлено. Однако следует отметить, что на момент уборки лука (23.08.2018 г.) содержание сахара увеличилось в 1,1–1,2 раза, в зависимости от варианта опыта, по сравнению с учетом урожайности лука (24.07.2018 г.), соответственно, снизилось содержание нитратов – в 1,1–1,4 раза, в зависимости от варианта опыта (табл. 9).

Таблица 8. **Показатели качества лука на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2017 гг.**

Table 8. **Onion qualitative indicators on sod-podzolic loose sandy soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2017**

Вариант опыта	Урожайность сухого вещества, ц/га	Содержание, %				Нитраты, мг/кг сырой массы
		растворимых сухих веществ	сахаров	золы	клетчатки	
I. $N_{13}P_{50}K_{80}$ (фон)	59,0	9,6	8,2	0,4	0,9	89,9
II. Эталон $N_{80}P_{50}K_{80}$ (основное внесение) + N_{40} (в подкормку) – базовый вариант	71,0	10,5	8,4	0,4	0,8	120,5
III. Испытуемое удобрение – $N_{80}P_{50}K_{80}$ (16-10-16, доза 1) + N_{40} (в подкормку)	76,8	9,8	8,8	0,4	0,8	110,5
$НСР_{05}$	5,6	0,60	0,43	0,025	0,042	8,0

Таблица 9. **Влияние азотно-фосфорно-калийного удобрения (16-10-16) на качество луковиц в полевом опыте на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, фермерское хозяйство «Горизонт», Мостовский район, Гродненская область, 2018 гг.**

Table 9. **Effect of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer (16-10-16) on quality of onion bulbs in the field experiment on sod-podzolic loose soil, farm Gorizont, Mosty district, Grodno region, 2018**

Вариант опыта	1-й учет (24.07.2018 г.)			2-й учет (23.09.2018 г.)		
	Сахар, ^{0}Brix	Витамин С, мг/кг	Нитраты, мг/кг сырого вещества	Сахар, ^{0}Brix	Витамин С, мг/кг	Нитраты, мг/кг сырого вещества
I. $N_{13}P_{50}K_{80}$ (фон)	11,1	11,7	209	12,9	Не определен	148
II. Эталон $N_{80}P_{50}K_{80}$ (основное внесение) + N_{40} (в подкормку) – базовый вариант	11,2	11,8	192	13,5	Не определен	174
III. Испытуемое удобрение – $N_{80}P_{50}K_{80}$ (16-10-16, доза 1) + N_{40} (в подкормку)	11,3	11,5	184	14,1	Не определен	153
IV. Испытуемое удобрение – $N_{100}P_{62}K_{100}$ (16-10-16, доза 2) + N_{40} (в подкормку)	12,4	12,1	202	14,0		168
$НСР_{05}$	0,84	1,40	18,2	1,04	–	15,9

Выводы

1. Разработано новое комплексное NPK-удобрение (марка 16-10-16) на основе конверсионных щелоков производства сульфата калия и аммофоса.

2. Определена агрохимическая эффективность комплексного NPK-удобрения при возделывании овощных культур (моркови, капусты, лука) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Исследована в полевых опытах эффективность комплексного удобрения марки 16-10-16 при внесении в эквивалентных дозах со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий – эталон) под морковь, лук и капусту. В среднем за два года урожайность овощных культур и качество продукции (содержание нитратов и растворимых сахаров) были на уровне эталона или несколько выше. Содержание золы и клетчатки в варианте с комплексным удобрением марки 16-10-16 и эталоном было в одинаковых пределах, а содержание растворимых сухих веществ снизилось на 0,7 %.

3. Комплексное NPK-удобрение марки 16-10-16, полученное на основе конверсионных щелоков производства сульфата калия и аммофоса, рекомендовано для государственной регистрации в Республике Беларусь для основного внесения в почву для предприятий агропромышленного комплекса и розничной продажи населению при возделывании овощных культур.

4. Использование безотходной технологии получения бесхлорных удобрений (сульфата калия) и утилизация жидких отходов (конверсионных щелоков производства сульфата калия) позволяет получить дополнительную продукцию (различных марок комплексных удобрений на их основе, в том числе и марки 16-10-16), что способствует увеличению выхода ценной растениеводческой продукции.

Список использованных источников

1. *Петербурский, А. В.* Формы калия в почве при многолетнем применении удобрений / А. В. Петербурский, Ф. В. Янишевский // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 1963. – № 6. – С. 113–124.

2. *Доспехов, Б. А.* Действие 63-летнего применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / Б. А. Доспехов // Доклады советских участников конгресса : VIII междунар. конгр. по минер. удобрениям / редкол.: А. М. Артюшин [и др.]. – М., 1976. – Ч. 1. – С. 207–215.

3. *Никитишен, В. И.* Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии / В. И. Никитишен ; Акад. наук СССР, Ин-т почвоведения и фотосинтеза ; отв. ред. А. В. Петербургский. – М. : Наука, 1984. – 214 с.

4. *Никитишен, В. И.* Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы / В. И. Никитишен ; Рос. акад. наук, Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения. – М. : Наука, 2002. – 257 с.

5. *Никитишен, В. И.* Питание растений и удобрение агроэкосистем в условиях ополий Центральной России / В. И. Никитишен ; Рос. акад. наук, Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения. – М. : Наука, 2012. – 484 с.

6. Экологические проблемы применения удобрений / В. Н. Кудеяров [и др.] ; Акад. наук СССР, Ин-т почвоведения и фотосинтеза ; отв. ред. В. А. Ковда. – М. : Наука, 1984. – 213 с.

7. *Булаткин, Г. А.* Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов / Г. А. Булаткин ; Науч. центр биол. исслед., Ин-т почвоведения и фотосинтеза. – Пущино : [б. и.], 1986. – 209 с.

8. *Пироговская, Г. В.* Поступление, потери элементов питания растений в системе «атмосферные осадки – почва – удобрение – растение» / Г. В. Пироговская ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Беларус. навука, 2018. – 227 с.

9. Физико-химические свойства карбамидсодержащих азотно-фосфорно-калийных удобрений, кондиционированных солями магния / К. Г. Горбовский [и др.] // Хим. технология. – 2014. – Т. 15, № 2. – С. 70–74.

10. Физико-химические свойства комплексных уравновешенных марок NPK-удобрений с использованием карбамида / К. Г. Горбовский [и др.] // Хим. пром-сть сегодня. – 2013. – № 6. – С. 12–19.

11. *Пироговская, Г. В.* Влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции / Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2. – С. 177–191.

12. *Коростылев, С. А.* Влияние новых марок сложных минеральных удобрений типа NPK 21:1:21, 17:1:28, 19:4:19, 20:4:20, выпускаемых ОАО «Невынномысский Азот», на урожайность зеленой массы кукурузы на силос на черноземе выщелоченном / С. А. Коростылев, Н. В. Громова, Ю. И. Гречишкина // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : 77-я ежегод. науч.-практ. конф., Ставрополь, 23–25 апр. 2013 г. / Ставроп. гос. аграр. ун-т. – Ставрополь, 2013. – С. 54–57.

13. О преимуществах и эффективности применения комплексного минерального удобрения NPK = 14–14–23 / Н. И. Аканова [и др.] // Нива Поволжья. – 2017. – № 4 (45). – С. 2–10.

14. Эффективность микроэлементных удобрений в условиях Курской области / В. И. Лазарев [и др.] ; Кур. гос. с.-х. акад. им. И. И. Иванова ; под ред. В. И. Лазарева. – Курск : Кур. гос. с.-х. акад., 2013. – 139 с.

15. *Пироговская, Г.* Экономическая эффективность применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками в технологии возделывания моркови / Г. Пироговская, Д. Мысливец // Аграр. экономика. – 2013. – № 11. – С. 40–48.

16. Разработка, производство и применение комплексных удобрений в сельском хозяйстве Республики Беларусь / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 87–107.

References

1. Peterburskii A. V., Yanishevskii F. V. Forms of potassium in soil under the conditions of a long-term fertilizer application. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy], 1963, no. 6, pp. 113–124 (in Russian).

2. Dospekhov B. A. The action of the 63-year application of fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil. *Doklady sovetskikh uchastnikov kongressa: VIII mezhdunarodnyi kongress po mineral'nym udobreniyam* [Reports of the Soviet Congress Participants: the VIII International congress on mineral fertilizers]. Moscow, 1976, pt. 1, pp. 207–215 (in Russian).

3. Nikitishen V. I. *Agrochemical bases for the effective use of fertilizers in intensive agriculture*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 214 p. (in Russian).

4. Nikitishen V. I. *Soil fertility and sustainable functioning of agro-ecosystem*. Moscow, Nauka Publ., 2002. 257 p. (in Russian).

5. Nikitishen V. I. *Plant nutrition and fertilizing of agro-ecosystems in the conditions of high plains of Central Russia*. Moscow, Nauka Publ., 2012. 484 p. (in Russian).

6. Kudeyarov V. N., Bashkin V. N., Kudeyarova A. Yu., Bochkarev A. N. *Ecological problems of fertilizer application*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 213 p. (in Russian).

7. Bulatkin G. A. *Ecological and energy aspects of the productivity of agrocenoses*. Pushchino, 1986. 209 p. (in Russian).

8. Pirogovskaya G. V. *Applying, loss of plant nutrients in the system "precipitation - soil - fertilizer - plant"*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2018. 227 p. (in Russian).

9. Gorbovskii K. G., Norov A. M., Malyavin A. S., Mikhailichenko A. I. Physical and chemical properties of urea-containing nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers conditioned with magnesium salts. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2014, vol. 15, no. 2, pp. 70–74 (in Russian).

10. Gorbovskii K. G., Norov A. M., Malyavin A. S., Mikhailichenko A. I. Physical and chemical properties of complex balanced brands of NPK-fertilizers using urea. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya = Chemical Industry Today*, 2013, no. 6, pp. 12–19 (in Russian).

11. Pirogovskaya G. V. The effect of mineral fertilizers with the addition of trace elements and plant growth regulators on the yield and quality of agricultural products. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2013, no. 2, pp. 177–191 (in Russian).

12. Korostylev S. A., Gromova N. V., Grechishkina Yu. I. The impact of new brands of complex mineral fertilizers like NPK 21:1:21, 17:1:28, 19:4:19, 20:4:20, produced by "Nevynomyssky Azot", on the yield of green mass of corn for silage on leached chernozem. *Sovremennye resursosberegayushchie innovatsionnye tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Severo-Kavkazskom federal'nom okruge: 77-ya ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Stavropol', 23–25 aprelya 2013 g.* [Modern resource-saving innovative technologies of cultivation of agricultural crops in the Northern Caucasus federal area: the 77th annual scientific and practical conference, Stavropol, April 23–25, 2013]. Stavropol, 2013, pp. 54–57 (in Russian).

13. Akanova N. I., Sychev V. G., Vizirskaya M. M., Andreev A. A. On the benefits and effectiveness of using complex mineral fertilizer NPK=14-14-23. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2017, no. 4 (45), pp. 2–10 (in Russian).

14. Lazarev V. I., Aidiev A. Ya., Zolotareva I. A., Stifeev A. I., Shershneva O. M. *The efficiency of micronutrient fertilizers in the conditions of the Kursk region*. Kursk, Kursk State Agricultural Academy, 2013. 139 p. (in Russian).

15. Pirogovskaya G., Myslivets D. The economic efficiency of use of complex fertilizers with modifying additives in the technology of cultivation of carrots. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2013, no. 11, pp. 40–48 (in Russian).

16. Pirogovskaya G. V., Lapa V. V., Chernyakov D. V., Ermakovich N. N. Development, production and use of complex fertilizers in the agricultural sector of the Republic of Belarus. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 87–107 (in Russian).

Информация об авторах

Прушак Виктор Яковлевич – доктор технических наук, профессор, директор, Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством (ул. Козлова, 69, 223710, Солигорск, Республика Беларусь). E-mail: ipr@sipr.by.

Пироговская Галина Владимировна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лабораторией новых форм удобрений и мелиорантов, Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Казинца, 90, 220108, Минск, Республика Беларусь). E-mail: brissa_pir@mail.ru.

Лапа Виталий Витальевич – академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Казинца, 90, 220108, Минск, Республика Беларусь). E-mail: brissagro@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7036-0568

Островский Леонид Кайтанович – кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией комплексных удобрений, Институт общей и неорганической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, д. 9, кор. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ostrov@igic.bas-net.by.

Шевчук Вячеслав Владимирович – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, доцент, зав. отделом минеральных удобрений, Институт общей и неорганической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, д. 9, кор. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Shevchukslava@rambler.ru.

Мысливец Дмитрий Генрихович – кандидат сельскохозяйственных наук, главный агроном, фермерское хозяйство «Горизонт» (ул. Советская, 142, 231605, Мосты, Гродненская область, Республика Беларусь). E-mail: horizontmosty@mail.ru

Information about the authors

Prushak Viktor Ya. - D.Sc. (Engineering), Professor. Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production (69 Kozlova Str., 223710 Soligorsk, Republic of Belarus). E-mail: ipr@sipr.by.

Pirahouskaya Halina V. - D.Sc. (Agriculture), Professor. The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (90 Kazintsa Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: brissa_pir@mail.ru.

Lapa Vitaliy V. - Academician of NAS of Belarus, D.Sc. (Agriculture), Professor. The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (90 Kazintsa Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: brissagro@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7036-0568

Ostrovskiy Leonid K. - Ph.D. (Engineering), Assistant Professor. The Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus (9/1 Surganova Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ostrov@igic.bas-net.by.

Shevchuk Vyacheslav V. - Corresponding Member of NAS of Belarus, D.Sc. (Chemistry), Assistant Professor. The Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1 Surganova Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Shevchukslava@rambler.ru.

Myslivets Dmitry G. - Ph.D. (Agriculture). Farm "Gorizont" (142 Sovetskaya Str., 231605 Mosty, Grodno region, Republic of Belarus). E-mail: horizontmosty@mail.ru.

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)
УДК [633.16:631.8]:[581.132.044+631.559]
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307

Поступила в редакцию 19.03.2019
Received 19.03.2019

И. Р. Вильдфлуш[1], А. Р. Цыганов[2], Н. В. Барбасов[1]

[1]Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь,
[2]Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ЯЧМЕНЯ КОРМОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: Актуальной проблемой во многих странах мира является разработка новых форм комплексных удобрений, которые по сравнению с применением простых удобрений обеспечивают сбалансированное соотношение элементов питания под культуры, повышают экономическую эффективность за счет сокращения затрат на внесение. В статье приведены данные по влиянию нового комплексного удобрения с микроэлементами для основного внесения в почву, микроудобрений (Адоб Медь, комплексных удобрений для некорневых подкормок (Нутривант плюс, Кристаллон), регуляторов роста растений (Экосил и Фитовиталл), микроудобрений с регуляторами роста растений (Элегум-Медь, МикроСтим-Медь Л) на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество ячменя кормового назначения. Предложены перспективные варианты системы удобрения с использованием комплекса агротехнических приемов в технологии возделывания сортов ячменя кормового назначения. Установлено влияние разных перспективных удобрений, микроудобрений, регуляторов роста растений (как отечественных, так и зарубежных) на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна ячменя кормового назначения. Выявлено комплексное воздействие изучаемых препаратов на урожайность и качество зерна. Совершенствование на основе разработки эффективных ресурсосберегающих систем земледелия и экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции будет способствовать формированию эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия. **Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Сохранение и повышение плодородия почв».

Ключевые слова: ячмень, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, удобрения, регуляторы роста растений, фотосинтез, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал листовой поверхности, урожайность, качество зерна

Для цитирования: Вильдфлуш, И. Р. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна сортов ячменя кормового назначения / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Н. В. Барбасов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 297–307. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307

I. R. Wildflush[1], A. R. Tsyganov[2], N. V. Barbasov[1]

[1]Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus,
[2]Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

EFFECT OF NEW FORMS OF FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITIES OF CROPS, YIELD AND BARLEY GRAIN QUALITY OF FEED PURPOSE VARIETIES

Abstract: Development of new forms of complex fertilizers is a sore issue in many countries of the world. Compared with simple fertilizers, these forms provide a balanced ratio of nutrients for crops, increase economic efficiency due to reduction of application cost. The paper presents data on effect of new complex fertilizer with trace elements for main application in soil, micronutrients (Adobe Copper, complex fertilizers for foliar application (Nutrivant plus, Crystallon), plant growth regulators (Ecosil and Fitovitall), micronutrients with plant growth regulators (Elegum-Copper, MicroStim-Copper L) on the photosynthetic activity of crops, yield and quality of feed purpose barley. Promising variants of fertilizing system using set of agrotechnical techniques in technology of feed purpose barley varieties cultivation are proposed. Effect of various prospective fertilizers, micronutrients, plant growth regulators (both domestic and foreign) on photosynthetic activity of crops, yield and grain quality of feed purpose barley has been determined. Complex effect of the studied preparations on yield and grain quality was determined. Improvement of crop products based on development of efficient resource-saving farming systems and environ-

© Вильдфлуш И. Р., Цыганов А. Р., Барбасов Н. В., 2019

mentally friendly technologies for production will contribute to formation of efficient and competitive agroindustrial production, ensuring the country's food security and entry into world food markets. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the state program of scientific research "Quality and Efficiency of Agroindustrial Production for 2016–2020".

Keywords: barley, sod-podzolic light loamy soil, fertilizers, plant growth regulators, photosynthesis, leaf surface area, photosynthetic potential of leaf surface, yield, grain quality

For citation: Wildflush I.R., Tsyganov A.R., Barbasov N. V. Effect of new forms of fertilizers and growth regulators on photosynthetic activities of crops, yield and barley grain quality of feed purpose varieties. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 297-307 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-297-307

Формирование эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия, требует совершенствования на основе разработки эффективных ресурсосберегающих систем земледелия и экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции.

В настоящее время большое внимание уделяется применению комплексных удобрений. В развитых странах более 60 % удобрений приходится на комплексные[1]. Основное преимущество комплексных удобрений по сравнению с простыми заключается в обеспечении сбалансированного соотношения элементов питания, сокращении времени и затрат на внесение, более равномерном распределении их по полю, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и экономической эффективности удобрений [1–3][2]. В последние годы во многих странах мира получен широкий спектр новых форм комплексных удобрений, в состав которых вводятся различные модифицирующие добавки (микроэлементы, регуляторы роста и другие) [4].

Существенное влияние на рост и развитие растений, величину и качество урожая оказывают микроэлементы. Они улучшают обмен веществ в растениях, содействуют нормальному течению физиологических и биохимических процессов [5, 6][3]. Наиболее доступной формой для растений являются микроудобрения в хелатной или органо-минеральной форме[4]. Они более технологичны в применении и обладают биологической активностью, поэтому быстрее включаются в физиологические процессы в растениях [7, 8]. Разработаны также марки жидких микроудобрений с биостимуляторами (МикроСтим, ЭлеГум и др.), содержащие хелаты металлоэлементов и регуляторы роста растений. Использование регуляторов роста природного происхождения в таких удобрениях имеет большое значение, поскольку они легко включаются в метаболизм растений и повышают их продуктивность [9]. Применение микроудобрений с регуляторами роста позволяет за один прием внести микроэлементы и регуляторы роста и снизить затраты на применение средств химизации.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений [8, 10, 11]. В настоящее время ставится задача в любых погодных условиях получить устойчивые урожаи. Регуляторы роста растений повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: высокие и низкие температуры, поражаемость болезнями и вредителями [8, 12–16]. Это дает возможность получать более стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

---

[1] Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры : рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск : [б. и.], 2011. 48 с.

[2] Удобрения и их использование : справочник / И. У. Марчук [и др.] ; под общ. ред. И. У. Марчук. М., 2011. 350 с.; Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / сост.: А. В. Пискун [и др.]. Минск : Промкомплекс, 2017. 688 с.; Комплексные удобрения : справ. пособие / В. Г. Минеев [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Минеева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 252 с.

[3] Анспок П. И. Микроудобрения : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Агропромиздат, 1990. 272 с. ; Цыганов А. Р., Персикова Т. Ф., Реуцкая С. Ф. Микроэлементы и микроудобрения : учеб. пособие для с.-х. вузов. Минск : [б. и.], 1998. – 122 с.

[4] Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры : рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск : [б. и.], 2010. 40 с. ; Информационный меморандум ЗАО «УКРАГРО НПК» [Электронный ресурс] // УКРАГРО НПК. Режим доступа: http://urozhai.ua/. Дата доступа: 10.09.2010; Worldwide congress of fertilizer and pesticide producers (SCIF-2018), May 15–19, 2018 : presentations abstracts of the congress / Rustavi Azot [et al.]. Rustavi, 2018. 68 p.

Ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура. Зерно ячменя содержит 10–12 % сырого протеина, 2,3–2,5 % жира, 2,5 – 2,8 % золы, 75–80 % безазотистых экстрактивных веществ. В белке зерна ячменя содержится весь набор незаменимых аминокислот, включая особо дефицитные – лизин и триптофан. Из зерна ячменя производят перловую и ячневую крупы, солодовые экстракты и другие пищевые продукты [17]. Зерно ячменя является незаменимым сырьем для производства пива. Основная масса производимого зерна ячменя (около 70 %) в Беларуси расходуется на нужды животноводства[5]. За последние пять лет площади ярового ячменя составили 580 тыс. га при урожайности зерна 34 ц/га[6].

Основной задачей в системе удобрения при возделывании ячменя на фуражные цели является повышение урожайности и содержания белка в зерне [18].

Цель исследования – установить влияние новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений, регуляторов роста, комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество сортов ячменя кормового назначения разных сроков созревания.

Объекты и методы исследований. Опыты с сортами ярового ячменя раннеспелого (Батька) и среднепозднего (Якуб) проводили в 2015–2017 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Почва опытного участка характеризовалась следующими показателями: средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,20 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и калием (200–208 мг/кг), средним содержанием подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислой реакцией (pH_{KCl} 5,73–5,96).

Общая площадь делянки – 21 м^2, учетная – 16,5 м^2, повторность – четырехкратная. Норма высева семян ярового ячменя составила 5,5 млн всхожих семян на гектар. Протравливание семян ячменя проводили препаратом Кинто-Дуо, 2,5 л/т семян.

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения (карбамид, аммофос, хлористый калий) и комплексное удобрение марки N : P : K (16 : 11 : 20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn), разработанное в Институте почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси.

В качестве некорневых подкормок по вегетации ячменя применяли следующие удобрения.

Адоб Медь (Польша) – жидкий концентрат удобрения (медь в хелатной форме – 6,43 %, азот – 9 % и магний – 3 %). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 0,8 л/га.

МикроСтим-Медь Л (Беларусь) – комплексное микроудобрение с регулятором роста растений (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,60–5,0 мг/л). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 1 л/га.

Нутривант плюс зерновой (Израиль) – водорастворимое комплексное удобрение, содержит: N (6 %), P_2O_5 (23 %), K_2O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %) и фертивант (прилипатель). Применяли в фазы кущения и выхода в трубку, по 2 кг/га.

Кристалон особый (Нидерланды) – удобрение содержит: N (18 %), P_2O_5 (18 %), K_2O (18 %), MgO (3 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (5,0 %). Применяли в фазе кущения, 2 кг/га.

Кристалон коричневый (Нидерланды) – удобрение содержит: N (3 %), P_2O_5 (18 %), K_2O (38 %), MgO (4 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (27,5 %). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 2 кг/га.

ЭлеГум-Медь (Беларусь, ОАО «Зеленоборское») – гуминовое микроудобрение, содержит гуминовые вещества (10 г/л) и медь (50 г/л). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 1 л/га.

Экосил (Беларусь, УП «БелУниверсалПродукт») – регулятор роста и индикатор иммунитета растений, д. в. – сумма тритерпеновых кислот. Препаративная форма – 5%-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот, тягучая жидкость темно-зеленого цвета, негорючая, невзрывоопасная, нетоксичная для человека и животных. Применяли в фазе начала выхода в трубку, 75 мл/га.

[5] Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.] ; под ред.: И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. Горки : БГСХА, 2016. 383 с.

[6] Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.belstst.gov.by/. Дата доступа: 01.04.2018 г.

Фитовитал (Беларусь) – регулятор роста, водорастворимый концентрат (д.в.: янтарная кислота, 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс микроэлементов – Mg, Cu, Fe, Zn, B, Mn, Mo, Co, Li, Br, Al, Ni). Применяли в фазе начала выхода в трубку, 0,6 л/га.

Подкормку ячменя проводили карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

Химпрополку посевов ячменя проводили гербицидом Агроксон, 0,8 л/га, в фазу кущения. В фазе выхода в трубку – фунгицидную обработку препаратом Прозаро, 0,8 л/га, и инсектицидную обработку препаратом Биская, 0,3 л/га; в фазе начала выхода в трубку – обработка посевов ретардантом Терпал Ц, 1,5 л/га.

Результаты и их обсуждение. Применение удобрений способствовало значительному увеличению нарастания листовой поверхности посевов ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. внесение $N_{90}P_{60}K_{90}$ (фон 1) способствовало увеличению листовой поверхности по сравнению с контролем в фазе молочно-восковой спелости у сортов Батька и Якуб – на 20,5 и 27,7 тыс. м^2/га соответственно, а $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – на 41,7 тыс. м^2/га (табл. 1).

В фазе молочно-восковой спелости ячменя применение комплексных удобрений Нутривант плюс и Кристалона на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало площадь листовой поверхности раннеспелого сорта ячменя Батька на 6,4 тыс. м^2/га и не способствовало увеличению данного показателя у среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Микроудобрение Адоб Медь обеспечивало прирост листовой поверхности по сравнению с фоном: у сорта Батька – на 3,9 тыс. м^2/га, у сорта Якуб – на 3,3 тыс. м^2/га. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn 0,10 %) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличило площадь листовой поверхности у растений раннеспелого сорта ячменя Батька на 4,5 тыс. м^2/га и не способствовало нарастанию площади листовой поверхности у растений среднепозднего сорта ячменя Якуб.

Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал повышала площадь листовой поверхности по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$: у сорта Батька – на 4,2 и 8,9 тыс. м^2/га, у сорта Якуб – на 1,8 и 1,3 тыс. м^2/га соответственно.

Таблица 1. **Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения в среднем за три года исследований, тыс. м^2/га**

Table 1. **Dynamics of leaf surface area growth of barley plants depending on the applied fertilizer systems on average for three years of research, thousand m^2/ha**

Вариант опыта	Фаза развития							
	кущение		выход в трубку		колошение		молочно-восковая спелость	
	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб
Без удобрений	6,0	5,8	13,4	18,6	36,2	37,2	37,3	38,3
$N_{60}P_{60}K_{90}$	7,8	8,5	20,0	26,1	46,9	46,2	47,9	47,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	10,7	10,3	24,1	32,0	53,6	56,5	57,8	66,0
$N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – Фон 2	13,3	12,7	32,1	40,3	68,8	73,2	79,0	80,0
Фон 1 + Адоб Медь	11,2	11,6	25,7	35,8	59,4	58,6	61,7	69,3
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	12,0	11,4	26,0	34,1	60,4	57,8	64,2	66,6
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,6	11,7	27,5	34,4	60,6	60,2	64,2	67,7
Фон 1 + Экосил	11,2	12,1	28,6	34,5	57,0	60,0	62,0	67,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,7	11,4	26,7	33,8	59,8	61,3	62,3	66,6
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,4	12,8	29,9	35,6	61,9	65,0	68,3	72,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,6	11,2	28,5	36,6	62,2	66,2	67,9	70,7
Фон 1 + Фитовитал	12,0	11,2	26,4	34,0	59,2	62,5	66,7	67,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	14,8	16,7	37,4	45,7	68,9	82,8	86,4	89,0
$НСР_{05}$	0,3	0,18	0,6	0,4	0,9	0,4	1,1	0,5

Некорневые подкормки ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивали площадь листовой поверхности раннеспелого сорта ячменя Батька на 10,5 и 10,1 тыс. м²/га, у среднепозднего сорта ячменя Якуб – на 6,3 и 4,7 тыс. м²/га соответственно.

Наибольшая площадь листовой поверхности у сорта Батька (86,4 тыс. м²/га) и у сорта Якуб (89,0 тыс. м²/га) в среднем за три года исследований в фазе молочно-восковой спелости наблюдалась в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, что и обеспечивало более высокую урожайность зерна в этом варианте.

В среднем за три года от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости при внесении $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сортов Батька и Якуб увеличился на 0,28 и 0,38 млн м²сут/га, а при $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ – на 0,57 и 0,48 млн м²сут/га по каждому сорту соответственно (табл. 2).

Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовал возрастанию фотосинтетического потенциала у раннеспелого сорта ячменя Батька на 0,13–0,36 млн м²сут/га, у среднепозднего сорта ячменя Якуб – на 0,04–0,30 млн м²сут/га в межфазный период кущение – молочно-восковая спелость.

Новое комплексное удобрение для основного внесения (NPK с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало по сравнению с ними данный показатель в 2015–2017 гг. на 0,05–0,09 млн м²сут/га у сорта Батька, у сорта Якуб ФПЛ возрастал на 0,03–0,07 млн м²сут/га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Применение Нутривант плюс и Кристалона в некорневую подкормку по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало фотосинтетический потенциал листовой поверхности у сорта Батька в среднем за три года на 0,05–0,10 и 0,06–0,11 млн м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,03–0,10 и 0,05–0,13 млн м²сут/га соответственно в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Обработка посевов ячменя сорта Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2015–2017 гг. увеличивала фотосинтетический потенциал на 0,05–0,06 и на 0,05–0,12 млн м²сут/га, у сорта Якуб – на 0,05–0,10 и 0,04–0,16 млн м²сут/га соответственно в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость. Некорневая подкормка

Таблица 2. **Влияние удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал листовой поверхности ячменя, 2015–2017 гг., млн м²сут /га**

Table 2. **Effect of fertilizers and growth regulators on photosynthetic potential of barley leaf surface in 2015-2017**

Вариант опыта	Фаза развития					
	кущение – выход в трубку		выход в трубку – колошение		колошение – молочно-восковая спелость	
	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб	Сорт Батька	Сорт Якуб
Без удобрений	0,17	0,16	0,35	0,35	0,55	0,54
$N_{60}P_{60}K_{90}$	0,23	0,24	0,46	0,50	0,71	0,76
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	0,29	0,30	0,55	0,56	0,83	0,92
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	0,36	0,40	0,71	0,72	1,12	1,20
Фон 1 + Адоб Медь	0,30	0,34	0,60	0,62	0,91	0,96
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	0,31	0,33	0,60	0,64	0,93	1,02
Фон 1+ Кристалон (2 обработки)	0,32	0,35	0,61	0,65	0,94	1,05
Фон 1 + Экосил	0,32	0,35	0,60	0,63	0,89	1,02
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	0,32	0,33	0,60	0,61	0,92	0,99
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	0,34	0,36	0,64	0,69	0,97	1,13
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	0,32	0,35	0,62	0,78	0,98	1,20
Фон 1 + Фитовитал	0,33	0,34	0,60	0,72	0,95	1,04
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,42	0,46	0,79	0,89	1,24	1,41
$НСР_{05}$	0,02	0,01	0,04	0,011	0,05	0,014

ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовала возрастанию фотосинтетического потенциала посевов раннеспелого сорта ячменя Батька на 0,09–0,14 млн м^{2}сут/га и среднепозднего сорта Якуб – на 0,06–0,21 млн м^{2}сут/га соответственно. Применение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года увеличивало ФПЛ у сорта Батька на 0,07–0,15 тыс. м^2/га и у сорта Якуб – на 0,05 и 0,28 млн м^{2}сут/га в межфазный период выход в трубку – молочно-восковая спелость.

Наибольший ФПЛ у раннеспелого сорта ячменя Батька (0,42–1,24 млн м^{2}сут/га) и среднепозднего сорта Якуб (0,46–1,41 млн м^{2}сут/га) от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости отмечен в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40\,карб}$. В этом варианте опыта отмечена и более высокая урожайность зерна ячменя.

При обработке посевов ярового ячменя на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л в фазу начала выхода в трубку в 2015–2017 гг. повышалась урожайность зерна раннеспелого сорта Батька на 6,0 и 6,9 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,4 и 14,8 кг, у среднепозднего сорта Якуб урожайность зерна в этих же вариантах повышалась на 4,3 и 8,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,8 и 16,7 кг. При повышенных дозах минеральных удобрений ($N_{80+40}P_{70}K_{120}$) применение МикроСтим-Медь Л повышало урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька и среднепозднего сорта Якуб на 7,5 и 7,8 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 13,9 и 15,1 кг по каждому сорту соответственно (табл. 3).

Некорневая подкормка водорастворимым комплексным удобрением Кристалон (2 обработки) по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличила урожайность зерна раннеспелого сорта Батька на 5,6 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 14,3 кг; у среднепозднего сорта ячменя Якуб прибавка к фону составила 5,8 ц/га соответственно при окупаемости 1 NPK кг зерна 15,5 кг (табл. 3).

Нутривант Плюс зерновой на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовал повышению урожайности зерна среднепозднего сорта Якуб и раннеспелого сорта Батька на 4,2 и 4,3 ц/га соответственно.

Установлено, что отечественные микроудобрения ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ по действию на урожайность зерна ячменя сортов Батька и Якуб не уступали или превосходили польское удобрение Адоб Медь, т.е. их можно использовать для импортозамещения.

Обработка посевов ярового ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька на 4,7 и 5,6 ц/га, а среднепозднего сорта Якуб – на 4,2 и 5,2 ц/га (табл. 3).

Применение нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур с Cu и Mn увеличивало урожайность зерна раннеспелого ячменя сорта Батька на 6,3 ц/га, а среднепозднего сорта Якуб – на 5,7 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) применяли карбамид, аммофос и хлористый калий. Некорневая подкормка микроудобрением ЭлеГум-Медь в фазу начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна раннеспелого сорта ячменя Батька на 9,0 ц/га и среднепозднего сорта Якуб на 9,7 ц/га при окупаемости 1 NPK кг зерна 15,7 и 17,1 кг соответственно. По действию удобрение ЭлеГум-Медь было на уровне МикроСтим-Медь Л (табл. 3).

По вариантам опыта урожайность среднепозднего сорта ячменя Якуб была несколько выше, чем у раннеспелого сорта Батька. Максимальная урожайность зерна сортов Батька и Якуб отмечена в варианте $N_{80+40}P_{70}K_{120}$ в сочетании с обработкой посевов МикроСтим-Медь Л – 70,0 и 72,5 ц/га соответственно (табл. 3).

Одним из важнейших показателей качества зерна ячменя является содержание сырого протеина. Этот показатель увеличивался с возрастанием доз вносимых азотных удобрений. Так, в 2015–2017 гг. в варианте без внесения удобрений содержание сырого протеина составило у раннеспелого сорта Батька 9,6 %, у среднепозднего сорта Якуб – 9,4 %. Выход сырого протеина в этих вариантах опыта составил у сорта Батька – 2,2 ц/га, а у сорта Якуб – 2,1 ц/га (табл. 4). В среднем за три года в вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений у раннеспелого сорта Батька и среднепозднего сорта Якуб содержание сырого протеина возрос-

Таблица 3. **Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна сортов ячменя Батька и Якуб, 2015–2017 гг.**

Table 3. **Effect of macro-, microfertilizers and growth regulators on grain yield of early maturing varieties of barley Bat'ka and Yakub, 2015-2017**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя		Фон 1	Фон 2	
Сорт Батька								
Без удобрений	28,1	28,2	24,0	26,8	–	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{90}$	37,7	50,1	51,3	46,4	19,6	–	–	9,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	48,5	57,4	60,5	55,5	28,7	–	–	11,9
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	50,7	65,1	70,7	62,2	35,4	–	–	11,4
Фон 1 + Адоб Медь	55,4	60,8	68,2	61,5	34,7	6,0	–	14,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	52,7	60,5	66,2	59,8	33,0	4,3	–	13,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	54,9	61,1	67,2	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 1+ Экосил	53,2	61,6	65,8	60,2	33,4	4,7	–	13,9
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	58,1	61,0	66,2	61,8	35,0	6,3	–	14,6
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	61,8	63,2	68,6	64,5	37,7	9,0	–	15,7
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	53,8	64,5	69,0	62,4	35,6	6,9	–	14,8
Фон 1 + Фитовитал	57,9	60,0	65,5	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	60,9	71,5	77,5	70,0	43,2	–	7,8	13,9
$НСР_{05}$	1,5	3,4	1,5	1,3	–	–	–	–
Сорт Якуб								
Без удобрений	22,2	29,6	25,2	25,7	–	–	–	–
$N_{60}P_{60}K_{90}$	37,8	57,5	52,8	49,4	23,7	–	–	11,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	47,4	62,2	61,3	57,0	31,3	–	–	13,0
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	54,2	69,1	71,9	65,1	39,4	–	–	12,7
Фон 1 + Адоб Медь	52,4	66,6	65,0	61,3	35,6	4,3	–	14,8
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	55,0	66,4	62,3	61,2	35,5	4,2	–	14,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	55,1	67,5	65,8	62,8	37,1	5,8	–	15,5
Фон 1 + Экосил	54,1	65,1	64,4	61,2	35,5	4,2	–	14,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	56,1	65,4	66,5	62,7	37,0	5,7	–	15,4
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	60,3	70,4	69,4	66,7	41,0	9,7	–	17,1
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	57,9	69,1	70,5	65,8	40,1	8,8	–	16,7
Фон 1 + Фитовитал	55,9	64,5	66,2	62,2	36,5	5,2	–	15,2
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	63,5	75,7	78,4	72,5	46,8	–	7,5	15,1
$НСР_{05}$	2,1	4,2	1,6	1,5	–	–	–	–

ло на 0,6 и 1,0 % и на 0,9 и 1,9 %, выход сырого протеина – на 1,9 и 2,9 ц/га и на 2,4 и 3,4 ц/га соответственно. В варианте с использованием повышенных доз удобрений ($N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\ карб}$) в подкормку содержание сырого протеина по сравнению с вариантом без удобрений возросло: у раннеспелого сорта ячменя – на 1,6 % и у среднепозднего сорта ячменя – на 2,2 %, выход сырого протеина увеличился на 3,8 и 4,4 ц/га соответственно по каждому сорту. Применение АФК-удобрения с Cu и Mn по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) стандартных удобрений в форме карбамида, аммофоса и хлористого калия увеличивало содержание сырого протеина у раннеспелого сорта Батька на 1,0 %, выход сырого протеина – на 1,0 ц/га.

В среднем за три года исследований обработка посевов ячменя микроудобрениями с регуляторами роста ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина на 1,8 % у сорта Батька, а у сорта Якуб – на 0,8 и 0,9 % соответственно. Выход

Таблица 4. **Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на качество зерна ячменя сортов Батька и Якуб, 2015–2017 гг.**

Table 4. **Effect of macro-, microfertilizers and growth regulators on barley grain quality of Bat'ka and Yakub varieties, 2015-2017**

Вариант опыта	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином, г
Сорт Батька					
Без удобрений	9,6	2,2	32,1	1,7	54,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	10,2	4,1	55,6	3,2	57,9
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	10,6	5,1	66,6	4,0	60,1
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	11,2	6,0	74,6	4,7	63,5
Фон 1 + Адоб Медь	10,8	5,7	73,8	4,5	61,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	11,0	5,7	71,8	4,5	62,1
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,3	5,9	73,3	4,7	64,0
Фон 1 + Экосил	11,7	6,0	72,2	4,8	66,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,6	6,1	74,1	4,9	65,5
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,4	6,9	77,4	5,4	70,0
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,4	6,7	74,9	5,3	70,4
Фон 1 + Фитовитал	12,4	6,5	73,4	5,1	70,1
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	13,1	7,9	84,0	6,2	74,0
$НСР_{05}$	0,5				
Сорт Якуб					
Без удобрений	9,4	2,1	30,8	1,7	53,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	10,3	4,5	59,2	3,5	58,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	11,3	5,5	68,4	4,4	63,7
$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – Фон 2	11,6	6,5	78,1	5,2	65,7
Фон 1 + Адоб Медь	11,3	5,9	73,6	4,7	63,7
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	10,8	5,7	73,5	4,5	60,9
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	11,5	6,2	75,4	4,9	64,9
Фон 1 + Экосил	11,3	5,9	73,4	4,7	63,8
$N_{90}P_{60}K_{90}$ с Cu (0,15 %), Mn (0,10 %) (комплексное)	11,5	6,2	75,2	4,9	65,0
Фон 1 + ЭлеГум-Медь	12,1	6,9	80,0	5,5	68,3
Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	12,2	6,9	79,0	5,4	68,9
Фон 1 + Фитовитал	12,0	6,4	74,6	5,1	67,8
Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	12,9	8,0	87,0	6,4	73,1
$НСР_{05}$	0,3				

сырого протеина в данных вариантах увеличился на 1,8 и 1,6 ц/га у сорта Батька и на 1,4 ц/га у сорта Якуб. Использование микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за три года положительного влияния на возрастание сырого протеина в зерне обоих сортов ячменя не оказало.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристалоном в фазе кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ в среднем за 2015–2017 гг. увеличивала содержание сырого протеина на 0,7 % у сорта Батька и не способствовала возрастанию содержания сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб. Выход сырого протеина в данном варианте опыта увеличивался на 0,8 и 0,7 ц/га соответственно по каждому сорту. Применение комплексного удобрения для некорневой подкормки Нутривант Плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ не способствовало увеличению содержания сырого протеина в зерне ячменя сортов Батька и Якуб.

В среднем за три года исследований обработка посевов ярового ячменя сорта Батька регуляторами роста Экосил и Фитовитал по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала содержание сырого протеина в зерне на 1,1 и 1,8 %, выход сырого протеина – на 0,9 и 1,4 ц/га соответственно. В зерне ячменя сорта Якуб содержание сырого протеина возросло в варианте с применением Фитовитала на 0,7 %, выход сырого протеина – 0,9 ц/га. Экосил существенно не способствовал увеличению содержания сырого протеина в зерне ячменя сорта Якуб, возрастал лишь выход сырого протеина – на 0,4 ц/га.

В среднем за три года наибольшее содержание сырого протеина наблюдалось как у раннеспелого (13,1 %), так и у среднепозднего (12,9 %) сортов ячменя в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\ карб}$, максимальным в этом варианте опыта был и выход сырого протеина – 7,9 и 8,0 ц/га соответственно.

Наибольший выход кормовых единиц у раннеспелого сорта ячменя Батька и у среднепозднего сорта Якуб зафиксирован в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\ карб}$ в сочетании с внекорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л – 84,0 и 87,0 ц/га соответственно.

Максимальный выход переваримого протеина у раннеспелого сорта ячменя Батька (6,2 ц/га) и у среднепозднего сорта ячменя Якуб (6,4 ц/га) отмечен в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\ карб}$. В данном варианте опыта отмечена и самая высокая обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином: у сорта Батька – 74,0 г, сорта Якуб – 73,1 г.

Выводы

1. Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста существенно увеличивало площадь листовой поверхности ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. исследований от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости наибольшая площадь листовой поверхности у растений ячменя сорта Батька (14,8–86,4 тыс. м^2/га) и сорта Якуб (16,7–89,0 тыс. м^2/га) и листовой фотосинтетический потенциал (0,42–1,24 и 0,46–1,41 млн м^2 сут/га соответственно) у обоих сортов отмечены в варианте с обработкой посевов комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

2. Новое комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение с Cu и Mn для основного внесения по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) применялись карбамид, аммофос и хлористый калий, повышало урожайность зерна ячменя: у раннеспелого сорта Батька – на 6,3 ц/га, среднепозднего сорта Якуб – на 5,7 ц/га.

3. Некорневая подкормка микроудобрениями белорусского производства ЭлеГум-Медь, МикроСтим-Медь Л и польским Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна: у сорта Батька – на 9,0, 6,9 и 6,0 ц/га, а у сорта Якуб – на 9,7, 8,8 и 4,3 ц/га соответственно.

4. Комплексные удобрения Нутривант плюс (Израиль) и Кристалон (Нидерланды) при двухкратной подкормке на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышали урожайность зерна ячменя у сорта Батька – на 4,3 и 5,6, а у сорта Якуб – на 4,2 и 5,8 ц/га.

5. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна у ячменя сорта Батька – на 4,7 и 5,6, а у сорта Якуб – на 4,2 и 5,2 ц/га.

6. Максимальная урожайность зерна ячменя (70,0 и 72,5 ц/га) у сортов Батька и Якуб, содержание сырого протеина (13,1 и 12,9 %), выход сырого протеина (7,8 и 7,6 ц/га), переваримого протеина (6,2 и 6,0 ц/га) и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином (73,3 и 72,8 г) отмечены при обработке посевов МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

7. Белорусские микроудобрения ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л по действию не уступают или превосходят польское микроудобрение Адоб Медь, при этом имеют меньшую стоимость, т.е. их можно использовать для импортозамещения.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Сохранение и повышение плодородия почв». Авторы статьи выражают благодарность Министерству сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за содействие в реализации данного проекта.

Список использованных источников

1. Разработка, производство и применение комплексных удобрений в сельском хозяйстве Республики Беларусь / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 87–107.

2. Эффективность новых форм комплексных удобрений для основного внесения при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г. В. Пироговская [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 34–43.

3. Влияние новых форм комплексных удобрении при основном внесении в почву на урожайность и качество маслосемян подсолнечника / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 176–192.

4. Новые формы минеральных удобрений с биологически активными добавками / Г. В. Пироговская [и др.] // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий : материалы междунар. науч. конф., п. Алмалыбак, 27–28 мая 2016 г. / Каз. науч.-исслед. ин-т земледелия и растениеводства ; науч. ред. С. Б. Кененбаев. – Алмалыбак, 2016. – С. 251–252.

5. *Фатеев, А. И.* Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков : [б. и.], 2005. – 134 с.

6. *Marschner, H.* Mineral nutrition of higher plants / H. Marschner. – 2nd ed. – Amsterdam [etc.] : Academic Press, 2002. – 889 p. https://doi.org/10.1016/c2009-0-02402-7

7. *Сургучева, М. П.* Комплексоны и комплексонаты микроэлементов и их применение в земледелии : обзор. информ. / М. П. Сургучева, А. Ю. Киреева, З. К. Благовещенская. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1993. – 46 с.

8. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние аграр. наук, Белорус. гос. с.-х. акад. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.

9. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 180–193.

10. *Пономаренко, С. П.* Регуляторы роста растений / С. П. Пономаренко. – Киев : Ин-т биоорган. химии и нефтехимии НАН Украины, 2003. – 319 с.

11. *Саскевич, П. А.* Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П. А. Саскевич, В. Р. Кажарский, С. Н. Козлов ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2009. – 296 с.

12. *Хрипач, В. А.* Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лазвич, В. Н. Жабинский ; Акад. наук Беларуси, Ин-т биоорган. химии АН Беларуси. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 287 с.

13. *Пономаренко, С. П.* Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность) / С. П. Пономаренко. – Киев : Техніка, 1999. – 272 с.

14. *Luo, B.* Brassinosteroides from higher plant and their application / B. Luo // Shiwu Shenglixne Tongxun. – 1986. – N 1. – P. 11–14.

15. *Бахтенко, Е. Ю.* Значение гормонального баланса в регуляции водного обмена растений при недостатке и избытке влаги в почве / Е. Ю. Бахтенко // Агрохимия. – 2001. – № 1. – С. 86–90.

16. Влияние эпибрассинолида и экоста на засухоустойчивость и продуктивность яровой пшеницы / Л. Д. Прусакова [и др.] // Агрохимия. – 2000. – № 3. – С. 50–54.

17. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Технопринт, 2005. – 274 с.

18. Оценка эффективности систем удобрения ярового ячменя в зависимости от целевого назначения зерна / Е. Г. Мезенцева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 108–115.

References

1. Pirogovskaya G. V., Lapa V. V., Chernyakov D. V., Ermakovich N. N. Development, production and use of complex fertilizers in the agricultural sector of the Republic of Belarus. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 87–107 (in Russian).

2. Pirogovskaya G. V., Khmelevskii S. S., Soroko V. I., Isaeva O. I. Efficiency of complex new forms fertilizers for the main application in a soil in corn cultivation on soddypodzolic loam soil. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2015, no. 4, pp. 34–43 (in Russian).

3. Pirogovskaya G.V., Khmelevskii S.S., Soroko V.I., Isaeva O.I., Bobovkina V.V., Shimanskii L. P. Influence of complex fertilizers new forms in the basic application on productivity and quality of sunflower oil seed. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2016, no. 1 (56), pp. 176–192 (in Russian).

4. Pirogovskaya G. V. et al. New forms of mineral fertilizers with dietary supplements. *Sistema sozdaniya kormovoi bazy zhivotnovodstva na osnove intensifikatsii rastenievodstva i ispol'zovaniya prirodnykh kormovykh ugodii: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, p. Almalybak, 27–28 maya 2016 g.* [The system of creating livestock forage base through intensification of plant production and the use of natural pastures: proceedings of the International scientific conference, Almalybak, May 27–28, 2016]. Almalybak, 2016, pp. 251–252 (in Russian).

5. Fateev A. I., Zakharova M. A. *Fundamentals of the use of micronutrients*. Kharkov, 2005. 134 p.

6. Marschner H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Amsterdam etc., Academic Press, 2002. 889 p. https://doi.org/10.1016/c2009-0-02402-7

7. Surgucheva M. P., Kireeva A. Yu., Blagoveshchenskaya Z. K. *Complexons and complexonates of microelements and their application in agriculture*. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Technical and Economic Research of the Agro-Industrial Complex, 1993. 46 p. (in Russian).

8. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Mishura O. I., Tsyganova A. A. *The effectiveness of application of micronutrients and growth regulators in cultivation of crops*. Minsk, Belaruskaya navuka Pibl., 2011. 293 p. (in Russian).

9. Rak M. V., Titova S. A., Pukalova E. N., Nikolaeva T. G., Yukhnovets A. V., Artyukh Yu. A. Efficiency of using non-root dressings with liquid microfertilizers Microsteamin the cultivation of agricultural crops on sod-podzolic soils. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 180–193 (in Russian).

10. Ponomarenko S. P. *Plant growth regulators*. Kiev, Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2003. 319 p. (in Russian).

11. Saskevich P. A., Kazharskii V. R., Kozlov S. N. *The use of growth regulators in cultivation of crops*. Gorki, Belarusian State Academy of Agriculture, 2009. 296 p. (in Russian).

12. Khripach V. A., Lazvich F. A., Zhabinskii V. N. *Brassinosteroids*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1993. 287 p. (in Russian).

13. Ponomarenko S. P. *Plant growth regulators based on pyridine derivatives N-oxides (physico-chemical properties and biological activity)*. Kiev, Tekhnika Publ., 1999. 272 p. (in Russian).

14. Luo, B. Brassinosteroides from higher plant and their application / B. Luo // Shiwu Shenglixne Tongxun. – 1986. – № 1. – P. 11–14.

15. Bakhtenko E. Yu. The value of the hormonal balance in regulation of water metabolism of plants with a lack and excess of moisture in soil. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2001, no. 1, pp. 86–90 (in Russian).

16. Prusakova L. D., Chizhova S. I., Ageeva L. F., Golantseva E. N., Yakovlev A. F. Influence of epibrassinolide and ecost on drought tolerance and productivity of spring wheat. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2000, no. 3, pp. 50–54 (in Russian).

17. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Lapa V. V., Persikova T. F. *Fertilizers and crop quality*. Minsk, Tekhnoprint Publ., 2005. 274 p. (in Russian).

18. Mezentseva E. G., Kulesh O. G., Simankov O. V., Shedova O. A. Evaluation of the effectiveness of fertilization systems of spring barley depending on the purpose of grain. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], 2018, no. 1 (60), pp. 108–115 (in Russian).

Информация об авторах

Вильдфлуш Игорь Робертович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

Цыганов Александр Риммович – академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый проректор, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13[а], 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tziganov@belstu.by

Барбасов Николай Владимирович – заведующий кафедрой агрохимии, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: nbarbasov@mail.ru

Information about the authors

Vildflush Igor R. - D.Sc. (Agriculture), Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., 213407 Gorki, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

Tsyganov Alexander R. - Academician of NAS of Belarus, D.Sc. (Agriculture), Professor. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova Str., 220006 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tziganov@belstu.by

Barbasov Nikolai V. - Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., 213407 Gorki, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: nbarbasov@mail.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

УДК 636.13.046.082.22(476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-308-322

Поступила в редакцию 26.03.2019
Received 26.03.2019

Ю. И. Герман, М. А. Горбуков

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Жодино, Минская область, Беларусь

ОЦЕНКА ЛОШАДЕЙ ВЕРХОВЫХ ПОРОД В БЕЛАРУСИ ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРОДНЫХ И ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Аннотация: Наличие породистых лошадей считается национальным достоянием и косвенным показателем развития государства. Во многих странах за последние десятилетия поголовье значительно снизилось, но некоторые страны, наоборот, делают акцент на коневодстве и наращивают количество лошадей. В Республике Беларусь численность лошадей также по разным причинам значительно сократилась, вместе с тем качество лошадей в племенных организациях не подверглось существенному изменению. Сохранены в разной степени и направления отрасли, однако все более заметно смещение приоритетов в сторону племенного верхового коневодства. Существенной проблемой, влияющей на формирование племенной базы спортивного коневодства, является наличие среди специалистов неоднозначного мнения о пригодности в конном спорте лошадей различных пород. С этой целью проведена оценка по комплексу признаков лошадей верховых пород, используемых в племенных и конноспортивных организациях Беларуси. Определены направления повышения отбора лошадей для классических видов конного спорта на основе экспертной оценки их экстерьерно-конституциональных характеристик, спортивной работоспособности, индекса успеха и т.д. Проанализирована результативность верховых лошадей на соревнованиях различного уровня в зависимости от породных и генеалогических характеристик использованного конепоголовья. Выявлено влияние происхождения лошадей на их спортивную результативность. Установлено наличие четкой спортивной специализации среди потомства ряда производителей. Разработаны приемы фотометрии лошадей, компьютерной обработки результатов натурных съемок и видеоматериалов при выполнении ими различных элементов поступательного движения и прыжка. **Благодарности.** Работа выполнена в рамках задания Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Животноводство и племенное дело».

Ключевые слова: конный спорт, племенные конефермы, тракененская порода, ганноверская порода, латвийская порода, конноспортивные соревнования, спортивные лошади, методика оценки лошадей, спортивная работоспособность, прыжок, шаг, индекс успеха

Для цитирования: Герман, Ю. И. Оценка лошадей верховых пород в Беларуси по комплексу признаков в зависимости от породных и генеалогических характеристик / Ю. И. Герман, М. А. Горбуков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 308–322. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-308-322

Y. I. Herman, M. A. Horbukov

The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus

ESTIMATION OF ROADSTER BREED OF HORSE IN BELARUS BY SET OF TRAITS DEPENDING ON BREED AND GENEALOGY CHARACTERISTICS

Abstract: Purebred horses are considered a national treasure and an indirect indicator of country development. In many countries over the past decade, livestock has decreased significantly, but some countries, have focused on horse breeding and increasing the number of horses. Number of horses also significantly decreased in the Republic of Belarus for various reasons,

© Герман Ю. И., Горбуков М. А., 2019

however, quality of horses in breeding companies has undergone no significant changes. Industry directions are also saved to some extent, but shift of priorities towards the roadster horse breeding becomes more and more noticeable. A significant problem having effect on formation of horse breeding basis for sports horse breeding is an ambiguous opinion among specialists about suitability of various breeds of horses in equestrian sport. Assessment was carried out for this purpose according to complex of roadster horse traits used at breeding and equestrian companies in Belarus. Directions for improving selection of horses for classic types of equestrian sport are determined based on expert evaluation of their exterior and constitution parameters, sports performance, success index, etc. Performance of roadster horses at competitions at various levels was analyzed depending on breed and genealogical characteristics of the horse livestock used. The effect of horses origin on their sports performance is determined. Clear sport specialization is determined among the progeny of a number of producing animals. Methods of horse photometry, computer processing of results of field shooting and video materials when performing various elements of lineary motion and jumping were developed. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the state program of scientific research "Quality and Efficiency of Agroindustrial Production for 2016–2020", subprogram "Livestock and breeding".

Keywords: equestrian sport, breeding horse farms, Trakehner breed, Hannover breed, Latvian breed, equestrian competitions, sports horses, methods of horse evaluation, sports performance, jump, step, success index

For citation: Herman Y. I., Horbukov M. A. Estimation of roadster breed of horse in Belarus by set of traits depending on breed and genealogy characteristics. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 308-322 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-308-322

Введение. Существенной проблемой в современном коннозаводстве республики является сложившаяся с давних времен система отбора лошадей верховых пород, заключающаяся в том, что многие важнейшие параметры их оцениваются чаще всего субъективно. С другой стороны, по мнению некоторых авторов, имеется ряд фенотипических признаков экстерьера, особенностей аллюров лошадей, которые оказывают косвенное влияние на результирующую оценку их по работоспособности [1–7]. Их надо выявлять и использовать в работе. Знание таких косвенных признаков высокой работоспособности имеет основополагающее значение для отбора перспективных лошадей в раннем возрасте при отсутствии возможности провести испытания молодняка.

Подпрограммой 4 «Развитие племенного дела в животноводстве» Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы предусмотрено развитие всех направлений животноводства, в том числе и коневодства. Это весьма актуально как для обеспечения достойных позиций нашей страны на международной арене высококачественными спортивными лошадьми, так и для решения социально-экономических проблем[1].

Анализ коневодства в республике свидетельствует о том, что только благодаря комплексному развитию всех направлений данной отрасли и производству конкурентоспособной продукции она может успешно функционировать. Численность лошадей в последние годы по разным причинам значительно сократилась – с 519 тыс. гол. в 1961 г. до 63,6 тыс. гол. в 2016 г., вместе с тем качество лошадей в племенных организациях не подверглось существенному изменению. Сохранены в разной степени и направления отрасли, однако все более заметно смещение приоритетов в сторону племенного верхового коневодства [8–10]. Данные изменения обусловлены общеевропейскими и мировыми тенденциями развития коневодства, повышением спроса на лошадей верховых пород, используемых в селекционной работе, конном спорте, туризме, досуговом коневодстве, престижностью участия в международных соревнованиях по конному спорту и Олимпийских играх. Конноспортивные соревнования не только украшают досуг людей, укрепляют здоровье, заполняют их свободное время, обеспечивают занятость в качестве как участников и обслуживающего персонала, так и зрителей, но имеют и селекционное значение для выявления наиболее работоспособных лошадей с целью последующего использования их в племенной работе [11].

В настоящее время в Беларуси имеется 5 основных организаций с наличием племенных коневодческих ферм по разведению лошадей верховых пород. Их спортивную подготовку осуществляют на базах Республиканского центра Олимпийской подготовки конного спорта и коневодства, а также в 5 областных центрах олимпийского резерва, 13 детско-юношеских спортивных школах по конному спорту. Наличие в указанных организациях сравнительно небольшого количества лошадей затрудняет решение многих вопросов племенной работы в верховом коннозаводстве, снижает интенсивность отбора.

[1] Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Режим доступа: https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html. Дата доступа: 05.01.2019

Одна из важнейших задач – совершенствование методики оценки лошадей. До настоящего времени одинаково приемлемыми считались характеристики как для конкурных, так и для выездковых, троеборных лошадей, которые, по мнению селекционеров и спортсменов, требуют существенной корректировки и изменения. Теоретические подходы по разработке приемов оценки, отбора молодняка и их тренинга с учетом специфики различных дисциплин конного спорта отсутствуют. Это и обусловило актуальность проведенных исследований.

Цель исследований – оценить по комплексу признаков лошадей верховых пород, используемых в племенных и конноспортивных организациях Беларуси, установить динамику и результативность их испытаний по работоспособности с учетом происхождения, фенотипических характеристик, разработанных приемов фотометрии исследованного конепоголовья.

Объекты и методы исследований. Основная научная база для проведения исследований 2017 г. находилась в Учреждение «РЦОПКСиК» Минского района, областных ЦОР, имеющих племенных лошадей, ОАО «Полочаны» Молодечненского, КСУП «Тепличное» Гомельского, ОАО «Полесская нива» Столинского районов.

Объект исследований – племенные лошади (жеребцы-производители, кобылы, племенной молодняк) тракененской, ганноверской и других верховых пород.

Предмет исследований – генеалогическая структура, особенности экстерьерно-конституциональных характеристик и качество лошадей верховых пород, фотографии и видеоматериалы, полученные при выполнении лошадьми различных элементов поступательных движений и прыжка.

Жеребцы-производители, кобылы, племенной молодняк в базовых хозяйствах оценивали по комплексу следующих признаков: высоте в холке, обхвату груди и пясти (см), показателям (баллы) по происхождению, типичности, промерам, экстерьеру, работоспособности. Племенную ценность животных определяли согласно следующим нормативным документам: «Зоотехнические правила по определению племенной ценности животных», «Инструкция по бонитировке племенных лошадей заводских пород», «Система оценки племенной (генетической) ценности лошадей разводимых в республике пород»[2] [12].

Оптимальный показатель при оценке каждого признака у жеребцов – не ниже 8,0 балла, у кобыл – 7,0 балла. Оценка по каждому из признаков, дополняя одна другую, позволит всесторонне выявить достоинства животного и с большей эффективностью использовать их для совершенствования породных признаков.

Для определения результативности выступления лошадей в соревнованиях различного уровня по каждой из них рассчитывали индекс успеха:

$$ИУ = 100 - 100 \times (M - 1)/(N - 1), \quad (1.1)$$

где M – место, занятое лошадью в выступлении, N – количество стартовавших в данном соревновании лошадей[3] [13].

Фотометрирование лошадей в процессе их испытаний и на различных этапах соревновательного цикла, видеосъемку их движений и прыжка с последующим детальным анализом полученного материала осуществляли после предварительного маркирования статей экстерьера и точек их сочленения путем нанесения на тело лошади точек контрастной краской.

Видеосъемку лошадей во время тренировок и соревнований выполняли фотокамерой Nikon Coolpix B 500 с одной точки с расстояния от лошади примерно 4 м в центре. Отснятый материал обрабатывали при помощи компьютерной программы Media Player Classic, где в режиме «стопкадр» на экране монитора программой PicPick измерены углы сочленения отдельных статей лошади в различных фазах поступательного движения и прыжка.

---

[2] Зоотехнические правила о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных [Электронный ресурс] : постановление М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, 3 сент. 2006 г., №44 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Режим доступа: https://mshp.gov.by/documents/plem/c338416caf16f530.html. Дата доступа: 05.06.2019; Инструкция по бонитировке племенных лошадей заводских пород / разраб. ВНИИ коневодства. М., 1991. 29 с.; Система оценки племенной (генетической) ценности лошадей разводимых в республике пород : одобр. на заседании секции животноводства науч.-техн. совета М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь : протокол №2 от 3 марта 2017 г.

[3] Сикорская И. И. Работоспособность лошадей спортивного направления в зависимости от показателей экстерьера и биомеханики движений : дис. … канд. с.-х. наук : 06.02.10. М., 2011. 200 л.

Анализ результативности выступлений лошадей осуществляли с использованием базы данных ООО «Белорусская федерация конного спорта» и собственных источников.

Материалы исследований обработаны биометрически (по П. Ф. Рокицкому[4]) на персональном компьютере с использованием пакета программ MicrosoftOffiseExcel с достоверностью разницы по критерию Стьюдента: $^{*}P \leqslant 0{,}05$; $^{**}P \leqslant 0{,}01$; $^{***}P \leqslant 0{,}001$.

Результаты и их обсуждение. В течение 2017 г. был выполнен комплекс работ по оценке качества лошадей верховых пород, используемых в племенных и конноспортивных организациях Беларуси. Определены следующие этапы работы по оценке лошадей верховых пород в Беларуси для конного спорта.

1. Оценка по комплексу признаков лошадей верховых пород, используемых в племенных и конноспортивных организациях республики. Установлено, что наиболее активно используют в племенных хозяйствах лошадей двух пород – тракененскую, наиболее многочисленную в нашей стране, которая ведет родословную с 1732 г., когда в Восточной Пруссии был создан конный завод «Тракенен» [14, 15], и ганноверскую – менее многочисленную в Беларуси по сравнению с тракенами, но по работоспособности является одной из лидирующих в мировом конном спорте. Начало работ по созданию породы относят к 1724 г. – ко времени создания в окрестностях Целле депо жеребцов, когда немецкими селекционерами была поставлена задача разводить сильную, крупную каретную лошадь, пригодную для использования в артиллерии и в сельском хозяйстве [13, 16, 17], в ОАО «Полесская нива» имеются также племенные кобылы латвийской упряжной породы (табл. 1) [18, 19].

Таблица 1. **Результаты оценки кобыл верховых пород по комплексу признаков в племенных хозяйствах Республики Беларусь, 01.06.2017 г.**

Table 1. **Results evaluation of mares of roadster breeds according to set of traits at breeding farms of the Republic of Belarus, 01.06.2017**

Учреждение, хозяйство	Порода*	*n*	Промеры, см			Оценка признаков, баллы					
			высота в холке	обхват		происхождение	тип	промеры	экстерьер	работоспособность	сумма баллов
				груди	пясти						
РЦОПКС и К	1	57	165,7± 0,38	194,1± 0,61	20,9± 0,05	–	8,3± 0,06	9,0± 0,06	7,7± 0,03	8,7± 0,08	33,8± 0,14
	2	7	169,6± 0,81	200,8± 0,18	21,8± 0,18	–	8,0± 0,20	9,0± 0,19	7,7± 0,09	8,93± 0,08	33,7± 0,18
ОАО «Полочаны»	2	30	165,8± 0,78	195,8± 0,96	21,9± 0,13	8,2± 0,08	8,1± 0,06	8,6± 0,19	7,8± 0,12	–	32,8± 0,26
РУСП «Совхоз «Лидский»	1	15	163,8± 0,99	193,7± 1,25	20,7± 0,18	8,1± 0,07	8,4± 0,13	7,8± 0,24	7,9± 0,15	–	32,2± 0,35
	2	3	168,7± 2,33	197,3± 0,88	21,3± 0,33	8,0± 0,0	8,0± 0,0	8,3± 0,33	8,0± 0,0	–	32,3± 0,33
КСУП «Тепличное»	1	4	159,5± 1,26	185,8± 2,46	20,4± 0,24	8,3± 0,25	8,5± 0,29	6,8± 0,25	7,6± 0,09	–	31,1± 0,27
	2	5	163,0± 1,10	190,8± 3,01	20,6± 0,29	8,1± 0,10	8,2± 0,34	7,6± 0,60	7,7± 0,22	–	31,6± 0,50
ОАО «Полесская нива»	1	7	164,9± 0,59	192,7± 1,25	20,8± 0,21	8,8± 0,15	8,0± 0,0	7,9± 0,41	8,0± 0,29	–	32,8± 0,67
	3	10	161,0± 1,14	187,5± 2,35	20,5± 0,30	8,4± 0,15	7,9± 0,14	7,4± 0,26	7,8± 0,15	–	31,5± 0,38
Стандарт	1	–	160,0	186,0	20,0	7	7	7	7		
	2	–	160,0	190,0	20,5	7	7	7	7		
	3	–	160,0	190,0	20,5	7	7	7	7		

* Породы лошадей: 1 – тракененская; 2 – ганноверская; 3 – латвийская.

[4] Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика : учеб. пособие. Изд. 3-е, испр. Минск : Выш. шк., 1973. 318 с.

Как видно их приведенных данных, по всем признакам оценки отобранные для племенного использования кобылы превышают требования породного стандарта. Они достаточно рослые, массивные, костистые. Среди маток тракененской породы лучшими по сумме баллов комплексной оценки являются представители Учреждения «РЦОПКС и К» – 33,8 ± 0,14. Они существенно превосходили стандарт и по суммарной оценке промеров – 9,0 ± 0,06 балла. Низкими промерами отмечены кобылы из КСУП «Тепличное».

Лучшими среди кобыл ганноверской породы также являются представители Учреждения «РЦОПКС и К». Превышают высший селекционный стандарт по всем признакам оценки и используемые в хозяйствах жеребцы-производители. У лошадей данного учреждения высота в холке варьирует от 165 до 173 см, обхват груди – 188–202 см, обхват пясти – 20,5–22,5 см, оценка по промерам – 8,0–10,0 балла, оценка типа – 80,0–10,0 балла, оценка экстерьера – 8,0–9,0 балла.

Лошадей оценивали по комплексу признаков в следующих конноспортивных организациях: Государственное учреждение «Минский областной центр Олимпийского резерва по конному спорту»; Государственное специализированное учебно-спортивное учреждение «Могилевский областной центр Олимпийского резерва по конному спорту и современному пятиборью»; Государственное специализированное учебно-спортивное учреждение «Витебский областной центр Олимпийского резерва по конному спорту»; Государственное учреждение «Специализированная детско-юношеская спортивная школа Олимпийского резерва № 2» Молодечненского райисполкома.

Из 288 оцененных лошадей могут быть использованы в воспроизводстве только 126 кобыл, из них потенциальное значение в качестве улучшателей работоспособности имеют 19 маток (15,1 %). Они будут включены в централизованную базу племенного коневодства Беларуси.

По всем исследованным конноспортивным центрам кобыл, индекс племенной ценности которых превышает 100 %, оказалось 39 гол. Породный состав кобыл в областных ЦОР более разнообразен, чем в племенных организациях. В основном используются в спорте лошади традиционных западноевропейских пород: тракененской, ганноверской, вестфальской, ольденбургской и др.

Исследование динамики экспертной оценки лошадей верховых пород, их экстерьерно-конституциональных характеристик и качества в процессе разведения и использования в исследованных племенных хозяйствах и конефермах показало, что изменения селекционируемых признаков оцененного конепоголовья за 5-летний период их изучения оказались не во всех хозяйствах одинаковыми (табл. 2, 3).

Так, в Учреждении «РЦОПКС и К» при уменьшении у кобыл обхвата груди на 3,3 см, обхвата пясти на 0,2 см они стали выше аналогов на 0,2 см, а общая оценка по промерам увеличилась на 1,0 балла, оценка по экстерьеру – на 0,3 балла. Важнейшее значение имеет установленное нами повышение оценки кобыл по работоспособности – на 0,2 балла. Кобылы тракененской породы в РУСП «Совхоз «Лидский» за указанный период стали выше аналогов на 0,9 см, обхват груди увеличился на 2,0 см. Вместе с тем произошло снижение общей оценки кобыл породы в данном хозяйстве – на 0,1 балла, в том числе оценка по типичности снизилась на 0,1 балла, оценка по экстерьеру – на 0,2 балла. Отмечено снижение общей оценки кобыл тракененской породы в КСУП «Тепличное» – на 0,3 балла, в том числе достоверно снизилась оценка маток по экстерьеру – на 0,7 балла.

В ОАО «Полесская нива» выявлено улучшение качества лошадей тракененской породы по всем показателям, кроме оценки за промеры. По сумме баллов качество лошадей также улучшилось – на 1,4 балла, или на 9,5 %.

По ганноверской породе, основной массив которой находится в ОАО «Полочаны», за аналогичный период не выявлены положительные изменения. Суммарная оценка снизилась на 0,1 балла (недостоверно). Произошло уменьшение на 4 гол. и общей численности маток в хозяйстве. Основная причина указанного – снижение общей численности кобыл за счет выранжировки высококачественных маток при сравнительно низком селекционном дифференциале по исследованным признакам отбора.

В Учреждении «РЦОПКС и К» произошло перераспределение породности маток. В связи с относительно высоким спросом и востребованностью лошадей ганноверской породы здесь впервые сформирована селекционная группа маток указанного происхождения, более дифференцированным стал породный состав жеребцов-производителей.

Таблица 2. **Динамика качества кобыл тракененской породы в базовых хозяйствах Республики Беларусь, 2011–2016 гг.**

Table 2. **Dynamics of Trakehner breed of mares quality at base farms of the Republic of Belarus, 2011-2016**

Год, показатель	*n*	Промеры, см			Оценка признаков, баллы					
		высота в холке	обхват		происхождение	тип	промеры	экстерьер	работоспособность	сумма баллов
			груди	пясти						
РЦОПКС и К										
2011	69	165,5±0,39	197,4±0,37	21,1±0,06	8,6±0,06	–	8,0±0,12	7,4±0,07	8,5±0,09	32,4±0,24
2016	57	165,7±0,38	194,1±0,61***	20,9±0,05*	–	8,3±0,06	9,0±0,06***	7,7±0,03***	8,7±0,08	33,8±0,14***
Разница	**–12**	**+0,2**	**–3,3**	**–0,2**	–	–	**+1,0**	**+0,3**	**+0,2**	**+1,4**
%	**–17,4**	**+0,12**	**–1,7**	**–0,95**	–	–	**+12,5**	**+4,0**	**+2,5**	**+4,3**
РУСП «Совхоз «Лидский»										
2011	11	162,9±0,73	191,7±1,18	20,8±0,23	8,1±0,09	8,5±0,16	7,6±0,24	8,1±0,16	–	32,3±0,45
2016	15	163,8±0,99	193,7±1,25	20,7±0,18	8,1±0,07	8,4±0,13	7,8±0,24	7,9±0,15	–	32,2±0,35
Разница	**+4**	**+0,9**	**+2,0**	**–0,1**	**0,0**	**–0,1**	**+0,2**	**–0,2**	–	**–0,1**
%	**+36,4**	**+0,6**	**+1,04**	***–0,5***	**0,0**	**–1,2**	**+2,6**	**–2,5**	–	**–0,3**
КСУП «Тепличное»										
2011	7	160,1±0,55	185,3±1,25	20,3±0,21	8,3±0,18	8,0±0	6,9±0,14	8,3±0,18	–	31,4±0,37
2016	4	159,5±1,26	185,8±2,46	20,4±0,24	8,3±0,25	8,5±0,29	6,8±0,25	7,6±0,09**	–	31,1±0,27
Разница	**–3**	**–0,6**	**+0,5**	**+0,1**	**0,0**	**+0,5**	**–0,1**	**–0,7**	–	**–0,3**
%	**–42,9**	**–0,4**	**+0,3**	**+0,5**	**0,0**	**+6,3**	**–1,5**	**–8,4**	–	**–1,0**
ОАО «Полесская нива»										
2011	5	162,8±1,98	189,2±3,67	20,5±0,63	8,0±0,77	7,8±0,20	8,0±0,63	7,6±0,40	–	31,4±1,89
2016	7	164,9±0,59	192,7±1,25	20,8±0,21	8,8±0,15	8,0±0	7,9±0,41	8,0±0,29	–	32,8±0,67
Разница	**+2**	**+2,1**	**+3,5**	**+0,3**	**+0,8**	**+0,2**	**–0,1**	**+0,4**	–	**+1,4**
%	**+40,0**	**+1,3**	**+1,8**	**+1,5**	**+10,0**	**+2,6**	**–1,2**	**+5,3**	–	**+4,5**
Тракененская порода – стандарт	–	160,0	186,0	20,0	7	7	7	7		

Примечание. Разница с показателями контрольной группы достоверна при: $*P<0,05$; $**$ $P<0,01$; $***P<0,001$.

2. Результаты выступлений верховых лошадей на соревнованиях различного уровня, анализ их результативность в зависимости от породных и генеалогических характеристик использованного конепоголовья. Установлено, что на протяжении всего периода разведения лошадей верховых пород в племенных и конноспортивных организациях республики направленная работа по совершенствованию их спортивной работоспособности осуществлялась путем отбора лучших жеребцов и кобыл на заводских испытаниях в хозяйствах и последующего их участия в соревнованиях [20]. За последние годы отмечена положительная тенденция совершенствования двигательных и прыжковых качеств племенного конепоголовья. Наиболее стабильной она сохраняется в Учреждении «РЦОПКС и К», где углубленный анализ динамики результатов заводских испытаний выполнен с 1975 по 2010 г.

Определено, что на протяжении длительного времени методические подходы к оценке по работоспособности молодняка верховых пород существенно не изменялись, они изложены в инструкции по бонитировке племенных лошадей[5]. В соответствии с указанным документом,

[5] Инструкция по бонитировке племенных лошадей заводских пород / разраб. ВНИИ коневодства. М. : [б. и.], 1991. 29 с.

Таблица 3. **Динамика качества кобыл ганноверской и латвийской породы в базовых хозяйствах Республики Беларусь, 2011–2016 гг.**

Table 3. **Dynamics of Hanover and Latvian breeds of mares quality at base farms of the Republic of Belarus, 2011-2016**

Год, показатель	*n*	Промеры, см			Оценка признаков, баллы					
		высота в холке	обхват		происхождение	тип	промеры	экстерьер	работоспособность	сумма баллов
			груди	пясти						
ОАО «Полочаны»										
2011	26	167,5±0,78	199,6±1,03	22,1±0,15	8,1±0,05	8,1±0,06	8,7±0,11	8,1±0,08	–	32,9±0,17
2016	30	165,8±0,78**	195,8±0,96	21,9±0,13	8,2±0,08	8,1±0,06	8,6±0,19	7,8±0,12*	–	32,8±0,26
Разница	**+4**	**–1,7**	**–3,8**	**–0,2**	**+0,1**	**0,0**	**–0,1**	**–0,3**	–	**–0,1**
%	**+15,4**	**–1,0**	**–1,9**	**–0,9**	**+1,2**	**0,0**	**–1,2**	**–3,7**	–	**–0,3**
РУСП «Совхоз «Лидский»										
2011	4	168,3±1,70	196,8±0,85	21,5±0,29	8,0±0	8,0±0	8,5±0,29	8,0±0	–	32,5±0,29
2016	3	168,7±2,33	197,3±0,88	21,3±0,33	8,0±0	8,0±0	8,3±0,33	8,0±0	–	32,3±0,33
Разница	**–1**	**+0,4**	**+0,5**	**–0,2**	**0,0**	**0,0**	**–0,2**	**0,0**	–	**–0,2**
%	**–33,3**	**+0,2**	**+0,3**	**–0,9**	**0,0**	**0,0**	**–2,4**	**0,0**	–	**–0,6**
ОАО «Полесская нива»										
2011	7	158,4±1,07	181,6±1,69	19,8±0,45	8,7±0,18	7,7±0,18	7,0±0,38	7,7±0,18	–	31,1±0,67
2016	10	161,0±1,14	187,5±2,35	20,5±0,30	8,4±0,15	7,9±0,14	7,4±0,26	7,8±0,15	–	31,5±0,38
Разница	**+3**	**+2,6**	**+5,9**	**+0,7**	**–0,3**	**+0,2**	**+0,4**	**+0,1**	–	**+0,4**
%	**+42,8**	**+1,6**	**+3,2**	**+3,5**	**–3,4**	**+2,6**	**+5,7**	**+1,3**	–	**+1,3**
Стандарт										
Ганноверская порода	–	160,0	190,0	20,5	7	7	7	7		
Латвийская порода	–	160,0	190,0	20,5	7	7	7	7		

Примечание. Разница с показателями контрольной группы достоверна при: *$P<0,05$; ** $P<0,01$; ***$P<0,001$.

оценку спортивной работоспособности осуществляли путем деления суммы, полученной при оценке двигательных и прыжковых качеств на 2. Прыжковые качества – это специфические биодинамические способности лошади, уровень развития которых определяет возможность использования ее в соревнованиях по преодолению препятствий. Прыжковые качества характеризуются двумя компонентами: силой (мощностью) прыжка, оцениваемой по высоте преодолеваемого препятствия и стилем (техникой) прыжка. Последний компонент оценивается в большинстве случаев визуально, т.е. субъективно [21–24].

Результаты оценки осуществляли по 10-балльной шкале с последующей группировкой по периодам рождения молодняка: I период (1975–1984 гг.), II период (1985–1994 гг.), III период (1995–2004 гг.), IV период (2005–2010 гг.), данные приведены в табл. 4.

Как видно из приведенных в табл. 4 данных, характерной является постоянное и достоверное повышение как общей работоспособности молодняка, так и результатов его испытаний по двигательным и прыжковым качествам. По сравнению с первым периодом проведения заводских испытаний абсолютное увеличение общей оценки работоспособности жеребчиков во II периоде составило 0,37 балла***, в IV периоде – 0,90 балла***. Увеличение оценки двигательных качеств жеребчиков во II периоде составило 0,34 балла*, в IV периоде – 1,14 балла***, а прыжковых качеств во II периоде – 0,89 балла***.

Абсолютное увеличение оценки общей работоспособности кобылок во II периоде составило 0,22 балла***, III периоде – 0,40 балла**, IV периоде – 0,88 балла***. Абсолютное увеличение оцен-

Таблица 4. **Динамика спортивной работоспособности молодняка тракененской породы, Учреждение «РЦОПКС и К», 1975–2010 г., баллы**

Table 4. **Dynamics of sports performance of young animals of Trakehner breed, Institution "RCOPKS & K", 1975-2010, scores**

Показатель	Общая работоспособности				Двигательные качества				Прыжковые качества			
	Период рождения молодняка											
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Жеребчики												
x	7,50	7,87	7,57	8,49	7,20	8,15	7,34	8,34	7,80	7,63	7,78	8,65
m	0,13	0,10	0,11	0,06	0,18	0,13	0,14	0,11	0,10	0,11	0,14	0,06
Cv	13,12	14,56	12,32	8,45	19,61	18,86	16,31	14,48	10,01	16,82	16,16	7,95
Кобылки												
x	7,54	7,76	7,94	8,40	7,03	8,21	8,02	8,33	7,99	7,33	7,85	8,48
m	0,14	0,09	0,11	0,07	0,19	0,13	0,14	0,11	0,15	0,12	0,12	0,08
Cv	12,71	11,64	13,31	7,46	19,15	15,25	16,01	12,25	12,98	15,68	14,69	9,18

ки кобылок по двигательным качествам во II периоде составило 1,18 балла***, III периоде – 0,99 балла***, IV периоде – 1,30 балла. Аналогичное повышение качества кобылок за счет улучшения их прыжковых показателей в IV периоде составило 0,49 балла***.

Установлено, что повышение результативности заводских испытаний жеребчиков и кобылок было высокодостоверным, хотя и не по всем периодам проведения соревнований. Низкие показатели общей работоспособности и оценки двигательных качеств по сравнению с предшествующим периодом установлены у жеребчиков, испытанных в 1995–2004 гг., – на 0,30** и 0,81 балла*** соответственно. Аналогичная оценка двигательных качеств оказалась в этот период и у кобылок – на 0,19 балла. В последующем все показатели работоспособности молодняка были существенно улучшены.

Анализ многочисленных публикаций как в отечественной, так и зарубежной литературе по вопросу эффективности племенной и конноспортивной работы с имеющимися породами лошадей показал, что до настоящего времени отсутствуют достоверные сведения о потенциальных возможностях каждой из них. Указывается и на важнейшее значение в достижении эффективных результатов квалификационных характеристик всадника. В связи с тем, что в литературе приводятся чаще всего односторонне освещаемые единичные факты влияния происхождения лошадей на их работоспособность, мы исследовали полную базу данных ООО «Белорусская федерация конного спорта» по выступлениям лошадей верховых пород Беларуси на различных соревнованиях международного уровня. Использованы также материалы собственной картотеки лошадей лаборатории коневодства, звероводства и мелкого животноводства Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству. Учтены спортивные результаты 273 лошадей, численность которых по срокам соревнований разделили следующим образом: 14 гол. выступили до 2005 г. (5,1 %), 55 гол. – в 2006–2010 гг. (20,1 %), 129 гол. – в 2011–2015 гг. (47,2 %), 75 гол. – в 2016–2017 гг. (27,6 %). Как видим, количество выступающих на международных соревнованиях лошадей из Беларуси постепенно увеличивается. Очень важным обстоятельством является сопоставимость результатов за различные годы, так как испытывались лошади по единым тестам FEI.

Соревнования по выездке дифференцировали по уровню сложности (легкий, средний, высший), используя международные тесты FEI. Уровень технической сложности соревнований по конкуру условно обозначали звездами (от 1* до 5*), при этом важнейшее значение имела высота препятствий (от 130 до 160 см) и их количество (от 8 до 18). Высший уровень сложности – от 3* до 5*.

В соревнованиях по троеборью техническую сложность турнира обозначали количеством звезд (от 1* до 5*). Высший уровень сложности – 3*–5*, высота препятствий –140–160 см. Как ранее, так и в настоящее время основное значение при оценке придают полевым испытаниям, в ходе которых выявляют степень тренированности, выносливости, резвости и способности лошади к прыжкам, а также умение всадников использовать различные аллюры при движении по пересеченной местности.

Вполне ожидаемым в процессе исследований оказался породный состав выступавших лошадей. В связи с наличием собственной племенной базы преимущественно по тракененской породе лошади данного генотипа наиболее часто выступали на международных соревнованиях – 191 гол. (69,9 %), в них также участвовали лошади ганноверской породы – 50 гол. (18,3 %).

Чаще всего лошади тракененской породы выступали в троеборье – 51,3 %. Несмотря на распространенность в массовом конном спорте соревнований по конкуру, на международном уровне наибольших успехов конники Беларуси на всех породах достигли в соревнованиях по выездке и троеборью.

Установлено, что в основном лошади выступали в соревнованиях среднего уровня сложности – 49,6 %, легкого уровня – 30,7 %, на высшем уровне – 20,2 % лошадей. Приведенные данные свидетельствуют о достойном представительстве как национальной команды конников, так и отдельных спортсменов на международной арене.

Проанализировали индекс успеха участвующих в соревнованиях лошадей по всем видам конного спорта с учетом как уровня сложности, так и половой, породной принадлежности конепоголовья.

Последовательной положительной взаимосвязи половой принадлежности лошадей с индексом их успеха не установлено. В соревнованиях по преодолению препятствий на легком уровне наиболее успешными в тракененской породе были мерины (45,19 %), в ганноверской породе – жеребцы (36,23 %), тогда как в соревнованиях на среднем уровне лучше всех в тракененской породе выступали жеребцы (60,77 %), в ганноверской и других породах – кобылы 40,17 и 51,5 % соответственно. В соревнованиях на высшем (сложном) уровне жеребцов не испытывали, а индекс успеха у лошадей единственной испытанной породы – тракененской – оказался сравнительно невысоким – 19,47 % (мерины) и 17,56 % (кобылы). В целом в соревнованиях по преодолению препятствий на лошадях тракененской породы наблюдается относительно равномерное распределение по индексу успеха жеребцов, кобыл и меринов – 39,9; 33,6; 38,53 % соответственно. Подобной результативности среди других пород не установлено.

Среднее количество стартов за сезон варьирует: тракененская порода – от 3,0 до 6,3, ганноверская порода – от 3,3 до 5,0.

В соревнованиях по выездке стартов за сезон было больше, чем в соревнованиях по конкуру: по тракененской породе – от 4,3 до 6,2, по ганноверской – от 2,2 до 3,0. Наиболее успешными по индексу успеха были лошади, участвующие в соревнованиях на легком уровне. В тракененской породе индекс успеха варьировал от 43,67 % (кобылы) до 50,0 % (жеребцы), в ганноверской породе – от 6,98 % (кобылы) до 49,30 % (жеребцы). Максимальный индекс успеха в соревнованиях на среднем уровне в тракененской и ганноверской породах оказался у меринов – 41,0 и 51,73 % соответственно. Индекс успеха на высшем уровне у лошадей тракененской породы – 34,53–36,67 %. Наиболее высоким оказался индекс успеха у лошадей, выступавших в троеборье. В тракененской породе он варьировал от 40,6 % (мерины) до 61,81 % (жеребцы), в ганноверской породе – от 29,0 % (мерины) до 58,6 % (жеребцы).

Обобщенные данные о результатах выступлений лошадей основных верховых пород на международных соревнованиях, основанные на расчете индекса успеха, представлены в табл. 5.

Анализ данных табл. 5 показал, что независимо от спортивной дисциплины лошади тракененской породы были более успешными, что, конечно же, не может являться причиной отказа использования лошадей других пород.

Таблица 5. **Индекс успеха лошадей тракененской и ганноверской пород на международных соревнованиях, %**

Table 5. **Success index of Trakehner and Hannover breeds of horse at international competitions, %**

Дисциплина конного спорта	Тракененская порода			Ганноверская порода		
	жеребцы	кобылы	мерины	жеребцы	кобылы	мерины
Конкур	39,90	33,60	38,53	34,46	28,96	15,70
Выездка	43,61	36,58	40,71	32,47	4,44	37,05
Троеборье	61,81	45,80	40,60	58,60	14,00	29,00

Весьма показательной оказалась оценка спортивной работоспособности лошадей верховых пород различной генеалогии [22, 23]. В исследованных породах все линии восходят к известным тракененским и ганноверским предкам-родоначальникам. При анализе выступлений потомков тракененского происхождения было установлено, что в соревнованиях по конкуру наиболее успешными были лошади линий Канкара (ИУ = 49,53 %, легкий уровень сложности) и Пильгера (ИУ = 51,87 %, средний уровень сложности). Среди потомков чистокровной верховой породы лучшими в преодолении препятствий всех уровней сложности были потомки Блэндфорда хх, ИУ = 48,07 %, причем лучшими оказались выступления в соревнованиях на среднем уровне – 52,74 %.

В соревнованиях по выездке наиболее высоким индекс успеха оказался у потомков тракененских родоначальников: Пифагораза – 51,80 % и Пильгера – 46,55 %, причем у потомков Пифагораза индекс успеха был наиболее высоким в соревнованиях всех уровней сложности (36,1–61,9 %). Потомки чистокровного происхождения были более успешными в выездке по сравнению со сверстниками. Лучшие из них – потомки Дарк Рональда хх (индекс успеха в соревнованиях различного уровня сложности – 67,33–100,0 %) и Тедди хх (индекс успеха в соревнованиях различного уровня сложности – 28,68–71,41 %).

В соревнованиях по троеборью наиболее успешными были потомки Купферхаммера (ИУ = 53,56–74,12 %) и Пифагораза (ИУ = 53,52–58,08 %), а среди чистокровных линий – потомки Дарк Рональда хх (ИУ = 74,68 %).

Таким образом, наиболее успешными в соревнованиях по классическим дисциплинам конного спорта различного уровня сложности оказались представители следующих линий тракененской породы: Канкара (34,0–46,21 %), Пифагораза (30,22–51,78 %), Пильгера (41,50– 46,55 %), а также потомки чистокровных родоначальников Дарк Рональда хх (31,55–74,68 %) и Тедди хх (44,08–70,03 %).

Следует отметить наличие сравнительно небольшого количества выступавших на международных соревнованиях лошадей – потомков чистокровных родоначальников. В соревнованиях по преодолению препятствий оценено только 6 лошадей линий Дарк Рональда хх, Дугласа хх, Блэндфорда хх, в каждой из них по 2 гол. Индекс успеха у них сравнительно невысокий, менее 10 %, и только в линии Дарк Рональда хх индекс варьирует от 36,27 % в соревнованиях на легком уровне до 40,17 % – в соревнованиях на среднем уровне.

В отличие от разностороннего использования лошадей линий тракененской породы в конкуре, выездке, троеборье, лошади ганноверской породы линий Кор де ла Бриера, Леди Киллера, Коттедж Сона выступали только в конкуре, причем достигнутый ими индекс успеха пока не превышает рассчитанного по линиям тракененской и чистокровной верховой пород.

Характерным является наличие четкой спортивной специализации среди потомства оцененных производителей. Производители, зарекомендовавшие себя хорошим потомством в конкуре (Сабо, Хитон, Лескор, Каратино Z и др.), оказались на среднем уровне или среди худших по работоспособности в выездке или троеборье. Из-за продолжительности такой оценки результаты анализа могут быть не востребованы в связи с выбытием производителя.

Таким образом, в результате исследований установлено, что верховые лошади в базовых хозяйствах (Учреждение «РЦОПКС и К» Минского, ОАО «Полочаны» Молодечненского, КСУП «Тепличное» Гомельского, РСУП «Совхоз «Лидский» Лидского, ОАО «Полесская нива» Столинского районов) являются представителями тракененской, ганноверской, вестфальской, голландской, бранденбургской, латвийской, ольденбургской, чистокровной верховой пород. Такое генеалогическое разнообразие сходных по направлению использования генотипов обеспечивает возможность сравнительной оценки лучших их них для последующего племенного использования. Показано, что фенотипические показатели экспертной оценки жеребцов и кобыл высокие, превышают селекционный стандарт. Однако существенным недостатком современной системы их селекции является небольшое количество используемого племенного конепоголовья, затрудняющее интенсификацию отбора, использование в селекции не оцененных по работоспособности и качеству потомства производителей.

Выявлена положительная динамика работоспособности молодняка тракененской породы, оцененного по двигательным и прыжковым качествам за все время проведения заводских испытаний в Учреждении «РЦОПКСиК» с 1975 г.

Спортивную работоспособность 273 лошадей тракененской, ганноверской, голштинской и других верховых пород различных конноспортивных организаций Беларуси, выступавших с 2000 г. на международных соревнованиях по классическим видам конного спорта, оценивали по тестам FEI. Взаимосвязь индекса успеха лошадей с их половой принадлежностью отсутствует. Показано, что в тракененской породе индекс успеха варьировал от 40,6 % (мерины) до 61,81 % (жеребцы), в ганноверской породе – от 29,0 % (мерины) до 58,60 % (жеребцы). Независимо от спортивной дисциплины лошади тракененской породы в исследованной выборке были наиболее успешными. Выявлено влияние происхождения лошадей на их спортивную результативность. Так, в выступлениях по конкуру наиболее успешными были лошади тракененской породы линии Канкара (ИУ = 46,21 %, легкий уровень) и Пильгера (ИУ = 51,87 %, средний уровень сложности). В соревнованиях по троеборью наиболее успешными были потомки Купферхаммера (ИУ = 53,56–74,12 %) и Пифагораза (ИУ = 53,52–58,08 %), а среди чистокровных верховых – потомки Дарк Рональда xx (ИУ = 31,55– 74,65 %) и Тедди xx (ИУ = 44,08–70,03 %).

Установлено наличие четкой спортивной специализации среди потомства ряда производителей. Так, жеребцы-производители Сабо, Хитон, Лескор, Каратино Z, занявшие 1–4-е места в рейтинге работоспособности их детей по преодолению препятствий, оказались вместе с тем среди худших в соревнованиях по троеборью (8–19-е места в рейтинге потомства). В выездке потомство указанных производителей вообще не выступало. Подобные примеры характерны и для других производителей.

3. Разработка и освоение приемов фотометрии лошадей, компьютерной обработки результатов натурных съемок и видеоматериалов при выполнении ими различных элементов поступательного движения и прыжка. Новым в оценке спортивной работоспособности лошадей и установление определенный ее факторов было активное использование фотометрирования всех элементов поступательного движения и прыжка с последующей компьютерной обработкой и анализом исследованного материала. Установлено, что достаточно успешные попытки использовать фотографирование, видеосъемку лошадей для оценки их экстерьера, особенностей выполняемой работы предпринимались многими специалистами. По данной проблеме известны, например, работы Н. А. Юрасов (1936), А. С. Красников (1957) и др.; Г. Я. Артюховым и Г. Н. Сошальским; Г. А. Рождественской (1994), Ю. Г. Любимовой (1994); Dr. C. A. Bingold (2001); M. A. Holmstrom; В. Н. Дорофеевым [25–29].

Установлено, что в настоящее время наиболее эффективным направлением изучения экстерьера и биодинамики лошади является использование современных маркеров, фототехники и компьютерных программ[6].

На основе анализа указанных литературных данных, собственных исследований в конноспортивных организациях Беларуси рекомендуем следующие приемы фотометрии лошадей с последующим использованием полученных материалов для более объективной оценки лошадей.

1. Съемка производится с использованием современных цифровых фотоаппаратов как в режиме стоп-кадр, так и движущейся лошади с соблюдением зоотехнических нормативов по постановке, движению и прыжка лошади.

2. Маркирование узловых точек экстерьера проводится путем нанесения белого спрея, при отсутствии которого можно использовать маркировочную пасту, особенно на лошадях светлых мастей.

3. Съемка проводится в первой половине дня при наличии хорошего освещения и фона без помех. Фотокамера должна быть хорошо зафиксирована в руках, располагаться на уровне плече-лопаточного сочленения на высоте 130–135 см от уровня земли и перпендикулярно линии движения лошади. Желательно для фиксации фотоаппарата использовать штатив.

4. Обработку фотоснимков и отснятых видеоматериалов проводить с использованием многофункциональных компьютерных программ (PicPick – для проведения угловых измерений и Media Player Classic (MPC) – для воспроизведения видеофайлов популярных форматов, а также получения снимков с экрана в режиме стоп-кадр).

[6] Тхинвалели Г. Г. Использование биодинамических, биохимических и генетических показателей в совершенствовании хозяйственно полезных качеств лошадей русской верховой породы : автореф. дис … канд. биол. наук : 06.02.10 / Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. М., 2011. 19 с.

Выводы

1. Определено, что фенотипические показатели экспертной оценки жеребцов и кобыл сравнительно высокие, превышают селекционный стандарт, однако существенным недостатком современной системы их селекции является сравнительно небольшое количество используемого племенного конепоголовья, затрудняющее интенсификацию отбора, использование в селекции не оцененных по работоспособности и качеству потомства производителей. Исследована динамика экспертной оценки лошадей верховых пород, их экстерьерно-конституциональных характеристик и качества в процессе разведения и использования в племенных хозяйствах Беларуси с 2011 по 2016 г., которая не везде оказалась одинаковой. Плюсовые показатели достигнуты прежде всего в Учреждении «РЦОПКС и К». Отмечено повышение оценки кобыл тракененской породы по работоспособности на 0,2 балла по всему популяционному массиву.

2. Результаты соревнований дифференцированы по уровню их сложности, достигнутым показателям с использованием тестов FEI. Не установлена взаимосвязь индекса успеха лошадей с их половой принадлежностью. Показано, что троеборье является наиболее активно и успешно используемым видом конного спорта в Беларуси. Установлено, что в тракененской породе индекс успеха варьировал от 40,6 % (мерины) до 61,81 % (жеребцы), в ганноверской породе – от 29,0 % (мерины) до 58,60 % (жеребцы). Независимо от спортивной ориентации лошади тракененской породы в исследованной выборке были наиболее успешными по сравнению с другими породами. Полученные результаты не могут являться основанием для отказа от разведения в Беларуси других пород мирового уровня. Необходимость их завоза и использования в Беларуси является обоснованной, так как важнейшее значение в достижении результатов имеет происхождение. Выявлено влияние происхождения лошадей на их спортивную результативность.

3. Установлено, что важнейшим приемом фотометрии лошадей для оценки различных элементов их поступательного движения и прыжка является использование в работе современных цифровых фотокамер, позволяющих осуществлять видеосъемку. Необходимые измерения экстерьерных статей целесообразно производить с использованием традиционных инструментов, а углы сочетаний и расположение статей, суставов измерять в режиме стоп-кадр и в движении с использованием многофункциональных компьютерных программ.

Усовершенствованная оценка лошадей верховых пород Беларуси имеет практическую значимость для ученых-иппологов, спортивного коннозаводства страны, коневодов-практиков. Также результаты исследований представляют интерес для племенных и конноспортивных предприятий страны, научных организаций, связанных с получением и подготовкой спортивных лошадей для турниров как областного, республиканского, так и европейского уровня.

Благодарности. Работа по совершенствованию оценки лошадей верховых пород Беларуси выполнена в рамках задания Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы», подпрограмма «Животноводство и племенное дело».

Список использованных источников

1. *Полковникова, В.И.* Особенности прыжковых качеств верховых спортивных лошадей / В.И. Полковникова, Е.М. Зорина // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2015. – №4 (54). – С. 140–143.

2. *Рущинська, Т.М.* Спортивна роботоздатність молодняку коней української верхової породи різних генотипів / Т.М. Рущинська, І.В. Ткачова // Наук.-техн. бюл. / Ін-т тваринництва НААН України. – Харків, 2015. – №113. – С. 210–215.

3. *Демин, В.А.* Влияние соотношения статей и некоторых промеров на длину шага лошадей полукровных пород отечественной и зарубежной селекции, выступающих в соревнованиях по выездке / В.А. Демин // Зоотехния. – 2018. – №1. – С. 24–27.

4. *Бачурина, Е.М.* Фенотипические особенности, оценка двигательных качеств и работоспособности лошадей спортивного направления / Е.М. Бачурина, В.И. Полковникова // Коневодство и кон. спорт. – 2017. – №5. – С. 33–35.

5. *Воронина, С.С.* Оценка лошадей спортивных пород по комплексу признаков / С.С. Воронина, О.А. Карелина // Вестн. Совета молодых ученых Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева. – 2017. – №2 (5). – С. 21–24.

6. *Басс, С.П.* Зоотехническая оценка лошадей верховых пород, используемом в досуговом и спортивном направлениях / С.П. Басс, И.И. Рахманова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ижевск, 14–17 февр. 2017 г. : в 3 т. / Ижев. гос. с.-х. акад. – Ижевск, 2017. – Т. 3. – С. 13–16.

7. *Коробко, А. В.* Оценка племенных и спортивных показателей лошадей тракененской породы в Республиканском центре олимпийской подготовки конного спорта и коневодства / А. В. Коробко, О. В. Рачикова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2013. – Вып. 16, ч. 2. – С. 3–10.

8. *Радчикова, О. В.* Тракененская порода лошадей и перспективы ее использования в спортивном коневодстве Республики Беларусь / О. В. Радчикова, А. В. Коробко, А. В. Малыга // Повышение интенсивности и конкурентоспособности отраслей животноводства : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., 14–15 сент. 2011 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству ; ред.: И. П. Шейко [и др.]. – Жодино, 2011. – Ч. 2. – С. 304–306.

9. *Рудак, А. Н.* Генофонд лошадей ганноверской породы в Беларуси / А. Н. Рудак // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 1 : Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. Технология кормов и кормления, продуктивность. – С. 153–161.

10. Разведение лошадей ганноверской породы в Беларуси и перспективы ее дальнейшего использования / М. А. Горбуков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2014. – Т. 49, ч. 1 : Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. – С. 50–59.

11. *Герман, Ю. И.* Система разведения лошадей верховых пород в Республике Беларусь / Ю. И. Герман // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 65–74.

12. *Герман, Ю. И.* Оценка племенной ценности лошадей ганноверской и тракененской пород / Ю. И. Герман, И. П. Шейко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2017. – Т. 61, № 2. – С. 105–113.

13. Государственная книга племенных лошадей ганноверской породы / Всерос. науч.-исслед. ин-т коневодства. – Дивово : [б. и.], 1997. – Т. I, ч. II : Кобылы. – 378 с.

14. Государственная племенная книга лошадей тракененской породы / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т коневодства. – М. : Колос, 1974. – Т. 1. – 590 с.

15. *Камзолов, Б. В.* История тракененской лошади / Б. В. Камзолов. – Минск : Кавалер Паблишерс, 2002. – 384 с.

16. Государственная книга племенных лошадей ганноверской породы / Всерос. науч.-исслед. ин-т коневодства. – Дивово : [б. и.], 2009. – Т. 2. – 424 с.

17. Государственная книга племенных лошадей ганноверской породы / Всерос. науч.-исслед. ин-т коневодства. – Дивово : [б. и.], 1997. – Т. I, ч. I : Жеребцы. – 376 с.

18. Государственная племенная книга лошадей Латвийской ССР / М-во сел. хоз-ва ЛатвССР. – Рига : [б. и.], 1981. – Т. 21. – 553 с.

19. *Балтакменс, Р. А.* Улучшение показателей работоспособности конкурных лошадей латвийской породы / Р. А. Балтакменс // Выведение и микроэволюция пород лошадей в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства : тез. докл. науч. конф. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т коневодства. – Рыбное, Рязан. обл., 1988. – С. 38–39.

20. *Козельский, В. Л.* Оценка племенных лошадей тракененской породы по спортивной работоспособности потомства в Республиканском центре по конному спорту и коневодству / В. Л. Козельский, С. В. Веренич, А. А. Агеева // Учен. зап. учреждения образования «Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины». – Витебск, 2004. – Т. 40, ч. 2. – С. 93–94.

21. С природой не поспоришь: техника прыжка [Электронный ресурс] // Золотой мустанг. – 2003. – № 6 (38). – Режим доступа: http://www.goldmustang.ru/magazine/samouchitel/342.html. – Дата доступа:

22. Анализ селекционной работы с лошадьми тракененской породы по результатам оценки двигательных качеств / А. В. Дорофеева [и др.] // Достижения молодых ученых – зоотехнической науке и практике : сб. докл. науч.-практ. конф., 15 мая 2018 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т коневодства ; отв. ред. А. М. Зайцев ; редкол.: Т. В. Калашникова и др. – Дивово, 2018. – С. 94–101.

23. *Громова, Т. В.* Оценка спортивной работоспособности лошадей ганноверской породы конефермы АГАУ / Т. В. Громова, Н. А. Кириллова, И. О. Бояринова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сб. науч. докл. XVIII Междунар. науч.-практ. конф., г. Новосибирск, 16–17 сент. 2015 г. / Федер. агентство науч. орг. [и др.] ; ред.: А. С. Донченко [и др.] ; сост.: Ю. И. Смолянинов [и др.]. – Новосибирск, 2015. – Ч. 2. – С. 105–108.

24. *Зиновьева, С. А.* Характеристика двигательных качеств лошадей фризской и ганноверской пород / С. А. Зиновьева, С. А. Козлов, С. С. Маркин // Агротехнологии XXI веке : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 11–13 нояб. 2015 г. / Перм. гос. с.-х. акад. – Пермь, 2015. – Ч. 3. – С. 31–36.

25. *Красников, А. С.* Экстерьер лошади / А. С. Красников. – М. : Сельхозгиз, 1957. – 352 с.

26. *Любимова, Ю. Г.* Исследования корреляций между статями экстерьера и структурами пород лошадей: новые математические методы, программные средства / Ю. Г. Любимова, Д. Э. Подобаева, С. А. Орловский // Проблемы племенной работы и экологически чистых технологий в коневодстве : сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т коневодства. – Дивово, 1994. – С. 244–265.

27. *Bingold C. A.* Bewegungsanalyse. Verfasser der Artikel ist soweit nicht anders vermerkt, Pferdeklinik Großostheim. 2001. – P. 18–21.

28. *Holmstrom, M.* Conformation analysis to predict performance potential / M. Holmstrom // Preventing racehorse injuries seminar. – Cheltenham, 2001. – P. 34–38.

29. *Дорофеев, В.* Техника прыжка лошадей / В. Дорофеев // Коневодство и кон. спорт. – 1973. – № 6. – С. 29–30.

References

1. Polkovnikova V. I., Zorina E. M. Peculiarities of jump qualities of riding race horses. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2015, no. 4 (54), pp. 140–143 (in Russian).
2. Rushchins'ka T. M., Tkachova I. V. Sports performance of young ukrainian rider horse breed of different genotypes. *Naukovo-tekhnichnii byuleten' Institutu tvarinnitstva NAAN Ukraïni* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kharkiv, 2015, no. 113, pp. 210–215 (in Ukrainian).
3. Demin V. A. The influence of the ratio between body parts and some measurements on the step length of the horses of semi-domestic breeds of domestic and foreign selection, performing in dressage competitions. *Zootekhniya*, 2018, no. 1, pp. 24–27 (in Russian).
4. Bachurina E. M., Polkovnikova V. I. Phenotypic features, assessment of movement qualities and performance of sport horses. *Konevodstvo i konnyi sport* [Horse breeding and equestrian sport], 2017, no. 5, pp. 33–35 (in Russian).
5. Voronina S.S., Karelina O. A. Assessment of horses of sports breeds on the complex of signs. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva* [Bulletin of the Council of young scientists of Ryazan State Agrotechnological University n.a. P. A. Kostychev], 2017, no. 2 (5), pp. 21–24 (in Russian).
6. Bass S. P., Rakhmanova I. I. Zootechnical evaluation of horses of riding breeds used in leisure and sport areas. *Nauchno obosnovannye tekhnologii intensifikatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Izhevsk, 14–17 fevralya 2017 g.* [Scientifically based technologies for the intensification of agricultural production: proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Izhevsk, February 14–17, 2017]. Izhevsk, 2017, vol. 3, pp. 13–16 (in Russian).
7. Korobko A. V., Rachikova O. V. Evaluation of breeding and sport indicators of horses of the Trakenen breed in the Republican Center for Olympic Training of Equestrian Sports and Horse Breeding. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Actual problems of intensive development of livestock: a collection of scientific papers]. Gorki, 2013, iss. 16, pt. 2, pp. 3–10 (in Russian).
8. Radchikova O. V., Korobko A. V., Malyga A. V. Trakehner horses and prospects for their use in sports horse breeding of the Republic of Belarus. *Povyshenie intensivnosti i konkurentosposobnosti otraslei zhivotnovodstva: tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (14–15 sentyabrya 2011 g.)* [Increasing the intensity and competitiveness of livestock sectors: abstracts of the International Scientific and Practical Conference (September 14–15, 2011)]. Zhodino, 2011, vol. 2, pp. 304–306 (in Russian).
9. Rudak A. N. Gene pool of Hanoverian horses in Belarus. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Zootechnical science of Belarus: a collection of scientific papers]. Zhodino, 2015, vol. 50, pt. 1, pp. 153–161 (in Russian).
10. Gorbukov M. A., German Yu. I., Rudak A. N., German A. I. Breeding of Hanoverian horses in Belarus and prospects for their further use. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Zootechnical science of Belarus: a collection of scientific papers]. Zhodino, 2014, vol. 49, pt. 1, pp. 50–59 (in Russian).
11. German Yu. I. Riding horse breeding system in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no. 1, pp. 65–74 (in Russian).
12. German Yu. I., Sheiko I. P. Estimation of the breeding value of the Hannover and Trakehner breeds of horses. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2017, vol. 61, no. 2, pp. 105–113 (in Russian).
13. *The state book of tribal Hanoverian horses. Vol. 1, pt. 2. Mares*. Divovo, 1997. 378 p. (in Russian).
14. *State pedigree book of horses of the Trakehner horses.Vol. 1*. Moscow, Kolos Publ., 1974. 590 p. (in Russian).
15. Kamzolov B. V. *The history of the Trakehner horse*. Minsk, Cavalier Publishers, 2002. 384 p. (in Russian).
16. *The state book of tribal Hanoverian horses. Vol. 2*. Divovo, 2009. 424 p. (in Russian).
17. *The state book of tribal Hanoverian horses. Vol. 1, pt. 1. Stallions*. Divovo, 1997. 376 p. (in Russian).
18. *State breed registry of horses the Latvian SSR. Vol. 21*. Riga, 1981. 553 p. (in Russian).
19. Baltakmens R. A. Improvement of performance indicators of Latvian show-jumper horse breed. *Vyvedenie i mikroevolyutsiya porod loshadei v usloviyakh intensifikatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: tezisy dokladov nauchnoi konferentsii* [Breeding and microevolution of horse breeds in the conditions of intensification of agricultural production: abstracts of the scientific conference]. Rybnoe, Ryazan region, 1988, pp. 38–39 (in Russian).
20. Kozel'skii V. L., Verenich S. V., Ageeva A. A. Evaluation of Trakehner horses in terms of the athletic performance of offspring in the Republican Center for Equestrian Sports and Horse Breeding. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny"* [Scientific notes of the educational institution "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine]. Vitebsk, 2004, vol. 40, pt. 2, pp. 93–94 (in Russian).
21. You can't argue with the nature: jumping technique. *Zolotoi mustang = Gold Mustang*, 2003, no. 6 (38). Available at: http://www.goldmustang.ru/magazine/samouchitel/342.html (accessed) (in Russian).
22. Dorofeeva A. V., Guseva G. N., Samandeeva E. G., Shakhova I. S. Analysis of breeding work with horses of the Trakenen breed based on the results of motor skills assessment. *Dostizheniya molodykh uchenykh – zootekhnicheskoi nauke i praktike: sbornik dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii, 15 maya 2018 g.* [Achievements of young scientists for the zootechnical science and practice: a collection of papers of scientific and practical conference, May 15, 2018]. Divovo, 2018, pp. 94–101 (in Russian).

23. Gromova T. V., Kirillova N. A., Boyarinova I. O. Assessment of sports performance of horses of a Hanoverian breed at a horse farm of the ASAU. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii: sbornik nauchnykh dokladov XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Novosibirsk, 16–17 sentyabrya 2015 g.)* [Agrarian science to agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria: a collection of scientific papers of the XVIII International Scientific and Practical Conference (Novosibirsk, September 16–17, 2015)]. Novosibirsk, 2015, pt. 2, pp. 105–108 (in Russian).

24. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Characteristics of motor skills of horses of the Friesian and Hanoverian breeds. *Agrotekhnologii XXI veka: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 11–13 noyabrya 2015 g.* [Agrotechnologies of the XXI century: proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, Perm, 11–13 November 2015]. Perm, 2015, pt. 3, pp. 31–36 (in Rissian).

25. Krasnikov A. S. *Horse exterior*. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1957. 352 p. (in Russian).

26. Lyubimova Yu. G., Podobaeva D. E., Orlovskii S. A. Investigations of correlations between exterior points and horse breed structures: new mathematical methods, software. *Problemy plemennoi raboty i ekologicheski chistykh tekhnologii v konevodstve : sbornik nauchnykh trudov* [Problems of breeding and environmentally friendly technologies in horse breeding: a collection of scientific papers]. Divovo, 1994, pp. 244–265 (in Russian).

27. Bingold C. A. Bewegungsanalyse. Verfasser der Artikel ist soweit nicht anders vermerkt, Pferdeklinik Großostheim. 2001. – P. 18–21.

28. Holmstrom M. Conformation analysis to predict performance potential. *Preventing racehorse injuries seminar*. Cheltenham, 2001, pp. 34–38.

29. Dorofeev V. Jumping technique of horses. *Konevodstvo i konnyi sport* [Horse breeding and equestrian sport], 1973, no. 6, pp. 29–30 (in Russian).

Информация об авторах

Герман Юрий Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. лабораторией коневодства, звероводства и мелкого животноводства, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163 Жодино, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: Belhorses@mail.ru

Горбуков Михаил Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории коневодства, звероводства и мелкого животноводства, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163 Жодино, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: Belhorses@tut.by

Information about the authors

Herman Yuri I. - Ph.D. (Agriculture), Associate Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., 222160 Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: Belhorses@mail.ru

Horbukov Mikhail A. - D.Sc. (Agriculture), Associate Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., 222160 Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: Belhorses@tut.by

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)
УДК 639.3.043.2(476:479.25)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-323-333

Поступила в редакцию 20.09.2018
Received 20.09.2018

В. Ю. Агеец[1], А. Р. Микаелян[2], Ж. В. Кошак[1], Б. Г. Бабаян[2,3], С. М. Дегтярик[1]

[1]Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь
[2]Национальный политехнический университет Армении, Ереван, Армения
[3]НПЦ «Армбиотехнология», Национальная академия наук Республики Армения, Ереван, Армения

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗРАБОТКЕ ЭФФЕКТИВНЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Аннотация: Для успешного развития рыбной отрасли в Республике Беларусь требуется обеспечение объектов аквакультуры недорогими, качественными, безопасными и эффективными комбикормами. Институт рыбного хозяйства Национальной академии наук Беларуси разрабатывает новые виды отечественного сырья из отходов перерабатывающих производств, в частности отходов переработки рыбы. Данное высокобелковое сырье является наилучшим для пресноводной рыбы, особенно для ценных видов. В настоящее время получены лабораторные образцы рыбного гидролизата, который способен заменить импортную рыбную муку на 10–15 % в составе комбикормов для рыбы, что позволит удешевить отечественный комбикорм на 7–10 %. Разработка гидролизата из отходов переработки рыбы позволит создать замкнутый цикл переработки рыбы с получением высококачественного комбикормового сырья. Разработан новый лечебно-профилактический комбикорм «Микс-Корм» и технические условия на него. Комбикорм предназначен для профилактики и лечения бактериальных инфекций карповых рыб, в его составе используется натуральный фитобиотик «Микс-Оил» в количестве 600 г/т. Подобраны режимы влаготепловой обработки комбикорма «Микс-Корм» для сохранения его активности. Производственные испытания, проведенные в рыбхозах республики, показали, что комбикорм «Микс-Корм» повышает выживаемость карпа на 80 % при борьбе с бактериальными инфекциями. Комбикорм «Микс-Корм» позволяет исключить использование антибиотиков при профилактике и лечении бактериальных инфекций карпа, что дает возможность получать экологически чистую продукцию, востребованную на мировом рынке. Новый комбикорм уже используется крупными рыбхозами Республики Беларусь (рыбхоз «Волма» и ОРХ «Селец»). Совместно с НПЦ «Армбиотехнология» Национальной академии наук Республики Армения и Национальным политехничнским университетом Армении разрабатывается натуральный консервант из отходов винного производства. Бензилимид винной кислоты, выделенный из отходов винного производства, показал высокую активность в отношении условно-патогенных штаммов сальмонеллы и стафиллококка, вызывающих высокую смертность рыбы при использовании зараженных ими комбикормов. Данная разработка в перспективе позволит сделать отечественные комбикорма конкурентоспособными по срокам хранения. **Благодарности.** Исследования выполнены в рамках следующих программ: Государственная программа научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» и Государственная научно-техническая программа «Агропромкомплекс». Авторы выражают благодарность Национальной академии наук Беларуси и Министерству сельского хозяйства Республики Беларусь за поддержку данных исследований.

Ключевые слова: аквакультура, карп, комбикорма, гидролизат, протеин, жир, рыбная мука, отходы переработки рыбы, гидролизат, фитобиотик Микс-Ойл, Микс-Корм, бактериальные инфекции, отходы винного производства, бензилимид винной кислоты

Для цитирования: Современные тенденции в разработке эффективных комбикормов для рыб / В. Ю. Агеец, А. Р. Микаелян, Ж. В. Кошак, Б. Г. Бабаян, С. М. Дегтярик // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 323–333. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-323-333

V. Y. Ageyets[1], A. R. Mikaelyan[3], Z. V. Koshak[1], B. G. Babayan[2,3], S. M. Degtyarik[1]

[1]Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
[2]National Polytechnic University of Armenia, Yerevan, Armenia
[3]SPC "Armbiotechnology", National Academy of Sciences of Armenia, Yerevan, Armenia

WAYS TO IMPROVE EFFICIENCY OF COMPOUND FEED FOR FISH

Abstract: The successful development of the fish industry in the Republic of Belarus requires the provision of aquaculture facilities with low-cost, high-quality, safe and effective feed. Institute of Fish Industry of the National Academy of Sciences of Belarus is developing new types of domestic raw materials of waste industry, in particular fish processing waste. This high-protein raw material is the best for freshwater fish, especially for valuable species. Currently, laboratory samples of fish hydrolyzate have been obtained, which can replace imported fish meal by 10–15 % in composition of compound feed for fish, which will

make it possible to reduce the price of domestic feed by 7–10 %. Development of hydrolyzate from fish processing waste will create a closed cycle of fish processing with production of high-quality compound feed raw materials. A new treatment-and-prophylactic compound feed "Mix-Feed" and its specifications have been developed. Compound feed is intended for prevention and treatment of bacterial infections of carp fish, natural phytobiotic Mix-Oil is used in its composition in the amount of 600 g/t. Moisture-and-heat treatment modes of "Mix-Feed" compound feed was selected to preserve its activity. Conducted production tests at the republic's fish farms showed that compound feed "Mix-Feed" increases survival rate of carp by 80 % when fighting against bacterial infections. Compound feed "Mix-Feed" allows to eliminate the use of antibiotics for prevention and treatment of bacterial infections of carp, which allows to obtain environmentally friendly products being in demand in the world market. The new feed has already been used at large fish farms of the Republic of Belarus (fish farm "Volma" and OFH "Selets"). In cooperation with SPS "Armbiotechnology" of the National Academy of Sciences of Armenia and the National Polytechnic University of Armenia, natural preservative from wine production wastes is being developed. Tartaric acid benzylimide, isolated from wine production waste, showed high activity against conditionally pathogenic strains of salmonella and staphylococcus, causing high mortality of fish when using contaminated compound feed. In the future, this development will allow domestic feeds to become competitive in terms of storage period. **Acknowledgments.** The study was performed within the framework of the following research programs: State program of scientific research "Quality and Efficiency of Agroindustrial Production" and State Research and Technical Program "Agropromkompleks". The authors are grateful to the National academy of sciences of Belarus and the Ministry of Agriculture of the Republic of Belarus for supporting these researches.

Keywords: aquaculture, carp, compound feed, hydrolyzate, protein, fat, fish meal, fish processing waste, phytobiotic Mix-Oil, Mix-Feed, bacterial infections, wine production waste, tartaric acid benzylimide

For citation: Ageets V. Y., Mikaelyan A. R., Koshak Z. V., Babayan B. G., Degtyaryk S. M. Modern trends in development of efficient compound feeds for fish. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 323-333 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-323-333

Введение. Как бы человечество не стремилось сохранить среду обитания, улучшить экологию, в ближайшем будущем основным источником рыбопродукции станет продукция, выращенная в аквакультуре. Однако вместе с перспективами бурного развития аквакультуры прогнозируется и вредное воздействие, которое можно разделить на следующие группы:

1) биологическое загрязнение среды обитания в самих аквакультурах за счет использования комбикормов с применением кормовых антибиотиков, стимуляторов роста и т.д.;

2) применение различных лекарственных препаратов для сохранения выращиваемого поголовья, гормональных препаратов и т.д., оказывающих негативное воздействие на здоровье людей;

3) возникновение очагов вирусных, бактериальных, грибковых и паразитарных болезней в аквакультуре.

В настоящее время до 40 % потребляемой рыбы в мире приходится на долю искусственно разведенной и выращенной [1]. В ближайшие 20–30 лет, с учетом роста населения и потребностей в белках животного происхождения, аквакультуру (карпа, форель, осетра, сома и др.) необходимо воспринимать как обоснованную необходимость [2]. В связи с этим требуется не только увеличение объемов выращиваемой рыбы, но и разработка современных био- и экологически безопасных комбикормов для рыб разных видов и возрастов, а также лекарственных препаратов и добавок, которые не оказывают пагубного воздействия как на организм человека, так и на экологию.

Развитие рыбохозяйственной деятельности предусмотрено Государственной программой развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы, где указано, что объемы производства товарной рыбы в республике достигнут 18,2 тыс. т, в том числе прудовой рыбы – 15,8 тыс. т, ценных видов рыб – 1,2 тыс. т, озерно-речной – 1,19 тыс. т. Для выращивания указанных объемов рыбы требуется около 40 тыс. т комбикормов для карпа и около 2000 т комбикормов для ценных видов рыб в год [3, 4]. В настоящее время остро стоит вопрос обеспеченности рыбхозов Республики Беларусь комбикормами, зачастую обеспеченность составляет не более 75 %, в некоторых рыбхозах 25–30 %. Главную роль в недостаточной обеспеченности комбикормами играет их стоимость, которая в среднем составляет 700 руб/т для разновозрастного карпа и от 2200 до 3800 руб/т для ценных видов рыб. При этом для удержания цены комбикорма на приемлемом уровне качество комбикормов из года в год снижается. Для снижения конечной стоимости комбикормов сильно упрощается рецептура, из рецептур комбикормов для карпа практически исключены животные протеины (рыбная, мясокостная мука), снижено содержание жиров и т.д. За рубежом большое внимание уделяют сбалансированности комбикорма по аминокислотному, жирнокислотному и витаминному составу для конкретного вида рыбы, возраста и даже условий выращивания [5]. Подобный подход позволяет сократить расход комби-

кормов за счет высокой усвояемости и тем самым повысить продуктивность рыбы, сохранность поголовья и его здоровье. В составе зарубежных комбикормов для рыб широко используются растительные и животные гидролизаты (гороховый, соевый, рыбный), вторичные продукты пищевых производств (барда, дробина, гидролизат пивных дрожжей и др.), аттрактанты, биологически активные вещества, которые в нашей стране не используются [6, 7].

Отдельной группой выделяются комбикорма для ценных видов рыб. Это наиболее дорогостоящие комбикорма, в состав которых входит до 50 % протеина и до 40 % жира, в зависимости от вида и возраста рыбы [8]. К ценным видам, выращиваемым в Республике Беларусь в настоящее время, относят радужную форель, осетровые виды и европейского сома. Рацион данных видов в естественной среде обитания на 85 % и более состоит из белковой пищи, поэтому при разработке комбикормов эта особенность их питания обязательно учитывается, причем белковая пища – это рыба, рачки, насекомые и т.д. [9]. В составе комбикормов для ценных видов рыб в качестве животного протеина используется рыбная мука. В мировой практике из-за снижения объемов рыбной муки и проблем с ее качеством стараются найти альтернативы, которые позволят ее заменить в составе комбикорма хотя бы частично [10].

В связи с этим одними из основных путей повышения эффективности комбикормов для рыб являются следующие направления исследований:

1) разработка новых видов сырья на основе вторичных продуктов пищевых производств;
2) разработка лечебно-профилактических комбикормов на основе биобезопасных препаратов.

Институт рыбного хозяйства Национальной академии наук Беларуси занимается разработкой комбикормов для рыб на протяжении 60 лет, где для этих целей была создана специализированная лаборатория. Для решения задач, поставленных перед рыбной отраслью, институтом разрабатываются современные комбикорма и новые виды сырья, совершенствуются технологии их производства. В настоящее время Институт рыбного хозяйства Национальной академии наук Беларуси плодотворно работает с зарубежными партнерами, например с Республикой Армения.

Цель работы – получить новые виды отечественного сырья из отходов перерабатывающих производств, в частности отходов переработки рыбы; изучить эффективность использования фитобиотика «Микс-Ойл» в составе комбикорма для лечения и профилактики бактериальных инфекций карпа и разработать натуральные консерванты в комбикорма для ценных видов рыб.

Основная часть. Одним из перспективных видов сырья взамен рыбной муки является рыбный гидролизат. [Рыбные белковые гидролизаты – это продукты с большим содержанием свободных аминокислот и низших пептидов, обладающие хорошими функциональными и питательными свойствами.] Получают рыбный гидролизат, как правило, из отходов переработки рыбы и некондиционной мелкой рыбы, которую нельзя использовать в пищевой промышленности, причем используют как морскую, так и пресноводную рыбу [11]. В последних работах по проблеме недоиспользования водных ресурсов отходами принято называть конечный продукт, который не имеет дальнейшего использования. Все то, что подлежит дальнейшей переработке, является сырьем [12], состав которого варьирует в зависимости от вида рыбы, из которого оно произведено, сезона и других факторов. В качестве сырья могут использоваться рыбные головы, части тканей рыбы, отделенные в ходе филетирования, кости, кожа, внутренние органы рыб. Головы и кости целесообразно перерабатывать по имеющейся технологии производства рыбной муки, в то время как мягкие ткани и внутренние органы, содержащие ценные липидную и белковую фракции, остаются невостребованными.

Для эффективной переработки сырья, содержащего как белковую, так и липидную фракции, применяется гидролиз, который позволяет получить на выходе как рыбный жир, так и рыбный белковый гидролизат. Существуют два пути проведения гидролиза – химический и ферментативный, но из-за сравнительной опасности проведения химического гидролиза, с применением опасных реагентов и не бережного отношения к сырью, предпочтительной является технология ферментативного гидролиза [13]. Известная технология комплексной переработки сырья включает в себя ферментативный гидролиз в диапазоне температур от 40–60 °С, инактивацию ферментов при 90 °С и последующую сепарацию. Основным недостатком этой технологии является приоритетное получение качественного гидролизата, нежели рыбного жира, так как в ходе процесса гидролиза жировая фракция окисляется за счет присутствия фермента липазы,

как следствие, качество готового рыбного жира ухудшается. Известная технология достаточно энергоемка из-за использования распылительной сушки, поэтому актуально проведение исследований для нахождения эффективной замены данному способу сушки. Также нужно отметить, что качество получаемых фракций зависит не только от условий переработки сырья, но и от его качества перед началом переработки, а также эффективности ферментного препарата [14–19]. Поэтому актуальным является изучение отечественных отходов переработки рыбы, разработка энергоэффективной технологии с учетом местного сырья с получением качественного рыбного гидролизата, способного частично заменить импортную рыбную муку.

При проведении научных исследований были отобраны и изучены рыбные отходы от переработки рыбы из рыбхозов Республики Беларусь. В цехах по переработке пресноводной рыбы основными отходами являются внутренности рыбы, мясокостный остаток, чешуя и шкурка. Исследование физико-химических характеристик отходов переработки пресноводной рыбы показало, что отходы от переработки карпа содержат в среднем 19–25 % сырого протеина, 25–35 % сырого жира, отходы от переработки толстолобика содержат 22–28 % сырого протеина и 40–60 % жира, а отходы от переработки прудовой рыбы (леща, карася и т.д.) – до 46 % сырого протеина и до 52 % сырого жира, причем химический состав существенно изменяется в зависимости от сезона (весна, лето, осень).

На следующем этапе исследований было определено влияние ферментного препарата, степени измельчения, гидромодуля (соотношения воды и рыбного фарша) и температуры на процесс протекания гидролиза. Были подобраны ферментные препараты белорусского производства, позволяющие гидролизовать отходы с получением продуктов гидролиза: гидролизат, рыбный жир и твердый остаток. Внешний вид конечных продуктов гидролиза представлен на рис. 1.

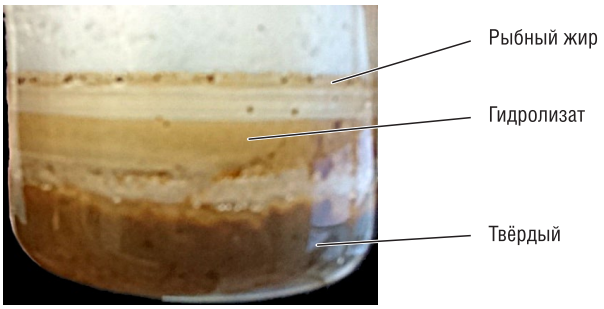


Рис. 1. Внешний вид продуктов гидролиза рыбных отходов

Fig. 1. Appearance of fish waste products hydrolysis

Подобраны технологические режимы производства рыбного гидролизата. Внешний вид полученного гидролизата представлен на рис. 2.

Рыбный гидролизат в зависимости от конечного качества может использоваться как в комбикормовой, так и пищевой промышленности. Экспериментально получено, что в составе комбикормов для ценных видов рыб рыбный гидролизат снижает содержание им-



Рис. 2. Внешний вид рыбного гидролизата, полученного из отходов пресноводных рыб: *a* – жидкий гидролизат; *b* – сухой гидролизат

Fig. 2. Appearance of fish hydrolyzate obtained from waste of freshwater fish: *a* – liquid hydrolyzate; *b* – dry hydrolyzate

карпа. Рыба получала лечебно-профилактический комбикорм с дозировкой фитобиотика «Микс-Ойл» 600 г/т в течение 5 сут. Всего за указанный период было скормлено 75 т комбикорма. Перед началом испытаний и после их окончания был проведен клинический осмотр и патологоанатомическое вскрытие рыбы для оценки физиологического состояния организма, а также произведены посевы из крови и внутренних органов карпа с целью определения степени контаминации его организма представителями условно-патогенной и сапрофитной микрофлоры. По результатам испытаний была подтверждена эффективность использования фитобиотика «Микс-Ойл» в составе комбикорма для лечения и профилактики бактериальных инфекций рыб [28]. На основании проведенных исследований был разработан новый лечебно-профилактический комбикорм «Микс-Корм» и технические условия на него – ТУ BY 100035627.020–2018 «Комбикорм гранулированный для двух- и трехлеток карпа «Микс-Корм» К-111-ЛП». В сезоне 2019 г. лечебно-профилактический комбикорм «Микс-Корм» используют для профилактики бактериальных инфекций крупнейшие рыбхозы республики – «Волма» и ОРХ «Селец».

Выводы

1. В Республике Беларусь для эффективного развития аквакультуры необходимо уделять пристальное внимание эффективности и качеству комбикормов. Институт рыбного хозяйства Национальной академии наук Беларуси разрабатывает новые виды комбикормового сырья, в частности рыбный гидролизат. В настоящее время получены экспериментальные образцы рыбного гидролизата, который способен на 10–15 % заменить импортную рыбную муку в составе комбикормов для ценных видов рыб, что позволит удешевить отечественный комбикорм на 7–10 %.

2. Разработан новый лечебно-профилактический комбикорм «Микс-Корм». Комбикорм предназначен для профилактики и лечения бактериальных инфекций карповых рыб, в его составе используется натуральный фитобиотик «Микс-Оил», выживаемость рыбы при использовании данного комбикорма для лечения аэромоноза карпа составляет 80 %.

3. Для повышения конкурентоспособности отечественных комбикормов для ценных видов рыб требуется использовать консерванты и стабилизаторы, как в зарубежных комбикормах. В то же время нужно использовать натуральные природные консерванты, поэтому совместно с НПЦ «Армбиотехнология» Национальной академии наук Республики Армения и Национальным политехничнским университетом Армении разрабатывается натуральный консервант из отходов винного производства. Из отходов винного производства был выделен бензилимид винной кислоты, который показывает высокую активность в отношении условно-патогенных штаммов сальмонеллы и стафиллокока, вызывающих высокую смертность рыбы при использовании зараженных ими комбикормов.

Использование полученных результатов в рыбной отрасли позволит развить полный цикл переработки пресноводной рыбы в республике с получением высококачественного и высокотехнологичного белкового продукта, позволит решить проблему нехватки животного протеина в аквакультуре, а также постепенно исключить антибиотики при профилактике и лечении бактериальных инфекций карпа, что позволит получать экологически чистую продукцию.

Благодарности. Исследования выполнены в рамках следующих программ: Государственная программа научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» и Государственная научно-техническая программа «Агропромкомплекс». Авторы выражают благодарность Национальной академии наук Беларуси и Министерству сельского хозяйства Республики Беларусь за поддержку данных исследований.

Список использованных источников

1. *Егоров, С. С.* Развитие рыбохозяйственного комплекса: эколого-экономический аспект / С. С. Егоров // Вестн. Самар. гос. ун-та. – 2013. – № 7 (108). – С. 25–29.

2. *Левкина, Е. В.* Эффективность рыбной отрасли: теория, методология и практика / Е. В. Левкина, М. Е. Василенко// Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – № 6 (19). – Режим доступа: https://naukovedenie.ru/PDF/27EVN613.pdf. – Дата доступа: 13.08.2018.

3. *Агеец, В. Ю.* Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 2. – С. 91–99.

4. *Барулин, Н. В.* Стратегия развития осетроводства в Республике Беларусь / Н. В. Барулин // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 2. – С. 82–90.

5. FEFAC анализирует производство комбикормов в ЕС // Комбикорма. – 2014. – № 9. – С. 43–44.

6. *Абросимова, Н. А.* Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Ростов н/Д : Эверест, 2005. – 144 с.

7. *Гамыгин, Е. А.* Проблемы разработки и качества комбикормов для рыб / Е. А. Гамыгин, А. Н. Канидьев, В. И. Турецкий // Вопросы разработки и качества комбикормов : сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. – М., 1989. – Вып. 57. – С. 3–8.

8. *Желтов, Ю. А.* Рецепты комбикормов для выращивания рыб разных видов и возрастов в промышленном рыбоводстве / Ю. А. Желтов ; Укр. акад. аграр. наук, Ин-т рыб. хоз-ва. – Киев : ИНКОС, 2006. – 154 с.

9. *Агеец, В. Ю.* Современное состояние и перспективы развития комбикормов для пресноводных рыб / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2016. – Вып. 32. – С. 75–86.

10. *Остроумова, И. Н.* Проблема качества рыбной муки и других компонентов в кормах для рыб / И. Н. Остроумова, А. К. Шумилина, А. В. Козьмина // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период : материалы междунар. науч. конф., г. Ростов-на-Дону, 28 сент. – 2 окт. 2015 г. / Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Ростов н/Д, 2015. – С. 127–129.

11. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of proteinhydrolysate from grass carp (Ctenopharyngodon idella) skin / J. Wasswa [et al.] // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 104, № 4. – P. 1698–1704. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.044

12. *Rustad, T.* Utilisation of marine by-products / T. Rustad // Electronic J. of Environmental, Agr. a. Food Chemistry. – 2003. – Vol. 2, № 4. – P. 458–463.

13. *Максимова, Е. М.* Разработка технологии утилизации белковых отходов методом ферментативного гидролиза / Е. М. Максимова // Вестн. МГТУ. – 2006. – Т. 9, № 5. – С. 875–879.

14. *See, S. F.* Optimization of enzymatic hydrolysis of Salmon (Salmo Salar) skin by Alkalase / S. F. See, L. L. Hoo, A. S. Babji // Intern. Food Research J. – 2011. – Vol. 18, № 4. – P. 1359–1365.

15. *Šližyte, R.* Enzymatic hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products: optimization of yield and properties of lipid and protein fractions / R. Šližyte, I. Storrø, T. Rustad // Process Biochemistry. – 2005. – Vol. 40, № 12. – P. 3680–3692. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.04.007

16. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellow fin tuna (Thunnus albacares) wastes using Alcalase / F. Guérard [et al.]. // J. of Molecular Catalysis B: Enzymatic. – 2001. – Vol. 11, N 4–6. – P. 1051–1059. https://doi.org/10.1016/s1381-1177(00)00031-x

17. *Максимюк, Н. Н.* О преимуществах ферментативного способа получения белковых гидролизатов / Н. Н. Максимюк, Ю. В. Марьяновская // Фундам. исслед. – 2009. – № 1. – С. 34–35.

18. *Якубке, Х. Д.* Аминокислоты, пептиды, белки / Х.-Д. Якубке, Х. Ешкайт ; пер. с нем. Н. П. Запеваловой, Е. Е. Максимова ; под ред. Ю. В. Митина. – М. : Мир, 1985. – 455 с.

19. *Виннов, А. С.* Кинетический анализ процесса ферментативного гидролиза белков мышечной ткани рыбы / А. С. Виннов, Н. В. Долганова // Вестн. Астрах. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыб. хоз-во. – 2013. – № 3. – С. 153–161.

20. *Кошак, Ж. В.* Проблемы качества сырья, используемого в комбикормах для рыб / Ж. В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2017. – Вып. 33. – С. 144–155.

21. Obtaining bioactive additives of cyclic structure on the basis of optically active tartaric acid / N. A. Dashchyan [et al.] // Bull. of Nat. Polytechnic Univ. of Armenia. – 2014. – N 2. – P. 682–688.

22. *Гусева, Ю. А.* Оптимизация кормления – одно из условий получения безопасной рыбной продукции / Ю. А. Гусева // Рыбоводство и рыб. хоз-во. – 2018. – № 4 (147). – С. 56–63.

23. Teuber, M. Veterinary use and antibiotic resistance / M. Teuber // Current Opinion in Microbiology. – 2001. – Vol. 4, N 5. – P. 493–499. https://doi.org/10.1016/s1369-5274(00)00241-1

24. Gatesoupe, F. J. The use of probiotics in aquaculture / F. J. Gatesoupe // Aquaculture. – 1999. – Vol. 180, N 1–2. – P. 147–165. https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00187-8

25. Sugita, H. The vitamin B12 – producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish / H. Sugita, C. Miyajima, Y. Deguchi // Aquaculture. – 1991. – Vol. 92. – P. 267–276. https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90028-6

26. Про- и фитобиотики в кормлении крупного рогатого скота / Р. В. Некрасов [и др.] // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 6 (38). – С. 225–228.

27. *Подобед, Л. И.* Фитобиотики – место и роль в системе эффективного кормления животных и птицы / Л. И. Подобед // Ефективні корми та годівля. – 2007. – № 3. – С. 15–18.

28. *Кошак, Ж. В.* Влияние влаготепловой обработки на эффективность лечебно-профилактического комбикорма для карпа с фитобиотиком Микс-Ойл / Ж. В. Кошак, С. М. Дегтярик, А. Э. Кошак // Пищевая пром-сть: наука и технологии. – 2017. – № 3 (37). – С. 67–73.

Reference

1. Egorov S. S. Development of fishery industry: ecological and economic aspects. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Samara State University], 2013, no. 7 (108), pp. 25–29 (in Russian).

2. Levkina E. V., Vasilenko M. E. Effectiveness of the fishing industry: theory, methodology and practice. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»* [Internet magazine “Science”], 2013, no. 6. Available at: https://naukovedenie.ru/PDF/27EVN613.pdf (accessed 13.08.2018) (in Russian).

3. Ageets V. Yu., Koshak Zh. V., Koshak A. E. Problems and prospects of biologically full feed for fish in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2017, no. 2, pp. 91–99 (in Russian).

4. Barulin N. V. Strategy for sturgeon breeding in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2017, no. 2, pp. 82–90 (in Russian).

5. FEFAC's analysis of compound fish production in the EU. *Kombikorma = Compound Feeds*, 2014, no. 9, pp. 43–44 (in Russian).

6. Abrosimova N. A., Abrosimov S. S., Saenko E. M. *Fodder raw materials for aquaculture objects*. Rostov on Don, Everest Publ., 2005. 144 p. (in Russian).

7. Gamygin E. A., Kanid'ev A. N., Turetskii V. I. Problems of the development and quality of mixed fodders for fish. *Voprosy razrabotki i kachestva kombikormov: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of the development and quality of mixed fodders: a collection of scientific papers]. Moscow, 1989, iss. 57, pp. 3–8 (in Russian).

8. Zheltov Yu. A. Recipes of mixed fodders for raising fish of different species and ages in industrial fish farming. Kiev, INKOS Publ., 2006. 154 p. (in Russian).

9. Ageets V. Yu., Koshak Zh. V. Modern status and compound feeds development prospects for freshwater fish. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2016, iss. 32, pp. 75–86 (in Russian).

10. Ostroumova I. N., Shumilina A. K., Koz'mina A. V. Problem of the quality of fishmeal and other components in fish feeds. *Aktual'nye problemy akvakul'tury v sovremennyi period: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, g. Rostov-na-Donu, 28 sentyabrya – 2 oktyabrya 2015 g.* [Actual problems of aquaculture in the modern period: materials of the International scientific conference, Rostov-on-Don, September 28 – October 2, 2015]. Rostov on Don, 2015, pp. 127–129 (in Russian).

11. Wasswa J., Tang J., Gu X. H., Yuan X. Q. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of proteinhydrolysate from grass carp (Ctenopharyngodon idella) skin. *Food Chemistry*, 2007, vol. 104, no. 4, pp. 1698–1704. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.044

12. Rustad T. Utilisation of marine by-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2003, vol. 2, no. 4, pp. 458–463.

13. Maksimova E. M. Development of the technology for utilization of protein waste by the enzymatic hydrolysis method. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Murmansk State Technical University*, 2006, vol. 9, no. 5, pp. 875–879 (in Russian).

14. See S. F., Hoo L. L., Babji A. S. Optimization of enzymatic hydrolysis of Salmon (Salmo Salar) skin by Alkalase. *International Food Research Journal*, 2011, vol. 18, no. 4, pp. 1359–1365.

15. Šližyte R., Storrø I., Rustad T. Enzymatic hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products: optimization of yield and properties of lipid and protein fractions. *Process Biochemistry*, 2005, vol. 40, no. 12, pp. 3680–3692. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.04.007

16. Guérard F., Dufossé L., De La Broise D., Binet A. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellow fin tuna (Thunnus albacares) wastes using Alcalase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 2001, vol. 11, no. 4–6, pp. 1051–1059.

17 Maksimyuk N. N., Mar'yanovskaya Yu.V. On the advantages of the enzymatic method of obtaining protein hydrolysates. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundmental Research*, 2009, no. 1, pp. 34–35 (in Russian).

18 Jakubke H.-D., Jeschkeit H. *Aminosäuren, Peptide, Proteine : eine Einführung.* 3 Aufl. Berlin, Akademie Verlag, 1982. 505 p.

19. Vinnov A. S., Dolganova N. V. Kinetic analysis of the enzymatic hydrolysis of fish muscle tissue protein. Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaistvo = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies, 2013, no. 3, pp. 153–161 (in Russian).

20. Koshak Zh. V. Problems of quality of raw materials mixed fodder. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2017, iss. 33, pp. 144–155 (in Russian).

21. Dashchyan N. A., Asatryan N. L., Galstyan G. F., Mikaelyan A. R. Obtaining bioactive additives of cyclic structure on the basis of optically active tartaric acid. *Bulletin of National Polytechnic University of Armenia*, 2014, no. 2, pp. 682–688.

22. Guseva Yu. A. Optimization of feeding one of the conditions of receiving safe fish products. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo* [Fish and Fisheries], 2018, no. 4 (147), pp. 56–63 (in Russian).

23. Teuber M. Veterinary use and antibiotic resistance. *Current Opinion in Microbiology*, 2001, vol. 4, no. 5, pp. 493–499. https://doi.org/10.1016/s1369-5274(00)00241-1

24. Gatesoupe F. J. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*, 1999, vol. 180, no. 1–2, pp. 147–165. https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00187-8

25. Sugita H., Miyajima C., Deguchi Y. The vitamin B12 – producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish. *Aquaculture*, 1991, vol. 92, pp. 267–276. https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90028-6

26. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Ushakova N. A., Pravdin V. G., Kravtsova L. Z. Probiotic and phytobiotics in feeding of cattle. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2012, no. 6 (38), pp. 225–228 (in Russian).

27. Podobed L. I. Phytobiotics – the place and role in the system of effective feeding of animals and birds. *Efektivni kormi ta godivlya* [Effective feeds and feeding], 2007, no. 3, pp. 15–18 (in Russian).

28. Koshak Zh. V., Degtyarik S. M., Koshak A. E. Influence of water-heat treatment on the efficiency of treatment-prophylactic mixed fodder for carp with phytobiotic Mics-Oil. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii = Food Industry: Science and Technology*, 2017, no. 3 (37), pp. 67–73 (in Russian).

Сведения об авторах

Агеец Владимир Юльянович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Республики Беларусь (ул. Стебенева 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Кошак Жанна Викторовна – кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией кормов, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Республики Беларусь (ул. Стебенева 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Микаелян Арам Размикович – кандидат химических наук, доцент, научный руководитель базовой научно-исследовательской лаборатории «Получение сельскохозяйственных ядохимикатов и контроль качества», Национальный политехнический университет Армении (ул. Терьяна, 105, 0009 г. Ереван, Республика Армения). E-mail: aramrm@seua.am

Бабаян Белла Гагиковна – магистр, младший научный сотрудник базовой научно-исследовательской лаборатории: «Получение сельскохозяйственных ядохимикатов и контроль качества», Национальный политехнический университет Армении (ул. Терьяна, 105, 0009 г. Ереван, Республика Армения), НПЦ «Армбиотехнология», Национальная академия наук Республики Армения, Ереван, Армения. E-mail: Bbg.15.04@mail.ru

Дегтярик Светлана Михайловна – кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией болезней рыб, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Республики Беларусь (ул. Стебенева 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Information about the authors

Ageets Vladimir Yu. - D.Sc.(Agriculture), Professor. Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva Str., 220024 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Koshak Zhanna V. - Ph.D (Engineering), Associate Professor. Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva Str., 220024 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Mikaelyan Aram R. - Ph.D (Chemistry), Associate Professor. National Polytechnic University of Armenia (105 Teryan Str., Yerevan 0009, Republic of Armenia). E-mail: aramrm@seua.am

Babayan Bella G. - Master. National Polytechnic University of Armenia (105 Teryan Str., Yerevan 0009, Republic of Armenia), SPC “Armbiotechnology”, National Academy of Sciences of Armenia, Yerevan, Armenia. E-mail: Bbg.15.04@mail.ru

Degtyarik Svetlana M. - Ph.D (Biology), Associate Professor. Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva Str., 220024 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)
УДК [619:616.98:578.824.11-085.371]:639.113.1(476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-334-343

Поступила в редакцию 19.02.2019
Received 19.02.2019

Д. В. Бучукури, Н. А. Ковалев, Ю. В. Ломако, Д. С. Борисовец, С. В. Великий, Д. О. Шпилевский

Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

ВАКЦИНОСОДЕРЖАЩАЯ БЕЗБЛИСТЕРНАЯ ПРИМАНКА ДЛЯ ПЕРОРАЛЬНОЙ ИММУНИЗАЦИИ ПЛОТОЯДНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРОТИВ БЕШЕНСТВА

Аннотация: Бешенство – абсолютно смертельное острое вирусное заболевание, поражающее человека и всех теплокровных животных, которое распространено во многих странах мира, в том числе и в Беларуси. Основным источником заражения вирусом бешенства являются дикие плотоядные животные, главным образом лисицы, поэтому разработка и усовершенствование средств и методов профилактики указанного заболевания среди диких плотоядных животных, в частности пероральной иммунизации плотоядных животных, имеет важное научно-практическое значение. Сконструирована антирабическая вакцина для перорального применения в форме безблистерной приманки, состоящей из селекционированного нами фиксированного вируса бешенства – штамм КМИЭВ-94 (71БелНИИЭВ–ВГНКИ М), мясокостной и пшеничной муки, желатина, глицерина и тетрациклина. Разработана технология изготовления усовершенствованной высокоиммуногенной безблистерной вакциносодержащей приманки для пероральной вакцинации диких плотоядных животных против бешенства. Изучены иммунологическая и противоэпизоотическая эффективности вакциносодержащих приманок. Установлено, что применение разработанной вакциносодержащей безблистерной антирабической приманки в природных условиях экологически безопасно, так как входящий в ее состав вирус бешенства «КМИЭВ-94» является глубоко аттенуированным, апатогенным для мышевидных грызунов и плотоядных животных при пероральном введении, не обладает реверсибельностью и через 9 дней хранения приманки при температуре плюс 18–20 °С инактивируется. Высокая эффективность, безвредность простата технологии изготовления разработанной приманки свидетельствуют о перспективности ее внедрения в практику, что позволит снизить заболеваемость животных бешенством.

Ключевые слова: бешенство, антирабическая вакцина, пероральная иммунизация, дикие плотоядные животные, безблистерная вакциносодержащая приманка, штамм вируса КМИЭВ-94 антирабическая вакцина, безблистерная приманка

Для цитирования: Вакциносодержащая безблистерная приманка для пероральной иммунизации плотоядных животных против бешенства / Д. В. Бучукури, Н. А. Ковалев, Ю. В. Ломако, Д. С. Борисовец, С. В. Великий, Д. О. Шпилевский // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 334–343. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-334-343

D. V. Buchukuri, N. A. Kovalev, Y. V. Lamaka, D. S. Barysavets, S. V. Velikiy, D. O. Shpilevskiy

S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

VACCINE-CONTAINING BLISTER-FREE BAIT FOR ORAL IMMUNIZATION OF CARNIVOROUS ANIMALS AGAINST RABIES

Abstract: Rabies is absolutely lethal acute viral disease that affects humans and all warm-blood animals, which is common in many countries of the world, including Belarus. Wild carnivorous animals, mainly foxes, are the main source of rabies virus infection, therefore development and improvement of means and methods for preventing this disease among wild carnivores, in particular oral immunization of carnivorous animals, is of great research and practical importance. Anti-rabies vaccine was developed for oral use in the form of a blister-free bait consisting of fixed rabies virus selected by us – strain KMIEV-94 (71 BelNIIEV–VGNKI M), meat and bone meal and wheat flour, gelatin, glycerin and tetracycline. Technology for manufacture of improved highly immunogenic blister-free vaccine-containing bait for oral vaccination of wild carnivorous animals against rabies was developed. Immunological and anti-epizootic efficiency of vaccine-containing baits was studied. It was determined that use of the developed vaccine-containing blister-free anti-rabies bait in natural conditions is ecologically safe, since KMIEV-94 rabies virus is deeply attenuated and apathogenic for rodents and carnivorous animals after oral administration, does not have reversibility and after 9 days of storing the bait at a temperature of 18–20 °C is inactivated. High efficiency, safety, simple manufacturing technology of the developed bait indicate prospects of its introduction into practice, which will reduce the incidence of rabies in animals.

Keywords: rabies, anti-rabies vaccine, oral immunization, wild carnivores, blister-free vaccine-containing bait, KMI-EV-94 virus strain, blister-free bait

For citation: Buchukuri D. V., Kovalev N. A., Lamaka Y. V., Barysavets D. S., Velikiy S. V., Shpiylevskiy D. O. Vaccine-containing blister-free bait for oral immunization of carnivorous animals against rabies. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 334-343 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-334-343

Введение. Бешенство – абсолютно смертельное острое вирусное заболевание, поражающее человека и всех теплокровных животных, которое распространено во многих странах мира, в том числе и в Беларуси. По данным ВОЗ и МЭБ, ежегодно от бешенства в мире погибают от 55 до 59 тыс. человек и более 1 млн животных [1, 2].

По своей социально-экономической значимости оно занимает одно из ведущих мест в инфекционной патологии, поэтому изучению бешенства, разработке мер профилактики и борьбы с ним уделяется исключительно большое внимание. Специфические методы лечения при данном заболевании отсутствуют, одной из основных мер борьбы с бешенством была и остается антирабическая вакцинация.

Вакцинопрофилактика бешенства имеет вековую историю. Созданная впервые Луи Пастером мозговая вакцина в свое время сыграла большую роль в борьбе с бешенством, однако она имела существенные недостатки, что побуждало исследователей на поиски новых путей совершенствования препарата. За прошедшие годы появилось много различных модификаций антирабических вакцин, авторы которых стремились повысить их иммуногенные свойства: с одной стороны – путем отбора новых вакцинных штаммов и повышения стабильности вакцин при хранения, с другой – путем изыскания иных систем (кроме мозга) для культивирования вируса бешенства, а также способов очистки вируса от сопутствующих балластных веществ и инактивации инфекционности входящего в состав вакцины вируса [3–6].

В Институте экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского в результате многолетних исследований впервые в СССР и Беларуси были селекционированы культуральный вакцинный вирус бешенства – штамм 71 БелНИЭВ-ВГНКИ и более биологически активный штамм КМИЭВ-94 (БелНИЭВ-ВГНКИ М), сконструированы и внедрены в производство антирабические вакцины «БЕЛРАБ» и «РАБИРИФ» для парентерального применения домашним животным[1].

В последние десятилетия резервуаром и главным источником вируса бешенства в Беларуси являются дикие плотоядные, в первую очередь лисицы и енотовидные собаки, на долю которых приходится около 72 % всех случаев заболевания [7]. Следовательно, наиболее эффективным способом борьбы с бешенством становится ликвидация очагов инфекции в популяции лисиц и других плотоядных. Для этого осуществляемые меры борьбы с бешенством должны быть направлены на снижение плотности популяции данного вида животных.

Комитет экспертов ВОЗ считает, что для предупреждения роста эпизоотии бешенства плотность лисиц не должна превышать двух особей на 10 км^2. Однако проводимые мероприятия, направленные на снижение численности лисиц, дают лишь временный эффект и не решают проблему, о чем свидетельствует опыт ряда европейских стран [8, 9]. Кроме того, эти мероприятия могут нарушить экологическое равновесие в природе и привести к отрицательным последствиям. Поэтому в основу профилактики бешенства среди диких плотоядных в настоящее время наряду со снижением их численности применяется пероральная вакцинация, которая технически осуществима в природных условиях. Для изготовления аттенуированных вакцин перорального применения в различных странах используют ряд аттенуированных, модифицированных

[1] Штамм «Rabies fix-71 БелНИИЭВ-ВГНКИ» № 29 для приготовления вакцины против бешенства : а. с. BY 1091393 / Н. А. Ковалев [и др.] ; Аттенуированый штамм вируса бешенства Rabies fix КМИЭВ-94 – штамм-антиген, вакцина культуральная на его основе для пероральной иммунизации плотоядных животных против бешенства и способ получения вакцины : пат. BY13935 / Д. В. Бучукури, Н. А. Ковалев, А. А. Гусев, М. М. Усеня, П. А. Красочко, Т. А. Савельева, Т. Н. Буркун. Опубл. 30.12.2010; Способ изготовления антирабической инактивированной вакцины для сельскохозяйственных животных : пат. RU 2244557 / В. И. Жестерев, Т. Ф. Горшкова, О. Г. Лаптева, В. И. Балышева, Е. М. Хрипунов, Н. А. Ковалев, М. М. Усеня. Опубл. 20.01.2005; Инактивированная вакцина для профилактики бешенства у животного : пат. BY 12751 / Н. А. Ковалев, П. И. Уласович, М. М. Усеня, Д. В. Бучукури. Опубл. 30.12.2009

штаммов и генноинженерных рекомбинантов: PV Paris, SAD, SAD B, SAD B19, SAD P5/88, SAG1, SAG2, Внуково 32, ТС-80, РВ-97, VRG, ERA G333, Flury Hep и др. [10–17].

Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского в 1980-х годах для пероральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства предложил вакцину из штамма «71 БелНИИЭВ-ВГНКИ», которая в практических условиях показала удовлетворительную эффективность. В дальнейшем была сконструирована новая высокоиммуногенная, технологически экономичная вакцина из модифицированного высокоиммуногенного штамма вируса бешенства «КМИЭВ-94» для пероральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства и отработана рациональная технология ее приготовления.

Производство вакциносодержащих приманок налажено в Институте экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского и ОАО «БелВитунифарм». Применение указанных приманок в ряде республик СССР и стран СНГ (Беларуси, России, Украине, Литве, Грузии) оказалось эффективным и способствовало в обработанных регионах снижению заболеваемости животных бешенством[2] [18–20].

Однако производимые в настоящее время в Беларуси и в других странах вакциносодержащие антирабические приманки имеют ряд недостатков. Нуждается в улучшении состав приманок, привлекательность их для плотоядных животных, технология изготовления. Недостаточная прочность консистенции приманок затрудняет применение их с помощью авиации, а состав не всегда привлекает животных. При поедании приманок плотоядные животные в 50 % случаев и более не раскусывают содержащийся в них плотный блистер с вакциной, а выплевывают его, поэтому у отстреленных животных часто обнаруживают только тетрациклиновую метку, а вируснейтрализующие антитела в сыворотке крови отсутствуют. Все это снижает противоэпизоотическую эффективность перорального способа вакцинации диких животных против бешенства с помощью существующих вакциносодержащих приманок.

Цель работы – сконструировать и разработать технологию изготовления усовершенствованной высокоиммуногенной безблистерной вакциносодержащей приманки для пероральной вакцинации диких плотоядных животных против бешенства.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в отделе вирусных инфекций, виварии Института экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского, виварии Витебской государственной академии ветеринарной медицины и в Молодечненском районе Минской области в 2016–2018 гг.

Подопытные животные. В исследовании использованы белые мыши и собаки. Нелинейных белых мышей массой 6–8 г получали из питомника Института экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского, собак различных пород массой 10–15 кг – из вивария Витебской государственной академии ветеринарной медицины.

Штаммы вирусов. Фиксированный вирус бешенства (штамм «КМИЭВ-94») был селекционирован в Институте экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского из штамма «71 БелНИИЭВ-ВГНКИ» и адаптирован к культурам клеток ВНК-21, Vero, ПС. Фиксированый вирус бешенства (штамм «CVS») получен из лаборатории профилактики бешенства Института полимиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР.

Биопрепараты. Для исследований на бешенство мозга животных, а также для титрации вируса бешенства и определения титров антирабических антител в RFFIT использовали антирабический гамма-глобулин «Bio-Rad» (Франция) и флюоресцирующий антирабический гамма-глобулин (Россия).

Культуры клеток. Для культивирования фиксированных вирусов бешенства использовали перевиваемую культуру клеток ВНК-21/13 и питательную среду ИГЛА МЕМ.

Фармпрепараты и компоненты. Для приготовления приманок использовали тетрациклин гидрохлорид, муку мясокостную (ГОСТ 17536–82), муку пшеничную, глицерин, желатин.

---

[2] Вакцина для пероральной иммунизации плотоядных животных против бешенства и способ приготовления вакцины : а. с. 1120701 СССР / Н. А. Ковалев, Т. Л. Сорокина, Э. В. Ивановский, Д. Ф. Осидзе, А. С. Шашенько, В. П. Давыденко. Заявл. 22.06.1984.

Титрация вируса бешенства и определение титра вируснейтрализующих антител. Титрацию вируса бешенства проводили на белых мышах и на культуре клеток методом RFFIT, определение титра вируснейтрализующих антител – в РН на белых мышах[3].

Получение вирусного сырья для изготовления вакцины осуществляли реакторным и роллерным способами.

Определение контаминации вируса бактериями и грибами. Для проверки вируссодержащей жидкости на контаминацию бактериями и грибами отобранные пробы высевали в пробирки с МПА, агаром Сабуро – по 0,5 мл, во флаконы с МПБ и МППБ под вазелиновым маслом – по 1 см^3. Питательные среды с посевами выдерживали в течение 10 дней, а с пересевами – в течение 7 дней при температуре 37 ± 0,5 °С (для агара Сабуро – от 20 до 24 °С). Все посевы вируссодержащей жидкости были стерильными.

Схема исследования:

1) отработка эффективного способа репродукции вакцинного вируса бешенства;
2) конструирование рациональной вакциносодержащей приманки;
3) изучение иммунологической и пртивоэпизоотической эффективности вакциносодержащих приманок.

Результаты и их обсуждение

1. Отработка эффективного способа репродукции вакцинного вируса бешенства. Первоначально был отработан эффективный способ суспензионного культивирования культуры клеток ВНК-21/13 со средой Игла МЕМ. Оптимальными параметры культивирования были: температура культивирования – 36,6–37,0 °С; скорость перемешивания клеток в зависимости от типа реактора, объема заполнения и типа мешалки – 55–65 и 70–140 об/мин; режим аэрации в биореакторах барботажного типа – 2,5–30 и 7,5–75 л/ч спустя 2 ч после загрузки клеток; показатель концентрации водородных ионов среды – рН 6,9–7,4 (регулировали 7,5%-ным раствором бикарбоната натрия). Исходная посевная концентрация клеток составляла 500–700 кл/мл.

Динамика накопления зараженных клеток сохранялась в логарифмической фазе до 48–63 ч, после чего интенсивность их размножения снижалась. При оптимальном соотношении клеток ВНК-21/13 и вируса бешенства в биореакторе максимальное накопление вируса происходило через 72 ч при падении процента живых клеток до 85–90 и увеличении их концентрации до 2,1–2,5 млн/мл.

Промышленное культивирование клеток ВНК-21/13 и вакцинного вируса бешенства – штамма «КМИЭВ-94» – проводили в биореакторе «BioFlo-5000» (США). Данный реактор с рабочим объемом 90 л позволяет культивировать культуру клеток ВНК 21/13 без смены среды в течение 72–94 ч. Оптимальная посевная концентрация клеток составляла 700–1000 тыс/мл, а конечная – 2,1–2,6 млн/мл. Сохранение живых клеток достигало 90–98 %. В качестве питательной среды использовали Игла МЕМ с добавлением 10 % сыворотки крови крупного рогатого скота. Подача очищенного воздуха, питательной среды и поддерживание уровня рН 7,2 осуществлялась после настройки в автоматическом режиме. Температура жидкости составляла 37 ± 0,5 °С.

Начальное накопление культуры клеток ВНК-21/13 производили на среде Игла МЕМ в роллерных установках, затем клетки вносили в биореактор.

Интенсивность размножения клеток в динамике контролировали на 2, 3 и 4-е сутки путем отбора проб и проверки их концентрации, состояния структуры, стерильности и контаминации микрофлорой.

---

[3] Laboratory techniques in rabies / ed.: F. X. Meslin, M. M. Kaplan, H. Koprowski. Geneva : World Health Organization, 1996. 476 p.; Изучение иммуногенной активности жидкой культуральной инактивированной сорбированной антирабической вакцины / П. И. Уласович, Н. А. Ковалев, Д. В. Бучукури, М. М. Усеня // Ветеринарная наука – производству : науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ветеринарии им. С. Н. Вышелесского НАН Беларуси. Минск, 2005. Вып. 37. С. 158–163; Laboratory techniques in rabies / ed.: F. X. Meslin, M. M. Kaplan, H. Koprowski. Geneva : World Health Organization, 1996. 476 p.; Rabies (infection with rabies virus and other lyssaviruses) [Electronic resource] // Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals 2018 : OIE teristerrial manual 2018 / World Organisation for Animal Health. OIE, 2018. Chap. 3.1.17. Mode of access: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.17_RABIES.pdf. Date of access: 02.02.2019.

С целью репродукции вакцинного вируса бешенства в клетках ВНК-21/13 в биореактор одновременно с клетками вносили вирус – штамм «КМИЭВ-94» в количестве 0,6–0,14 $ТКИД_{50}$/кл.

Через 2, 3 и 4 сут культивирования при 37 °С при постоянном перемешивании и поддержании pH 7,2–7,4 вируссодержащую суспензию проверяли на бактериальную контаминацию и титровали на белых мышах или на культуре клеток. Исследования проводили в течение трех последовательных пассажей. Параллельно культивировали вакцинный штамм вируса на культуре клеток ВНК-21/13 на роллерной установке Wheaton science products 349005-С.

Технология промышленного культивирования клеток ВНК-21 и вакцинного вируса бешенства (штамм «КМИЭВ-94») на роллерной установке заключалась в следующем. В питательную среду с клетками в количестве 0,1–1,2 млн/мл, разлитую в роллерных флаконах по 200,0 $см^3$, вносили вирус в количестве 0,1–0,6 MLD_{50}/кл. Температура питательной среды составляла 37 ± 0,5 °С, скорость вращения флаконов – от 12 до 28 об/мин. Сбор урожая проводили на 3–4-е сутки. Конечный слив вируссодержащей суспензии проверяли на стерильность и титр вируса.

Наибольшее накопление вакцинного вируса бешенства происходило на культуре клеток ВНК-21/13 при реакторном способе культивирования (титр 7,0 ± 0,2 lg $MICLD_{50}$/мл).

При роллерном способе культивирования титр был ниже (6,8 ± 0,25) lg $MICLD_{50}$/мл. Самое низкое накопление вируса происходило при культивировании в матрасах (6,7 ± 0,25) lg $MICLD_{50}$/мл. Существенной разницы в титрах вируса через 3 и 4 сут культивирования не выявлено.

2. Конструирование рациональной вакциносодержащей приманки. Для конструирования приманки использовали мясокостную и пшеничную муку, в которую добавляли тетрациклина гидрохлорид, глицерин, желатин в виде теплого 12%-ного водного раствора и культуральный вирус бешенства, охлажденный до 2–4 °С.

Приманки готовили следующим образом. Мясокостную и пшеничную муку тщательно перемешивали. Желатин растворяли в горячей воде и добавляли туда глицерин, раствор вносили в смесь мясокостной и пшеничной муки, тщательно перемешивали и охлаждали до плюс 4 °С. В полученную массу вносили вакцинный вирус с титром 7,0 lg $MICLD_{50}$/мл, добавляли тетрациклин (метка для учета поедаемости животными приманок) и после тщательного перемешивания, приманочную массу укладывали в круглые пластиковые формы, диаметром 5 см, и готовили приманки массой 20–30 г, которые сразу замораживали при температуре минус 18–20 °С. Из 1 кг приманочной массы получали приблизительно 35–40 вакциносодержащих приманок плотной консистенции.

Было испытано 4 состава вируссодержащих безблистерных приманок с различным соотношением компонентов, которые приведены в табл. 1.

Приготовленные 4 образца приманок хранили при температуре минус 18–20 °С, плюс 4 °С и плюс 25 °С при обычной влажности и во влажной камере при плюс 4–6 °С в течение 5 и 30 дней. В период наблюдения не все приманки сохранили первоначальную форму и консистенцию. В частности, образцы приманки № 1, № 2 и № 3 при температуре плюс 25 °С и температуре

Таблица 1. **Состав и соотношение компонентов приманочной массы для изготовления 30 вакциносодержащих приманок весом 25–30 г**

Table 1. **Composition and ratio of components of bait mass for production of 30 vaccine-containing baits of 25-30 g of weight**

Иингредиент	Образцы приманок			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Мясокостная мука, г	200	180	200	250
Пшеничная мука, г	210	200	175	150
Желатин, г	65	55	40	30
Вода, $см^3$	80	90	120	100
Глицерин, мл	20	50	40	45
Тетрациклин, г	5	5	5	5
Вируссодержащая жидкость, $см^3$	100	100	100	100
Итого, г	680	680	680	680

плюс 4–6 °С во влажной камере через 7 дней стали мягкими. Наиболее устойчивым оказался образец приманки № 4.

Поедаемость приманок проверяли путем скармливания 10 собакам, ударопрочность – путем сбрасывания с высоты 15–30 м. Приманка образца № 4 хорошо поедалась собаками и после сбрасывания на земляную поверхность оставалась не расколотой, что свидетельствует о возможности распространения их с движущегося наземного и авиатранспорта.

Для разработки способа индикации вакцинного вируса из размороженных приманок готовили суспензию на охлажденном до 2–4 °С физрастворе в соотношении 1 : 2 и центрифугировали в охлажденном роторе при 4 тыс. об/мин в течение 30 мин. Надосадочную жидкость сливали стерильно, добавляли туда антибиотики (пенициллин – 100 ед/мл и стрептомицин – 100 мг/мл), выдерживали в течение 4 ч при плюс 4–8 °С и титровали на белых мышах по общепринятой методике.

Для определения сохранности вакцинного вируса бешенства в приманках при различных температурах их хранили при температурах плюс 2–8 °С, плюс 18–20 °С и минус 20 °С. Через 3, 5 и 9 сут в них определяли титр вируса по вышеуказанной методике (табл. 2).

В результате при исходном титре вируса в приманках 4,0 lg $MICLD_{50}$/мл через 3, 5 и 9 сут хранения в холодильнике (+ 2–8 °С) и в морозильнике (– 20 °С) данный показатель практический не изменился. При хранении в условиях температуры плюс 18–20 °С через 3–5 сут титр вируса снизился на 0,5–1,5 lg $MICLD_{50}$/мл, а через 9 сут – полностью инактивировался (табл. 2), при этом во все сроки хранения цвет, запах, консистенция и форма приманок не изменялись.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования вируссодержащих антирабических приманок в данные сроки при указанных температурах в природных условиях.

Для определения поедаемости и безвредности сконструированных приманок был поставлен опыт на 6 собаках. После суточного голодания 3 собакам было скормлено по 5 приманок и 3 собакам – по 10. За животными вели наблюдение в течение 30 дней. В результате поедаемость приманок составила 100 %. Все животные в течение срока наблюдения оставались живы и каких-либо отклонений от нормы не имели, что свидетельствует о хорошей привлекательности и безвредности приманок для плотоядных животных.

3. Иммунологическая и противоэпизоотическая эффективности вакциносодержащих приманок. Напряженность индуцируемого иммунитета после скармливания приманок изучали в опыте на 9 серонегативных собаках. Трем собакам после суточного голодания было скормлено по одной приманке, трем – по две приманки. Три собаки, не получившие приманки, служили контролем. Через 21 день после скармливания приманок от животных были получены сыворотки крови и исследованы на наличие вируснейтрализующих антирабических антител в реакции нейтрализации на белых мышах (табл. 3).

Как видно из табл. 3, средний титр вируснейтрализующих антител у животных, получивших по 1 приманке с вакциной, составил 6,6 log_2, а у животных, получивших по 2 приманки, – 8,7 log_2. Антитела в таких титрах защищают животных от заражения уличным

Таблица 2. **Титр вируса бешенства в приманках (lg MICLD50/мл) при различных температурах и продолжительности хранения**

Table 2. **Rabies virus titer in bait (lg MICLD50/ml) at different temperatures and storage period**

Срок хранения вакциносодержащих приманок, сут	Температура хранения, °С		
	– 20	+ 2–8	+ 18–20
0	4,0	4,0	4,0
3	4,0	4,0	3,5
5	4,0	4,0	2,5
9	4,0	3,0	–

Таблица 3. **Титр вируснейтрализующих антирабических антител у собак через 21 день после пероральной иммунизации**

Table 3. **Titer of neutralizing anti-rabies antibodies in dogs 21 days after oral immunization**

Вариант опыта	Количество животных в группе	Количество скормленных приманок	Титр вируснейтрализующих антител, log_2
Опытная группа I	3	1	6,0
			6,0
			8,0
			Средний титр 6,6
Опытная группа II	3	2	9,0
			9,0
			8,0
			Средний титр 8,7
Контрольная группа	3	0	0
			0
			0

вирусом бешенства. У контрольных животных антирабические вируснейтрализующие антитела отсутствовали [8, 20].

Для изучения иммунологической и противоэпизоотической эффективности вакциносодержащих безблистерных антирабических приманок в природных условиях по вышеописанной технологии приготовили опытную партию 400 вируссодержащих приманок, которые проверили на содержание вакцинного вируса (титр 4,0 ± 0,1 lg $MICLD_{50}$/мл), поедаемость и безвредность на 8 собаках (100 %) и иммуногенность на 8 собаках (титр антител через 21 день после скармливания – 6,0–8,7 $\log_2$).

Для изготовления опытной партии приманок брали 2,5 кг мясокостной, 1,5 кг пшеничной муки и тщательно перемешивали. Затем 300 г желатина растворяли в 1000,0 $см^3$ горячей воды и добавляли туда 450 $см^3$ глицерина, приготовленный раствор вносили в смесь мясокостной и пшеничной муки, тщательно перемешивали и охлаждали до плюс 2–4 °С. В полученную массу вносили 1000 $см^3$ вакцинного вируса бешенства с титром 6,5 lg $MICLD_{50}$/мл, добавляли 50,0 г тетрациклина и после тщательного перемешивания готовили приманки массой 20–30 г, которые сразу замораживали при температуре минус 18–20 °С.

Испытание опытной партии сконструированной антирабической пероральной вакцины для плотоядных животных в природных условиях было проведено в угрожаемых и неблагополучных по бешенству диких животных урочищах Молодечненского района Минской области общей площадью 20 $км^2$. Для этой цели были привлечены работники местной ветеринарной службы.

Приманки в количестве 400 шт. были ручным способом разбросаны в неблагополучных урочищах из расчета 20–25 приманок на $км^2$. Учет результатов производился по поедаемости приманок (через 5–7 сут) и по отсутствию заболеваемости животных бешенством через 3 мес. Кроме того, через 1–3 мес в урочищах отстреляли 4 лисиц и определили у них тетрациклиновую метку в зубах и уровень вируснейтрализующих антител в крови.

В результате случаев заболевания диких животных и мышевидных грызунов бешенством на вакцинированной территории не отмечено, а поедаемость приманок составила около 60 %. В шлифах зубов всех отстрелянных лисиц выявлена тетрациклиновая метка, а в сыворотке крови обнаружены вируснейтрализующие антитела в титре 5,6–5,8 $\log_2$.

Полученные данные свидетельствуют о хорошей поедаемости сконструированных приманок дикими плотоядными животными и способности их индуцировать у животных напряженный иммунитет против бешенства.

Особо следует указать на экологическую безопасность применения разработанной нами вакциносодержащей безблистерной антирабической приманки, так как входящий в ее состав вирус бешенства – штамм «КМИЭВ-94» – по результатам ранее проведенных нами исследований является глубоко аттенуированным, апатогенным для мышевидных грызунов и плотоядных животных при пероральном введении даже в больших дозах (до 50 $см^3$). Он не обладает также реверсибельностью. Об этом свидетельствуют и приведенные результаты применения его в природных условиях, в частности, отсутствие заболевания бешенством мышевидных грызунов и диких плотоядных животных, а также полная инактивация вируса в приманках при температурах плюс 18–20 °С через 9 дней после их раскладывания.

Выводы

1. Разработанная антирабическая вакцина для перорального применения в форме безблистерной приманки состоит из фиксированного вируса бешенства (штамм «КМИЭВ-94»), мясокостной и пшеничной муки, желатина, глицерина и тетрациклина.

2. Технология изготовления вируссодержащих безблистерных приманок заключается в следующем. На 400 приманок берут 2,5 кг мясокостной, 1,5 кг пшеничной муки и тщательно перемешивают. 300 г желатина растворяют в 1,0 л горячей воды и добавляют туда 450 $см^3$ глицерина, раствор вносят в смесь мясокостной и пшеничной муки, тщательно перемешивают и охлаждают до плюс 4 °С. В полученную массу вносят 1000 $см^3$ вакцинного вируса с титром 6,5–7,0 lg $MICLD_{50}$/мл, добавляют 50,0 г тетрациклина (метка для учета поедаемости животными приманок) и после тщательного перемешивания в пластиковых формах готовят приманки массой 20–30 г, которые сразу замораживают и хранят при минус 20–25 °С.

3. Эффективным способом размножения фиксированного вируса бешенства штамм «КМИ-ЭВ-94» для вакцины является биореакторный на клетках ВНК-21/13 со средой Игла МЕМ, когда вирус в количестве 0,14–0,6 $ТКИД_{50}$/кл вносят в реактор одновременно с клетками и собирают урожай на 3–4-е сутки культивирования. Титр вируса при этом составлял 6,5–7,0 lg $MICLD_{50}$/мл. При роллерном культивировании титр был ниже.

4. Разработанная вакциносодержащая антирабическая приманка при плюсовых температурах в течение 5 дней сохраняла инфекционную активность вируса, форму и консистенцию, хорошо поедалась плотоядными животными как в лабораторных, так и природных условиях и через 1–3 мес после поедания приводила к выработке у них вируснейтрализующих антител в защитных титрах 5,6–8,0 $\log_2$.

5. Применение разработанной вакциносодержащей безблистерной антирабической приманки в природных условиях экологически безопасно, так как входящий в ее состав вирус бешенства «КМИЭВ-94» является глубоко аттенуированным, апатогенным для мышевидных грызунов и плотоядных животных при пероральном введении, не обладает реверсибельностью и через 9 дней хранения приманки при температуре плюс 18–20 °С инактивируется.

Использование разработанной антирабической приманки на практике позволит снизить заболеваемость животных и людей и даст предполагаемый ежегодный экономический эффект в республике свыше 10 млн руб.

Высокая эффективность, безвредность, простота технологии изготовления и относительная дешевизна разработанной приманки свидетельствуют о перспективности ее внедрения в практику, что позволит снизить заболеваемость животных и людей бешенством и даст предполагаемый экономический эффект в республике свыше 10 млн руб. в год.

Благодарности. Авторы выражают благодарность д.в.н., д.б.н., профессору П. А. Красочко (УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины») и главному ветврачу района Н. В. Малинцу (ветеринарная служба Молодечненского района Минской области) за оказанную помощь при выполнении данной работы.

Список использованных источников

1. *Таршис, М. Г.* Бешенство животных / М. Г. Таршис, Н. А. Ковалев, П. П. Кузнецов. – Минск : Ураджай, 1990. – 175 с.

2. *Ковалев, Н. А.* Состояние и проблемы профилактики зооантропонозных болезней животных в XXI веке / Н. А. Ковалев, П. А. Красочко // Аграрная наука на рубеже XXI века : материалы Общ. собр. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Минск, 16 нояб. 2000 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь ; ред.: В. С. Антонюк [и др.]. – Минск, 2000. – С. 231–234.

3. *Назаров, В. П.* Бешенство животных / В. П. Назаров. – М. : Сельхозгиз, 1961. – 160 с.

4. *Зибицкер, Д. Е.* Бешенство и его профилактика: по материалам Белоруссии / Д. Е. Зибицкер, Н. А. Ковалев. – Минск : Урожай, 1968. – 200 с.

5. *Селимов, М. А.* Бешенство / М. А. Селимов. – М. : Медицина, 1978. – 336 с.

6. Cell culture rabies vaccines and their protective effect in man : proc. of WHO Consultations, Essen, Federal Rep. of Germany, 5–7 Mar. 1980 / ed.: E. K. Kuwert, T. J. Wictor, H. Kaprowski. – Geneva : Intern. Green Cross, 1981. – 355 p.

7. *Ковалев, Н. А.* Изучение бешенства и разработка средств и способов его профилактики в Беларуси / Н. А. Ковалев, Д. В. Бучукури // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2014. – № 4. – С. 96–102.

8. Актуальные задачи профилактики бешенства среди диких плотоядных животных / Д. В. Бучукури [и др.] // Ветеринарная наука – производству : науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ветеринарии им. С. Н. Вышелесского НАН Беларуси. – Минск, 2005. – Вып. 38. – С. 139–141.

9. *Matouch, O.* Elimination of rabies in the Czech Republic by oral vaccination of foxes / O. Matouch, J. Vitasek // Rabies Bull. Europe. – 2005. – Vol. 29, N 1. – P. 10–15.

10. *Vitasek, J.* A review of rabies elimination in Europe / J. Vitasek // Veterinární Medicína. – 2004. – Vol. 49, N 5. – P. 171–185. https://doi.org/10.17221/5692-VETMED

11. Oral immunization of wildlife against rabies: concept and first field experiments / A. I. Wandeler [et al.] // Rev. of Infectious Diseases. – 1988. – Vol. 10, suppl. 4. – P. S649–S653. https://doi.org/10.1093/clinids/10.supplement_4.s649

12. Oral vaccination of wildlife against rabies: differences among host species in vaccine uptake efficiency / A. Vos [et al.] // Vaccine. – 2017. – Vol. 35, iss. 32. – P. 3938–3944. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.06.022

13. Genetic characterisation of attenuated SAD rabies virus strains used for oral vaccination of wildlife / L. Geue [et al.] // Vaccine. – 2008. – Vol. 26, iss. 26. – P. 3227–3235. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2008.04.007

14. *Folman, E. H.* Oral vaccination of captive arctic foxes with lyophilized SAG 2 rabies vaccine / E. H. Folman, D. G. Ritter, D. W. Harbauer // J. of Wildlife Diseases. – 2004. – Vol. 40, iss. 2. – P. 328–334. https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.2.328

15. Spatio-temporal use of oral rabies vaccines in fox rabies elimination programmes in Europe / T. F. Müller [et al.] // PLOS Neglected Tropical Diseases. – 2015. – Vol. 9, iss. 8. – Art. e0003953. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003953

16. Elimination of terrestrial rabies in Germany using oral vaccination of foxes / T. Müller [et al.] // Berliner u. Münchener Tierärztliche Woch.-Schr. – 2012. – Bd. 125, H. 5/6. – S. 178–190. https://doi.org/10.2376/0005-9366-125-178

17. Emergency oral rabies vaccination of foxes in Italy in 2009–2010: identification of residual rabies foci at higher altitudes in the Alps / P. Mulatti [et al.] // Epidemiology a. Infection. – 2012. – Vol. 140, N 4. – P. 591–598. https://doi.org/10.1017/S0950268811001282

18. *Ковалев, Н. А.* Состояние и перспективы оральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства / Н. А. Ковалев // Ветеринар. медицина Беларуси. – 2007. – № 1. – С. 27–30.

19. *Mishaeva, N. P.* Rabies in Belarus / N. P. Mishaeva, A. V. Slavinskij, N. A. Kowaljev // Rabies Bull. Europe. – 2006. – Vol. 30, N 4. – P. 5–8.

20. *Бучукури, Д. В.* Противоэпизоотическая эффективность вакцины из штамма вируса бешенства КМИЭВ-94 для пероральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства / Д. В. Бучукури, Н. А. Ковалев, М. М. Усеня // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2009. – № 3. – С. 86–91.

21. *Ковалев, Н. А.* Иммунопрофилактика бешенства в современных условиях / Ветеринарная наука – производству : науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ветеринарии им. С. Н. Вышелесского НАН Беларуси. – Минск, 2005. – Вып. 38. – С. 278–284.

References

1. Tarshis M. G., Kovalev N. A., Kuznetsov P. P. *Animal rabies*. Minsk, Uradzhai Publ., 1990. 175 p. (in Russian).

2. Kovalev N. A., Krasochko P. A. Status and problems of prevention of zooanthroponotic animal diseases in the XXI century. *Agrarnaya nauka na rubezhe XXI veka: materialy Obshchego sobraniya Akademii agrarnykh nauk Respubliki Belarus', Minsk, 16 noyabrya 2000 g.* [Agrarian science at the turn of the XXI century: proceedings of the General Meeting of the Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Belarus, Minsk, November 16, 2000]. Minsk, 2000, pp. 231–234 (in Russian).

3. Nazarov V. P. *Animal rabies*. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1961. 160 p. (in Russian).

4. Zibitsker D. E., Kovalev N. A. *Rabies and its prevention*. Minsk, Urozhai Publ., 1968. 200 p. (in Russian).

5. Selimov M. A. *Rabies*. Moscow, Meditsina Publ., 1978. 336 p. (in Russian).

6. Kuwert E. K., Wiktor T. J., Koprowski H. (eds.). *Cell culture rabies vaccines and their protective effect in man: proceedings of WHO Consultations, Essen, Federal Republic of Germany 5–7 March 1980*. Geneva, International Green Cross, 1981. 355 p.

7. Kovalev N. A., Buchukuri D. V. Study of rabies and development of methods of its prophylaxis in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2014, no. 4, pp. 96–102 (in Russian).

8. Buchukuri D. V., Kovalev N. A., Usenya M. M., Ulasovich P. I. Current challenges in rabies prevention in wild carnivores. *Veterinarnaya nauka – proizvodstvu: nauchnye trudy* [Veterinary science to production: scientific works]. Minsk, 2005, iss. 38, pp. 139–141 (in Russian).

9. Matouch O., Vitasek J. Elimination of rabies in the Czech Republic by oral vaccination of foxes. *Rabies Bulletin Europe*, 2005, vol. 29, no. 1, pp. 10–15.

10. Vitasek J. A review of rabies elimination in Europe. *Veterinární medicína = Veterinary Medicine*, 2004, vol. 49, no. 5, pp. 171–185. https://doi.org/10.17221/5692-VETMED

11. Wandeler A. I., Capt S., Kappeler A., Hauser R. Oral immunization of wildlife against rabies: concept and first field experiments. *Reviews of Infectious Diseases*, 1988, vol. 10, suppl. 4, pp. S649–S653. https://doi.org/10.1093/clinids/10.supplement_4.s649

12. Vos A., Hundt B., Kaiser C., Neubert A., Nolden T., Teifke J. P., Kamp V., Ulrich R., Finke S., Müller T. *Oral vaccination of wildlife against rabies: differences among host species in vaccine uptake efficiency.* Vaccine, 2017, vol. 35, iss. 32, pp. 3938–3944. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.06.022

13. Geue L., Schares S., Schnick C., Kliemt J., Beckert A., Freuling C., Conraths F. J., Hoffmann B., Zanoni R., Marston D., McElhinney L., Johnson N., Fooks A. R., Tordo N., Müller T. *Genetic characterisation of attenuated SAD rabies virus strains used for oral vaccination of wildlife. Vaccine,* 2008, vol. 26, iss. 26, pp. 3227–3235. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2008.04.007

14. Folman E. H., Ritter D. G., Harbauer D. W. Oral vaccination of captive arctic foxes with lyophilized SAG 2 rabies vaccine. *Journal of Wildlife Diseases*, 2004, vol. 40, iss. 2, pp. 328–334. https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.2.328

15. Müller T. F., Schröder R., Wysocki P., Mettenleiter T. C., Freuling C. M. Spatio-temporal use of oral rabies vaccines in fox rabies elimination programmes in Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 2015, vol. 9, iss. 8, art. e0003953. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003953

16. Müller T., Bätza H. J., Freuling C., Kliemt A., Kliemt J., Heuser R., Schlüter H., Selhorst T., Vos A., Mettenleiter T. C. Elimination of terrestrial rabies in Germany using oral vaccination of foxes. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, vol. 125, no. 5/6, pp. 178–190. https://doi.org/10.2376/0005-9366-125-178

17. Mulatti P., Müller T., Bonfanti L., Marangon S. Emergency oral rabies vaccination of foxes in Italy in 2009–2010: identification of residual rabies foci at higher altitudes in the Alps. *Epidemiology and Infection*, 2012, vol. 140, no. 4, pp. 591–598. https://doi.org/10.1017/S0950268811001282

18. Kovalev N. A. The state and prospects of oral immunization of wild carnivores against rabies. *Veterinarnaya meditsina Belarusi* [Veterinary Medicine of Belarus], 2007, no. 1, pp. 27–30 (in Russian).

19. Mishaeva N. P., Slavinskij A. V., Kowaljev N. A. Rabies in Belarus. *Rabies Bulletin Europe*, 2006, vol. 30, no. 4, pp. 5–8.

20. Buchukuri D. V., Kovalev N. A., Usenya M. M. Epizootic efficiency of the rabies strain KMIEV 94 for oral immunization of wild carnivores against rabies. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2009, no. 3, pp. 86–91 (in Russian).

21. Kovalev N. A. Immunization of rabies in modern conditions. *Veterinarnaya nauka – proizvodstvu: nauchnye trudy* [Veterinary science to production: scientific works]. Minsk, 2005, iss. 38, pp. 278–284 (in Russian).

Информация об авторах

Бучукури Джемал Владимирович – кандидат ветеринарных наук, зав. опытно-экспериментальным отделом, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: vladitim@tut.by

Ковалев Николай Андреевич – академик НАН Беларуси, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: knasveta@tut.by

Ломако Юрий Васильевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, директор, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: lamakajuri@mail.ru

Борисовец Дмитрий Сергеевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, зав. отделом вирусных инфекций, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: borisovets_bievm@mail.ru

Великий Сергей Викторович – аспирант, младший научный сотрудник опытно-экспериментального отдела, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: wialiki@gmail.com

Шпилевский Дмитрий Олегович – аспирант, ведущий биолог опытно-экспериментального отдела, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003 Минск, Республика Беларусь). E-mail: andein@yandex.ru

Information about the authors

Buchukury Jemal V. - Ph.D. (Veterinary). S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vladitim@tut.by.

Kovaliov Nikolai A. - Academician of the NAS of Belarus, D.Sc. (Veterinary). S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: knasveta@tut.by

Lamaka Yury V. - Ph.D. (Veterinary), Associate professor. S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lamakajuri@mail.ru

Barysavets Dzmitry S. - Ph.D. (Veterinary), Associate professor. S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: borisovets_bievm@mail.ru

Vjaliki Siarhei V. - Postgraduate student. S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: wialiki@gmail.com

Shpileuski Dzmitry O. - Postgraduate student. S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28 Briketa Str., 220003 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: andein@yandex.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

МЕХАНІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

УДК 631.354.2:339.137.2(476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-344-356

Поступила в редакцию 21.02.2019
Received 21.02.2019

А. С. Сайганов[1], В. К. Липская[2]

[1]Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь
[2]Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», Гомель, Беларусь

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ТОВАРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Аннотация: В рыночной экономике решающим фактором коммерческого успеха любого субъекта хозяйствования является его конкурентоспособность, поскольку она способствует эффективной и рентабельной работе предприятий, позволяет видеть перспективу, однако требует от производства постоянного роста экспортного потенциала продукции, возможного благодаря улучшению ее качественных и стоимостных характеристик. В этой связи в настоящее время все более актуальное значение в агропромышленном комплексе Республики Беларусь приобретает проблема повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и становится главным критерием эффективного функционирования и устойчивого развития организаций сельскохозяйственного машиностроения. В статье раскрыто понятие и экономическая сущность конкурентоспособности технически сложной продукции производственного назначения. Выявлены особенности формирования конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов и обоснованы критерии ее оценки. Определены основные факторы и характер их влияния на конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов. Представлена методика оценки конкурентоспособности товаров производственно-технического назначения. Выработаны практические рекомендации по повышению конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, а также их производителей. Обоснована и разработана методика выбора рационального варианта технического решения при проектировании, совершенствовании и модернизации сельскохозяйственных машин. Применение предложенной методологии повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов способствует более рациональному использованию ресурсов предприятий, успешному осваиванию зарубежных рынков сбыта и обеспечивает значительный рост конкурентоспособности продукции предприятий, осуществляющих разработку и выпуск сложной машиностроительной продукции.

Ключевые слова: сельскохозяйственное машиностроение, конкурентоспособность продукции, продукция производственно-технического назначения, технически сложные товары, товары производственного назначения, зерноуборочные комбайны, технические решения, критерии оценки конкурентоспособности, методика оценки конкурентоспособности

Для цитирования: Сайганов, А. С. Методология повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов / А. С. Сайганов, В. К. Липская // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 344–356. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-344-356

A. S. Sayganov[1], V. K. Lipskaya[2]

[1]The Institute of System Research in Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
[2]Harvester Construction Technical Center, "Gomselmash", Gomel, Belarus

METHOD FOR INCREASING COMPETITIVENESS OF TECHNICALLY SOPHISTICATED INDUSTRIAL GOODS BASED ON EXAMPLE OF GRAIN HARVESTERS

Abstract: Decisive factor for commercial success of any business entity in market economy is competitiveness, since it contributes to efficient and profitable work of enterprises, allows to see prospect, but requires constant increase of product export potential possible due to improvement of its quality and cost characteristics. In this regard, the problem of increasing

© Сайганов А. С., Липская В. К., 2019

competitiveness of products is becoming increasingly important in the agricultural sector of the Republic of Belarus nowadays and becoming the main criterion for efficient functioning and sustainable development of agricultural engineering companies. The paper reveals concept and economic essence of competitiveness of technically sophisticated industrial products. Peculiarities of formation of competitiveness of grain harvesters are revealed and criteria for its evaluation are substantiated. The basic factors and the nature of their effect on competitiveness of grain harvesters are determined. Method for assessment of competitiveness of goods for industrial purposes is presented. Practical recommendations are developed to increase competitiveness of grain harvesters, as well as their manufacturers. Method for selecting rational option of technical solution during design, improvement and modernization of agricultural machines has been substantiated and developed. The proposed methods for improving competitiveness of technically sophisticated industrial goods on example of grain harvesters contributes to more rational use of enterprises' resources, successful development of foreign markets and ensures significant increase in competitiveness of products of enterprises engaged in development and production of sophisticated engineering products.

Keywords: agricultural engineering, product competitiveness, industrial and technical purpose products, technically sophisticated products, industrial products, grain harvesters, engineering solutions, criteria for assessment of competitiveness, method for assessment of competitiveness

For citation: Sayganov A. S., Lipskaya V. K. Method for increasing competitiveness of technically sophisticated industrial goods based on example of grain harvesters. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 344-356 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-344-356

Введение. Сельскохозяйственное машиностроение Республики Беларусь – ведущая отрасль, которая обеспечивает продовольственную безопасность страны за счет поставок аграриям необходимой техники, относящейся к сложным товарам производственного назначения, а также осуществляет приток валюты за счет ее частичной реализации за рубежом. На современном этапе ввиду замедления роста мировой экономики в целом, сокращения платежеспособного спроса на товарных рынках, снижения мер государственного регулирования по стимулированию потребителей сельскохозяйственных машин и, как результат, обострения конкуренции среди мировых производителей вопросы повышения конкурентоспособности сложной технической продукции, в том числе зерноуборочных комбайнов, являются особенно значимыми. Для того, чтобы успешно конкурировать на мировом рынке и находить спрос на внутреннем, требуется изыскание новых подходов к созданию качественных и эффективных машин. Отдельные попытки, предпринимаемые в этом направлении как в Республике Беларусь, так и за рубежом, в частности в странах СНГ, зачастую не приносили ожидаемого результата.

Цель настоящей работы – разработка действенной методологии повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов.

Общая часть. Учитывая, что продукция производственно-технического назначения является достаточно сложной и имеет особенности при рассмотрении ее относительно категории конкурентоспособность, следует остановиться на изучении определений данного понятия. Так, в литературе приводятся следующие определения: 1) «продукция, предназначенная для производственного потребления, для оказания услуг в сфере материального производства и сфере нематериальных услуг. К ней относятся сырье, материалы, топливо, комплектующие изделия, инструменты, машины, оборудование, запасные части, полуфабрикаты и другие»[1]; 2) «продукция, предназначенная для производственного потребления, включает в себя сырье, материалы, топливо, комплектующие, инструменты, машины, запасные части, полуфабрикаты и др.»[2]; 3) «продукция, предназначенная для использования в качестве средств промышленного и сельскохозяйственного производства»[3]. Такое же определение, по сути, приведено в ГОСТ Р 15.201–2000: Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство[4].

[1] Большой экономический словарь : 22000 терминов / авт. и сост. А. Н. Азрилиян [и др.] ; под ред. А. Н. Азрилияна. М. : Ин-т новой экономики, 1999. 1245 с.

[2] Продукция производственно-технического назначения [Электронный ресурс] // Словарь бизнес-терминов. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/business/10836. Дата доступа: 23.06.2018

[3] Продукция производственно-технического назначения [Электронный ресурс] // Словарь чрезвычайных ситуаций. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/ emergency/3737. Дата доступа: 23.06.2018

[4] Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство : ГОСТ Р 15.201-2000. Введ. 01.01.2001. М. : Стандартинформ, 2008. 15 с.

В то же время изучение показало, что особенности сложной техники состоят в следующем:

1) в большинстве случаев, когда речь идет о такого рода технике, совокупность услуг, связанных с ее сбытом и эксплуатацией, становится одним из основных факторов конкурентоспособности [1];

2) на рынке сложной техники всегда меньше покупателей, что ограничивает выбор способов продвижения. В этой связи необходимо использовать способы, позволяющие доносить информацию дифференцированно до целевой аудитории: специализированная (в том числе рекламно-информационная) пресса, выставочная деятельность. Подобный комплексный инструмент позволяет рекламировать продукцию, знакомиться с партнерами, а также появляется возможность контакта с потенциальными потребителями [2, 3];

3) конкурентоспособность сложной техники представляется более сложным комплексом по определению совокупности свойств этой продукции, входящих в состав ее качества и важных для потребителя затрат по приобретению, потреблению (эксплуатации) и утилизации [4, 5].

Системный анализ приведенных в литературе определений категории «конкурентоспособность продукции», а также изучение понятия «продукция производственно-технического назначения» и выявленные особенности сложной техники позволили сформулировать собственное научное определение понятия «конкурентоспособность продукции», в качестве которой выступает сложная техника производственного назначения, как экономической категории. Это есть комплексная, относительная характеристика товара, предназначенного для использования в качестве средства производства сельскохозяйственной или промышленной продукции, обеспечивающая ему на определенном рынке и в определенный момент времени предпочтение потребителей, сравнивающих его с товарами-конкурентами (прямыми аналогами) на основании ряда критериев – стоимостных (затрат на приобретение и эксплуатацию) и качественных (технических и эстетико-эргономических характеристик, комплексных показателей надежности и безопасности использования) [6].

Необходимо отметить, что преимущества данного определения по сравнению с существующими заключаются, во-первых, в том, что оно распространяется на сложную технику, являющуюся средством производства; во-вторых, позволяет учесть сложность и специфичность оцениваемого товара по отношению к конкретному рынку с учетом изменения его конъюнктуры; в-третьих, ограничивает круг товаров-конкурентов, подлежащих сравнению.

Заметим, что зерноуборочные комбайны относятся к рассмотренному виду продукции. С одной стороны, они предназначены для конечных потребителей, а с другой – служат средством производства продукции сельскохозяйственного назначения (зерна и семян). В то же время в последние годы резко возрастают требования, предъявляемые к обеспечению уборки зерновых культур. Она должна быть проведена в оптимальные агротехнические сроки с минимальным уровнем потерь, что невозможно осуществить без надежных высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов [7–10]. В этой связи была разработана методология повышения конкурентоспособности именно этого вида машин.

Вместе с тем исследования показывают, что основной проблемой эффективного функционирования отечественных производителей зерноуборочных комбайнов является недостаточный уровень конкурентоспособности выпускаемых комбайнов, который в первую очередь связан с высоким уровнем дефектности, особенно новых осваиваемых видов продукции. Кроме того, применяемые методики оценки конкурентоспособности не приносят должной полезности, так как не позволяют осуществлять достоверную оценку сложных сельскохозяйственных машин.

Установлено, что проблема повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции требует комплексного научного подхода к вопросам ее формирования в зависимости от вида и специфики. В этой связи были выявлены основные особенности формирования конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов. Они заключаются в учете специфики технически сложных товаров производственного назначения на всех стадиях их жизненного цикла в соответствии с требованиями потребителей, предъявляемыми к качественным и стоимостным характеристикам машин, которые должны изучаться на стадии маркетинговых исследований, формироваться на стадии научно-исследовательских работ, учитываться на стадии опытно-конструкторских работ, обеспечиваться на стадии производства и проявляться на стадии эксплуатации.

В то же время изучение показало, что одним из важнейших этапов проведения объективной оценки конкурентоспособности продукции является выбор критериев, на основании которых она будет проводиться. Выполненный в этом направлении анализ позволил их систематизировать и представить в виде комплексной иерархической схемы множества критериев, включающей 5 уровней [11]. Преимущества используемого подхода заключаются в том, что иерархическая схема позволяет: выявлять максимальное количество критериев, описывающих продукцию; лучше понимать параметры определенного вида товара, так как состав каждого из них раскрывается на более низких уровнях схемы; отбирать для оценки критерии, находящиеся между крайними уровнями, в силу того, что критерии верхнего уровня, как правило, носят слишком общий характер, а критерии нижнего – слишком детальный; избежать дублирования, т. е. выбора в качестве критериев оценки показателей, лежащих на разных уровнях одной и той же цепочки и находящихся при этом в прямой зависимости. Наряду с этим, используя предложенный нами алгоритм выбора, был обоснован выбор критериев оценки конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов (рис. 1).

К таким критериям отнесены следующие: цена; затраты на техническое обслуживание и плановый ремонт; затраты трудовых и материальных ресурсов на устранение отказов; оперативность устранения отказов сервисными службами; интенсивность отказов; ремонтопригодность; безопасность; обслуживаемость; возможность быстрого приобретения навыков по управлению комбайном; возможность повышения эффективности управления при наименьшем напряжении; эстетичность; прогрессивность.

Кроме того, проведенный нами анализ существующих классификаций факторов, а также изучение стадий формирования конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов позволили выявить группы факторов, характерные для каждой из них [12, 13]. Для стадии маркетинговых исследований присущи факторы макро- и микросреды предприятия, для научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ – конструкционные, для производства – производственные, для эксплуатации – эксплуатационные. Эти группы включают в себя набор факторов, в той или иной степени влияющих на конкурентоспособность. В частности, факторы «микросреда предприятия», например, «поставщики» и их неоперативные действия в отношении повышения

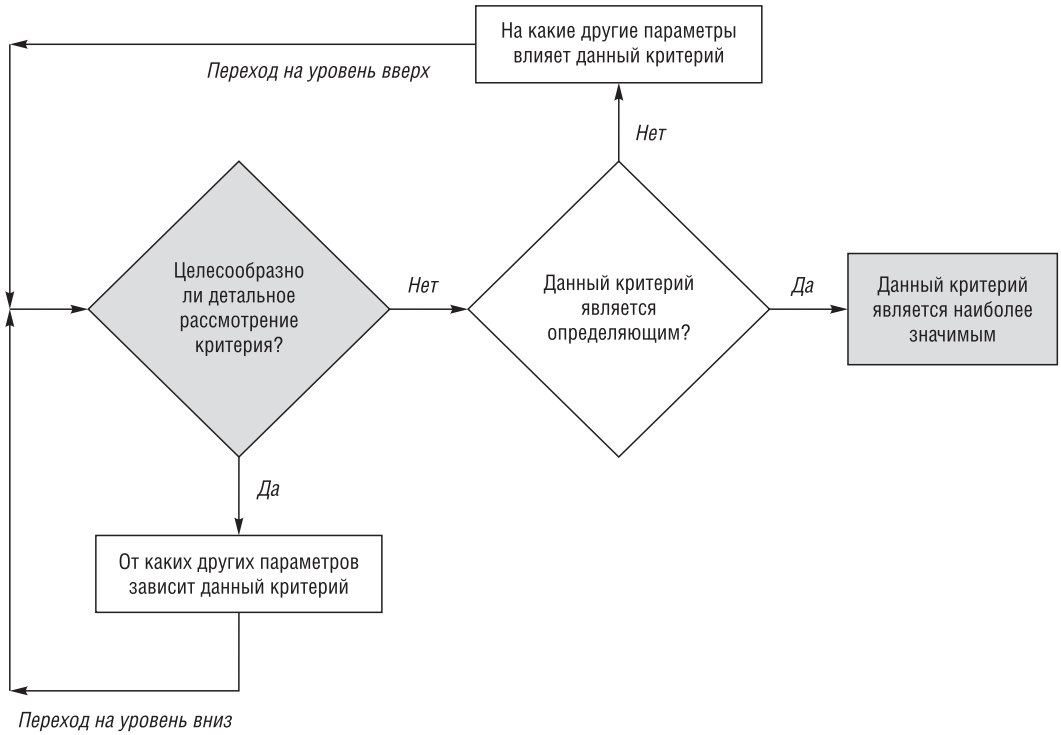


Рис. 1. Алгоритм выбора наиболее значимых критериев оценки конкурентоспособности продукции

Fig. 1. Algorithm for selecting the most significant criteria for assessing products competitiveness

качества сырья, материалов и комплектующих изделий, а также проводимая ими ценовая политика, сдерживают повышение конкурентоспособности комбайнов. Следовательно, характер влияния факторов важно учитывать при разработке методологии повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения.

Как уже отмечалось выше, действующие методики не позволяют достоверно оценивать конкурентоспособность технически сложных товаров. В этой связи разработана специальная методика для предприятий сельскохозяйственного машиностроения, базирующаяся на экспертном методе. Следует отметить, что она предполагает определение рынка и момента времени, в которых будет производиться оценка. Ее отличительной особенностью является то, что она, на основании предложенного нами алгоритма выбора (рис. 2), позволяет выявлять зерноуборочные комбайны, выступающие прямыми аналогами оцениваемого, поскольку только они могут участвовать в оценке. С этой целью определяется назначение машин (специализация по культуре), тип ходовой системы, класс пропускной способности (по методике, разработанной Э. В. Жалниным [14]) и тип МСУ (по выработанной нами классификации типов МСУ [13, 15, 16]). Другие особенности конструкции, а также комплектация зерноуборочных комбайнов находят отражение в цене машины и не влияют на выбор аналога.

Заметим, что, несмотря на то, что ряд критериев, отобранных экспертами для оценки конкурентоспособности технически сложных товаров, может быть измерен количественно, было принято решение для оценки всех критериев привлекать экспертов. Причина этого состоит в том, что разработанная методика должна быть легко применима на практике. Как показывает опыт, получение точной количественной информации по таким критериям, как, например, затраты на техническое обслуживание и ремонт, устранение отказов, интенсивность отказов, является весьма проблематичным. Далеко не во всех хозяйствах ведется подобная статистика. И если по отечественным машинам получение такой информации еще возможно, то по зарубежным вероятность сводится к минимуму. В этой связи для того, чтобы оценка была объективной, в качестве экспертов должны привлекаться только компетентные лица, которые не только располагают информацией о комбайнах отечественного и зарубежного производства, но и имеют практические навыки работы на данных машинах.

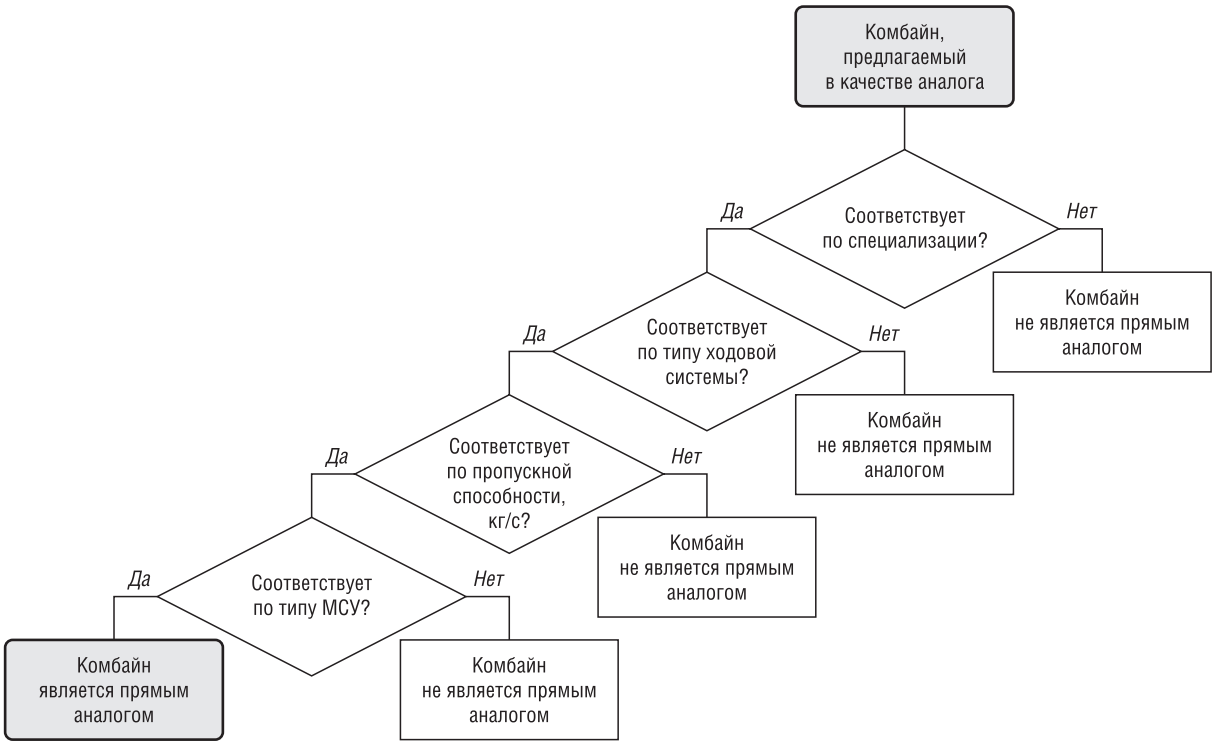


Рис. 2. Алгоритм выбора прямых аналогов зерноуборочного комбайна

Fig. 2. Algorithm for selecting direct analogues of grain harvester

Участники экспертной оценки получают опросные листы, в которых оценивают комбайны в баллах (от 0 до 10) соответственно отобранным критериям. Кроме того, эксперты проводят анализ значимости каждого из критериев и дают им оценки в баллах, также в интервале от 0 до 10. Несмотря на то, что перечень критериев в предлагаемой методике неизменен, значимость их следует определять каждый раз при проведении новой оценки. Это связано с тем, что на упомянутые критерии (также, как и на сам показатель уровня конкурентоспособности) оказывают влияние рынок и время.

Следует отметить, что К. Кристенсеном на основании проведенных исследований установлено, что спрос на товар изменяется в следующей последовательности: «сначала потребители готовы платить больше за лучшее функционирование; затем они больше не платят за лучшее функционирование, но готовы платить больше за лучшую надежность; затем они больше не хотят платить за все лучшую и лучшую надежность, но зато готовы платить тем больше, чем удобнее пользование; затем и удобства им большего не надо, они покупают то, что подешевле»[5]. По мнению К. Кристенсена, важно понять, что для потребителей в данный момент времени важнее: высокая надежность товара или, например, удобство пользования им. Поэтому при проставлении оценок значимости критериев эксперты должны представлять, что является наиболее важным для конкретного рынка в определенный момент времени: дополнительная функциональность, повышенная надежность, удобства при пользовании или уменьшение затрат.

Разработанная методика предполагает, что в процессе оценки комбайнов по критериям эксперты будут руководствоваться законами развития технических систем. Данные постулаты, сформулированные основоположником теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г. С. Альтшуллером, позволяют предсказывать возможные пути улучшения продукции. В предложенной нами методике использован один из важнейших законов – закон увеличения степени идеальности системы (идеальность системы – одно из базовых понятий в ТРИЗ). Техническая система в своем развитии приближается к идеальности. «Идеальная техническая система – это система, вес, объем и площадь которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Иначе говоря, идеальная система – это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется» [17]. Теоретически достигнув идеала, система должна исчезнуть, а ее функция продолжать выполняться. Так, в процессе совершенствования технической системы в каждом конкретном случае ее идеальность повышается за счет роста отношения функциональных возможностей системы (F) к совокупности затрат на ее создание и эксплуатацию (C). На практике идеальная система недостижима, но она показывает направление, в котором следует совершенствовать объект.

Заметим, что применительно к сельскохозяйственной технике рассматриваемого вида это значит, что при выставлении оценок экспертам следует исходить оттого, что существует некий «идеальный зерноуборочный комбайн», который по всем критериям заслуживает максимальной оценки, составляющей 10 баллов. Таким образом, эксперты определяют положение оцениваемых комбайнов относительно «идеального».

Использование методики дает возможность определять степень соответствия оцениваемой машины лучшим достижениям зерноуборочного комбайностроения, представленным на конкретном рынке в определенный момент времени. Для этого применяется следующая формула:

$$h_{jk} = \frac{Q_{jk}}{Q_k^{\text{п}}}, \tag{1}$$

где h_{jk} – степень наличия k-го критерия у j-го комбайна; Q_{jk} – суммарная оценка экспертов по k-му критерию для j-го комбайна; $Q_k^{\text{п}}$ – значение k-го критерия «перспективного зерноуборочного комбайна».

При этом значения критериев «перспективного зерноуборочного комбайна» определяются как лучшие значения по каждому k-му критерию из J оцениваемых комбайнов.

[5] Петров В. Закономерности развития потребностей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-04-potrebnosti.pdf. Дата доступа: 05.11.2018

Уровень конкурентоспособности рассчитывается по такому выражению:

$$P_j = \frac{\sum_{k=1}^{K} h_{jk} \cdot \bar{O}_k^z}{\sum_{e=1}^{E}\sum_{k=1}^{K} Z_{ek}}, \quad (2)$$

где P_j – уровень конкурентоспособности j-го комбайна; $\bar{O}_k^z$ – средняя оценка значимости k-го критерия; Z_{ek} – степень значимости k-го критерия.

То есть чем выше расчетное значение оценки уровня конкурентоспособности зерноуборочного комбайна, тем он более конкурентоспособен по сравнению с комбайном – прямым аналогом на определенном рынке в конкретный момент времени.

Преимуществом предложенной методики является то, что она позволяет выявлять позиции, в которых мнения экспертов относительно проставленных оценок комбайнам явно расходятся, а также наиболее сильные и слабые стороны оцениваемого комбайна, и разрабатывать эффективные мероприятия по их совершенствованию. С этой целью рекомендуется строить таблицы сравнения рассматриваемой машины с каждым из ее аналогов. Для наглядности ячейки таблиц заполняются цветовой заливкой (если балл по критерию у оцениваемого комбайна выше, чем у аналога, то соответствующая ячейка закрашивается в красный цвет, если ниже – в черный, если равнозначен – в серый). Подобным образом анализируются ответы всех экспертов.

Необходимо отметить, что методика принята к внедрению в ОАО «Гомсельмаш» в 2015 г., в конце того же года она рекомендована Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь для использования в ОАО «Лидагропроммаш». Ее использование в холдинге «ГОМСЕЛЬМАШ» посредством ограничения числа мероприятий по совершенствованию зерноуборочных комбайнов в каждом классе пропускной способности позволит получить экономию финансовых, трудовых и материальных ресурсов (из средств, ежегодно выделяемых на проведение конструкторско-технологических работ и работ по подготовке производства, связанных с сопровождением серийных комбайнов): в классе 8 кг/с – 61,6 %; в 10 кг/с – 60,2 %; в 12 кг/с – 59,3 %. При реализации мероприятий по совершенствованию наиболее слабых сторон комбайнов прогнозируемый экономический эффект составит 2,18 млн руб.

С целью повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов отечественного производства разработаны практические рекомендации, представленные в виде блок-схемы механизма повышения их конкурентоспособности, включающей реализацию выявленных направлений (повышение качества зерноуборочных комбайнов на этапах разработки, постановки на производство, изготовление и обеспечение правильной их эксплуатации; формирование новых конструктивно-технологических и компоновочных решений; непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации), управляющих значениями критериев, на основании которых производится оценка конкурентоспособности посредством воздействия на факторы «конструкционные», «производственные», «эксплуатационные» и «микросреда предприятия» (рис. 3).

Преимущества предложенных рекомендаций заключаются в том, что они ориентированы на устранение причин возникновения отказов отечественных зерноуборочных комбайнов и позволяют улучшить значения критериев, по которым они уступают зарубежным аналогам. Например, использование многовариантного проектирования, обновление стендового оборудования для проведения качественных исследований и ускоренных ресурсных испытаний и др. Следует отметить, что непрерывная модернизация зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации, позволит сохранить производственный и кадровый потенциал у отечественных производителей в условиях сложившегося резкого сокращения платежеспособного спроса из-за процессов, происходящих в экономике основных стран экспорта.

Для поиска новых эффективных технических решений рекомендуется построение морфологических матриц рабочих органов зерноуборочных комбайнов. Например, нами построена морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ, которая позволила не только описать известные конструкции МСУ серийных самоходных зерноуборочных комбайнов, но и формировать новые. Для возможности представления компонентов МСУ в матрице была разработана простая и удобная система обозначений, использование которой позволяет представлять любой тип МСУ в виде структурной формулы [18].

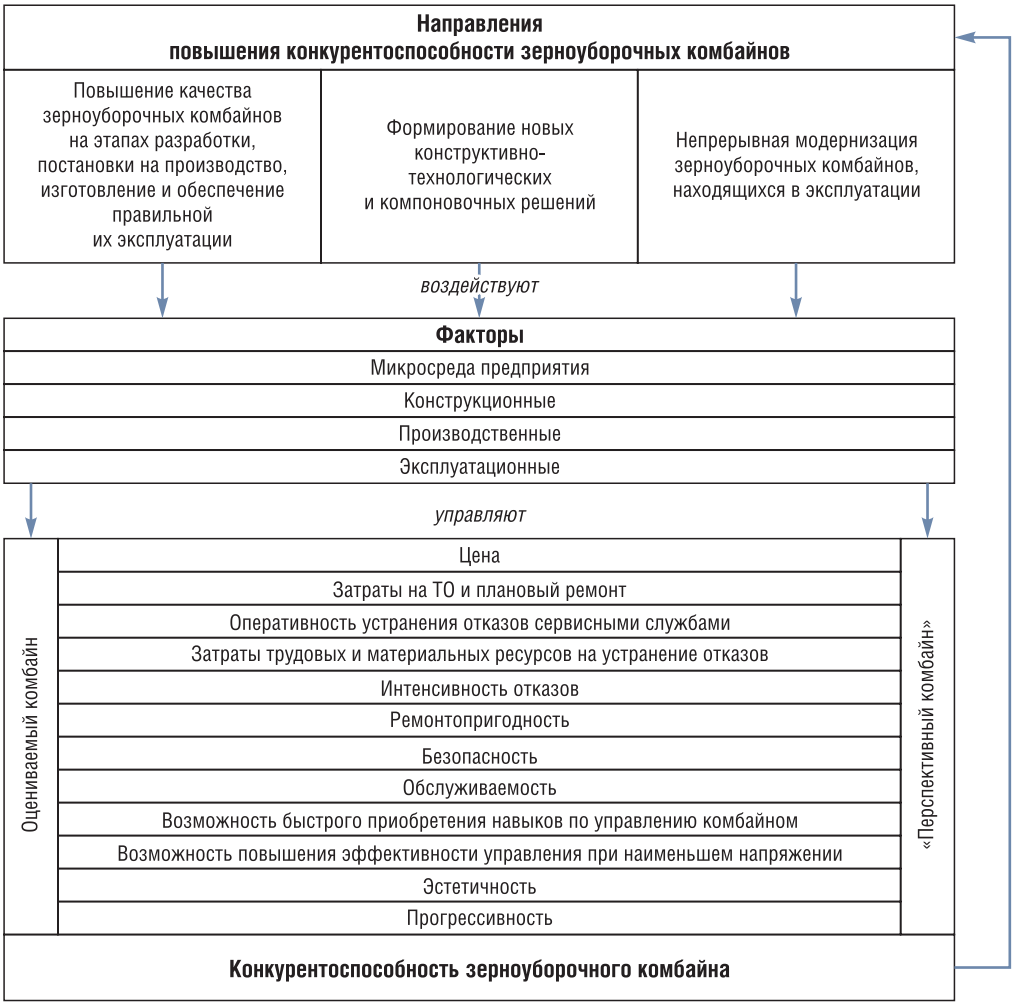


Рис. 3. Блок-схема механизма повышения конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов

Fig. 3. Layout diagram of mechanism for increasing competitiveness of grain harvesters

Вышеуказанные практические рекомендации рассмотрены и рекомендованы Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь к использованию на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения, осуществляющих производство зерноуборочных комбайнов. Их реализация позволит сокращать количество отказов комбайнов как минимум на 20 % в год и получать экономический эффект за счет экономии части денежных средств, ежегодно направляемых на устранение отказов, в размере более 320 тыс. руб. Морфологическая матрица и система обозначений приняты к внедрению в ОАО «Гомсельмаш» еще в 2015 г.

Выработаны практические рекомендации для отечественных производителей зерноуборочных комбайнов по повышению их конкурентоспособности, позволяющие удовлетворять требования потребителей в зависимости от имеющихся у них условий эксплуатации комбайнов и уровня их финансовой состоятельности. Суть рекомендаций заключается в совершенствовании структуры выпуска путем расширения ассортимента: 1) по классам пропускной способности (дополнить серийные комбайны машинами пропускной способности 3–4 кг/с (предложение принято к внедрению, приступили к разработке)); 2) по типам МСУ (спроектировать и поставить на производство комбайны с совмещенными функционально-конструктивными блоками обмолота хлебной массы и сепарации грубого вороха, МСУ которых выполнены в виде роторов (предложение принято к внедрению, в конце 2018 г. были завершены предварительные испытания опытного образца такого комбайна)); 3) по комплектации (производить машины базовой комплектации с возможностью устанавливать различные опции по отдельным заказам). Годовой экономический эффект от реализации этих рекомендаций за счет предотвращения потерь

выгоды в течение одного года прогнозируется в размере 320 тыс. руб., а для потребителей от эксплуатации предлагаемых к разработке комбайнов – 33,67 млн руб.

Проведенные исследования показали, что одним из способов повышения уровня конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов является использование многовариантного проектирования при разработке, совершенствовании и модернизации машин, главное преимущество которого заключается в возможности определять особенности предлагаемых к разработке вариантов технических решений, оценивать их достоинства и недостатки. Определено, что такой способ проектирования неизбежно потребует применения эффективной методики выбора. До настоящего времени такая методика, адаптированная к реальным условиям проектирования, отсутствовала. Нами разработана специальная методика, использование которой способствует принятию правильных управленческих решений. Она позволяет осуществлять оценку вариантов технических решений, находящихся на предпроектной стадии, когда отсутствует детальная проработка и неизвестно большинство точных количественных показателей (например, масса, стоимость составных частей и др.).

Особенностью предложенной методики является то, что оценка производится четырьмя группами экспертов различной специализации (группой заказчиков, разработчиков, технологов и эксплуатационников). Для каждой из вышеперечисленных групп экспертов устанавливается весовой коэффициент (на основании анализа затрат на устранение ошибок, возникающих на каждой стадии жизненного цикла изделия) [13, 19]. Другая особенность методики состоит в том, что она базируется на основном законе развития технических систем – законе увеличения степени идеальности, позволяющем разработчикам предлагать пути улучшения продукции в направлении повышения степени ее идеальности (идеальность повышается за счет роста отношения функциональных возможностей к совокупности затрат на создание и эксплуатацию), а экспертам определять положение предлагаемых к разработке альтернативных вариантов относительно «идеального» и «базового» (составная часть изделия, альтернативные варианты которой были сформированы при ее совершенствовании).

Необходимо подчеркнуть, что оценка вариантов технических решений осуществляется на основании показателей, описывающих степень совершенства компонентов комбайна. Эти показатели представлены в построенной нами комплексной иерархической схеме множества критериев оценки зерноуборочных комбайнов и включают в себя: габариты; массу; совершенство кинематической схемы; совершенство силовой схемы; удобство технического обслуживания; удобство осуществления регулировок при эксплуатации; степень агрегатности компонентов; удобство сборки и наладки; удобство разборки и замены изнашиваемых элементов; стоимость изготовления; степень сложности организации производства; возможность получения дополнительной выгоды; результативность.

Оценка альтернативных вариантов технических решений производится по следующей формуле:

$$P_j = \frac{\sum_{k=1}^{K} h_{jk} \cdot Z_k^{\circ}}{\sum_{g=1}^{G} \sum_{k=1}^{K} Z_{gk}}, \qquad (3)$$

где P_j – результат оценки j-го варианта технического решения; h_{jk} – степень наличия k-го показателя у j-го варианта технического решения; Z_k° – оптимальная степень значимости k-го показателя; Z_{gk} – степень значимости k-го показателя по мнению g-й группы экспертов.

При этом рациональным вариантом является техническое решение, которому в результате ранжирования в порядке убывания присваивается ранг «единица».

Методика апробирована и внедрена в ОАО «Гомсельмаш». Она является основой стандарта предприятия СТП 325–090–2013 «Порядок выбора рационального варианта технического решения» и функционирует с конца 2013 г. Кроме того, в 2015 г. она принята к внедрению в холдинге «АМКОДОР». Применение методики, за счет исключения необходимости разработки, изготовления и проведения испытаний всех альтернативных вариантов технических решений, позволило получить экономический эффект на уровне 230 тыс. руб.

Заключение: Выполненные исследования позволили разработать действенную методологию повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов и получить новые научные и практические результаты.

1. Сформулировано понятие «конкурентоспособность технически сложной продукции производственного назначения». В отличие от существующих предложенное определение распространяется на технику, являющуюся средством производства, позволяет учесть сложность и специфичность оцениваемого товара по отношению к конкретному рынку с учетом изменения его конъюнктуры, ограничивает круг товаров-конкурентов, подлежащих сравнению.

Выявлены особенности формирования конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, заключающиеся в учете специфики технически сложных товаров производственного назначения на всех стадиях их жизненного цикла, в соответствии с требованиями потребителей, предъявляемыми к качественным и стоимостным характеристикам машин.

Обоснованы критерии оценки конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, которые представлены в виде комплексной иерархической схемы множества критериев, включающей пять уровней, и выделены из нее как наиболее значимые с позиции потребителей на основании опроса экспертов, проведенного с помощью предложенного нами алгоритма выбора.

Выделено пять основных групп факторов, влияющих на конкурентоспособность комбайнов, определен характер их влияния.

2. Разработана методика оценки конкурентоспособности технически сложной продукции производственного назначения, какой являются зерноуборочные комбайны. Методика позволяет: производить достоверную оценку конкурентоспособности в условиях предприятий сельскохозяйственного машиностроения; отбирать для оценки из множества моделей комбайнов, представленных на рынке, только те из них, которые являются прямыми аналогами; определять степень соответствия оцениваемой машины лучшим достижениям зерноуборочного комбайностроения, представленным на конкретном рынке в определенный момент времени; выявлять преимущества и недостатки комбайнов, а также позиции, в которых мнения экспертов относительно проставленных оценок технике явно расходятся; разрабатывать эффективные меры совершенствования машин, повышающие их конкурентоспособность, и получать экономию ресурсов за счет ограничения числа мероприятий по их совершенствованию.

Внедрение разработанной методики в холдинге «ГОМСЕЛЬМАШ» за счет ограничения числа мероприятий по совершенствованию зерноуборочных комбайнов в каждом классе пропускной способности обеспечит получение экономии финансовых, трудовых и материальных ресурсов: в классе 8 кг/с – 61,6 %; в 10 кг/с – 60,2 %; в 12 кг/с – 59,3 %. При реализации мероприятий по совершенствованию наиболее слабых сторон комбайнов экономический эффект составит 2,18 млн руб.

3. Разработаны практические рекомендации по повышению конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов, представленные в виде блок-схемы механизма повышения их конкурентоспособности, включающие реализацию выявленных направлений, управляющих значениями критериев, на основании которых производится оценка конкурентоспособности, посредством воздействия на факторы.

Для поиска новых эффективных технических решений сформирована морфологическая матрица функционально-конструктивных исполнений МСУ, позволившая не только описать известные конструкции МСУ серийных самоходных зерноуборочных комбайнов, но и формировать новые. Для возможности представления компонентов МСУ в матрице с использованием минимального количества символов разработана простая и удобная система обозначений, которая также может быть использована для отображения любого типа МСУ в виде структурной формулы.

Определено, что реализация практических рекомендаций позволит сокращать количество неисправностей комбайнов как минимум на 20 % в год и получать экономический эффект за счет экономии части денежных средств, ежегодно направляемых на устранение отказов, в размере 320 тыс. руб. и более.

Выработаны практические рекомендации по повышению конкурентоспособности основного отечественного производителя зерноуборочных комбайнов – ОАО «Гомсельмаш», заключающиеся в совершенствовании его структуры выпуска путем расширения ассортимента, во-первых, по классам пропускной способности; во-вторых, по типам МСУ; в-третьих, по комплектации.

Установлено, что реализация этих рекомендаций позволит получить экономический эффект за счет предотвращения потерь выгоды в течение одного года в размере 320 тыс. руб. Годовой экономический эффект для потребителей от эксплуатации предлагаемых к разработке комбайнов может составить 33,67 млн руб.

4. Предложена методика выбора рационального варианта технического решения при проектировании, совершенствовании и модернизации зерноуборочных комбайнов, обеспечивающая повышение их конкурентоспособности. Данная методика позволяет: производить выбор рационального варианта из альтернативных в условиях реального проектирования с учетом условий производства и эксплуатации; осуществлять оценку вариантов технических решений, находящихся на предпроектной стадии, когда отсутствует детальная проработка и неизвестно большинство точных количественных показателей; детально изучать все альтернативные варианты, выявлять их преимущества и недостатки; учитывать мнения четырех групп экспертов различной специализации; экономить значительную часть средств за счет исключения необходимости проектирования, изготовления конструкций по нескольким вариантам технических решений и проведения их испытаний; принимать верные управленческие решения, которые, как правило, гарантируют успешное проведение работ по повышению технического уровня зерноуборочных комбайнов; осуществлять выбор рационального варианта технического решения не только на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения, специализирующихся на разработке конструкций и производстве зерноуборочных комбайнов, но и на других машиностроительных предприятиях.

Внедрение и использование методики в ОАО «Гомсельмаш» позволило получить экономический эффект на уровне 230 тыс. руб. (за счет исключения необходимости разработки, изготовления и проведения испытаний всех альтернативных вариантов технических решений).

Научная значимость полученных результатов заключается в обосновании теоретических подходов, разработке алгоритмов, инструментов, методик и практических рекомендаций. Основные результаты одобрены Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, апробированы и приняты к внедрению предприятиями сельскохозяйственного машиностроения, осуществляющими производство зерноуборочных комбайнов, а также в холдинге «АМКОДОР».

Список использованных источников

1. *Ноздрева, Р. Б.* Маркетинг: как побеждать на рынке / Р. Б. Ноздрева, Л. И. Цыгичко. – М. : Финансы и статистика, 1991. – 304 с.

2. *Портер, М.* Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов / М. Портер ; пер. с англ. И. Минервина. – 4-е изд. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 454 с.

3. *Миронов, М. Г.* Ваша конкурентоспособность / М. Г. Миронов. – М. : Альфа-Пресс, 2004. – 160 с.

4. *Гребнев, Е. Т.* Анализ конкурентоспособности продукции / Е. Т. Гребнев, Д. Т. Новиков, А. Н. Захаров // Маркетинг в России и за рубежом. – 2002. – № 3. – С. 136–141.

5. *Григорьева, А. А.* Автоматизированный мониторинг конкурентоспособности инновационной машиностроительной продукции / А. А. Григорьева, Г. О. Тащиян, А. П. Григорьева. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. – 231 с.

6. *Сайганов, А. С.* Понятие и экономическая сущность конкурентоспособности продукции и ее механизма применительно к предприятиям сельскохозяйственного машиностроения / А. С. Сайганов, В. К. Липская // Аграр. экономика. – 2015. – № 12. – С. 9–18.

7. *Липская, В. К.* Причины потерь зерна в соломе за молотилкой зерноуборочных комбайнов и способы их снижения / В. К. Липская, Б. И. Саяпин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21–22 окт. 2015 г. : в 2 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 105–113.

8. *Клочков, А. В.* Концепция зерноуборочного комбайна / А. В. Клочков. – Горки : БГСХА, 2011. – 120 с.

9. *Дюжев, А. А.* Развитие зерноуборочного комбайностроения с позиции ресурсосбережения / А. А. Дюжев, Н. П. Филиппова // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2011 г. : в 3 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2011. – Т. 1. – С. 57–62.

10. *Ожерельев, В. Н.* Современные зерноуборочные комбайны : учеб. пособие / В. Н. Ожерельев. – М. : Колос, 2009. – 174 с.

11. *Липская, В. К.* Критерии оценки конкурентоспособности производства зерноуборочной техники / В. К. Липская // Аграр. экономика. – 2013. – № 12. – С. 20–27.

12. *Липская, В. К.* Оценка факторов, влияющих на конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов / В. К. Липская // Аграр. экономика. – 2018. – № 9. – С. 58–70.

13. *Сайганов, А. С.* Повышение конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения Республики Беларусь / А. С. Сайганов, В. К. Липская. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2017. – 219 с.

14. *Жалнин, Э. В.* Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции / Э. В. Жалнин. – М. : ВИМ, 2011. – 101 с.

15. *Липская, В. К.* Особенности формирования конкурентоспособности зерноуборочной техники / В. К. Липская // Аграр. экономика. – 2013. – № 6. – С. 52–63.

16. *Поздняков, Ю. М.* Функционально-конструктивные исполнения молотильно-сепарирующих устройств / Ю. М. Поздняков, В. К. Липская // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільского господарства Украини : зб. наук. пр. / УкрНДІ прогнозування та випробування технікі і технологій для с.-г. випробництва ім. Л. Погорілого ; редкол.: В. І. Кравчук (голов. ред.) [та ін.]. – Дослідницьке, 2008. – Вип. 12 (26). – С. 233–238

17. *Альтшуллер, Г. С.* Творчество как точная наука: теория решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – М. : Совет. радио, 1979. – 175 с.

18. *Сайганов, А. С.* Практические рекомендации по повышению конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов / А. С. Сайганов, В. К. Липская // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2016. – № 1. – С. 33–46.

19. *Соболев, Ю. М.* Конструктор и экономика: ФСА для конструктора / Ю. М. Соболев. – Пермь : Кн. изд-во, 1987. – 102 с.

References

1. Nozdreva R. B., Tsygichko L. I. *Marketing: how to win the market*. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1991. 304 p. (in Russian).

2. Porter M. E. *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. New York etc., The Free Press, 2004. 396 p.

3. Mironov M. G. *Your competitiveness*. Moscow, Al'fa-Press Publ., 2004. 160 p. (in Russian).

4. Grebnev E., Novikov D., Zakharov A. Analysis of product competitiveness. *Marketing v Rossii i za rubezhom = Marketing in Russia and Abroad*, 2002, no. 3, pp. 136–141 (in Russian).

5. Grigor'eva A. A., Tashchiyan G. O., Grigor'eva A. P. *Automated monitoring of the competitiveness of innovative machine-building products*. Tomsk, Tomsk Polytechnic University, 2011. 231 p. (in Russian).

6. Saiganov A. S., Lipskaya V. K. The notion and economic essence of competitiveness of production and its relation to the mechanism of agricultural engineering enterprises. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2015, no. 12, pp. 9–18 (in Russian).

7. Lipskaya V. K., Sayapin B. I. Causes of grain losses in straw for threshing combine harvesters and ways to reduce them. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Minsk, 21–22 oktyabrya 2015 g.)* [Scientific and technological progress in agricultural production: proceedings of the International scientific and technical conference (Minsk, October 21–22, 2015)]. Minsk, 2015, vol. 2, pp. 105–113 (in Russian).

8. Klochkov A. V. *The concept of a combine harvester*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2011. 120 p. (in Russian).

9. Dyuzhev A. A., Filippova N. P. Development of combine harvesting from the position of resource saving. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Minsk, 19–20 oktyabrya 2011 g.)* [Scientific and technical progress in agricultural production: proceedings of the International scientific and practical conference (Minsk, October 19–20, 2011)]. Minsk, 2011, vol. 1, pp. 57–62 (in Russian).

10. Ozherel'ev V. N. *Modern combine harvesters*. Moscow, Kolos Publ., 2009. 174 p. (in Russian).

11. Lipskaya V. K. Criteria for assessing the competitiveness of the production of grain harvesting equipment. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2013, no. 12, pp. 20–27 (in Russian).

12. Lipskaya V. K. Assessment of factors influencing compatibility of grain harvesters. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2018, no. 9, pp. 58–70 (in Russian).

13. Saiganov A. S., Lipskaya V. K. *Increase of competitiveness of combine harvesters at the enterprises of agricultural mechanical engineering of the Republic of Belarus*. Minsk, Institute for System Studies in the Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, 2017. 219 p. (in Russian).

14. Zhalnin E. V. *Calculation of the main parameters of combine harvesters using the principle of the harmony of their construction*. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Mechanization, 2011. 101 p. (in Russian).

15. Lipskaya V. K. Features of building the competitiveness of harvesting machinery. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2013, no. 6, pp. 52–63 (in Russian).

16. Pozdnyakov Yu. M., Lipskaya V. K. Functional-constructive designs of threshing-separating devices. *Tekhniko-tekhnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologii dlya cil'skogo gospodarstva Ukraini: zbirnik*

naukovikh prats' [Techno-technological aspects of the development and testing of new technology and technologies for the national economy of Ukraine: a collection of scientific works]. Doslidnits'ke, 2008, no. 12 (26), pp. 233–238 (in Russian).

17. Al'tshuller G. S. *Creativity as an exact science: the theory of solving inventive problems*. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1979. 175 p. (in Russian).

18. Saiganov A. S., Lipskaya V. K. Practical recommendations for raising compatibility of grain-harvesting combines. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2016, no. 1, pp. 33–46 (in Russian).

19. Sobolev Yu. M. *Designer and economics: FSA for designer.* Perm, The Book Publishing House, 1987. 102 p. (in Russian).

Информация об авторах

Сайганов Анатолий Семенович – доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по научной и инновационной работе, Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси (ул. Казинца, 103, 220108, Минск, Республика Беларусь). E-mail: saihanauas@tut.by

Липская Василина Константиновна – кандидат экономических наук, ведущий экономист Научно-технического центра комбайностроения, ОАО «Гомсельмаш» (ул. Ефремова, 61, 246031, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: linav84@mail.ru

Information about the authors

Saiganov Anatoly S. - D.Sc. (Economics), Professor. The Institute of System Research in Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus (103 Kazintsa Str., 220108 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: saihanauas@tut.by

Lipskaya Vasilina K. - Ph.D. (Economics). Harvester Construction Technical Center, "Gomselmash" (61 Efremova Str., 246031 Gomel, Republic of Belarus). E-mail: linav84@mail.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

УДК 664.73-021.465:633.1
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-357-367

Поступила в редакцию 03.04.2019
Received 03.04.2019

В. А. Шаршунов, М. А. Киркор, А. В. Евдокимов

Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Беларусь

ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА РЖИ, ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ В КОМБИНИРОВАННОЙ СУШИЛКЕ-ДИСПЕРГАТОРЕ

Аннотация: Одним из перспективных продуктов для получения натуральных пищевых добавок может стать измельченное пророщенное зерно различных злаковых культур до порошкообразного материала. Выбор способа механического воздействия на пророщенное зерно напрямую зависит от физико-механических свойств материала. Наиболее перспективными являются сушильно-измельчающие установки комбинированного типа на основе взаимодействия взвешенного слоя и измельчающих устройств с ножевым ротором. Это позволяет обеспечить эффективное использование деформаций сдвига и среза для получения конечного продукта заданного гранулометрического состава. В статье исследованы способы механического воздействия на пророщенное зерно и выделен наименее энергоемкий. Установлено, что для измельчения наиболее перспективными являются установки комбинированного типа. На основании проведенных исследований обоснована и практически реализована конструкция комбинированнной сушилки со встроенным роторным измельчителем (сушилка-диспергатор). Для изучения процесса термомеханической обработки высоковлажного пищевого сырья спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий реализовывать и изучать совмещенные процессы сушки и измельчения. Рассмотрена задача построения математической модели процесса измельчения пророщенного зерна в сушилке-диспергаторе, основанная на методе Лагранжа. Предложена математическая модель процесса измельчения пророщенного зерна в аппарате с закрученными потоками на основе теории П. А. Ребиндера. Получена математическая модель упруго-пластического деформирования пророщенного зерна в условиях одноосного статического погружения. Изучена зависимость гранулометрического состава готового продукта от производительности сушилки-диспергатора, температуры сушильного агента, частоты вращения ротора измельчителя, начальной влажности пророщенного зерна. Определены критерии Фруда. Выводы и практические рекомендации будут способствовать решению задач по повышению качества, безопасности и конкурентоспособности, а также увеличению экспортных возможностей отечественной пищевой и сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: злаковые культуры, биологически активные вещества, пищевые добавки, пророщенное зерно, измельчение, сушилка-диспергатор, ротор, ножи, параметры, сельскохозяйственная продукция

Для цитирования: Шаршунов, В. А. Процесс измельчения пророщенного зерна ржи, пшеницы и тритикале в комбинированной сушилке-диспергаторе / В. А. Шаршунов, М. А. Киркор, А. В. Евдокимов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, №3. – С. 357–367. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-357-367

V. A. Sharshunov, M. A. Kirkor, A. V. Evdokimov

Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Belarus

PROCESS OF CRUSHING SPROUTED GRAINS OF RYE, WHEAT AND TRITICALE IN COMBINED DISPERSER DRYER

Abstract: One of promising products for obtaining natural food additives can be germinated grain of various cereals crushed to powder. Selection of mechanical impact method on germinated grain directly depends on physical-and-mechanical properties of the material. The most promising are drying and grinding installations of combined type based on interaction of suspended layer and grinding devices with blade rotor. It allows to ensure efficient use of shear and cut deformations to obtain

© Шаршунов В. А., Киркор М. А., Евдокимов А. В., 2019

the final product of the required particle size distribution. The paper presents results on study of mechanical impact methods on germinated grain and the least energy-intensive method is defined. It is determined that the most promising for grinding are units of combined type. Based on the research conducted, the design of combined dryer with integrated rotary chopper (disperser dryer) has been substantiated and practically implemented. Experimental test installation was designed and manufactured to study the process of thermomechanical processing of high-moisture food raw materials. It allows to implement and study drying and grinding combined processes. Mathematical model building task for grinding process of germinated grain in disperser dryer based on Lagrange method is considered. Mathematical model of grinding process of germinated grain in unit with twisted flow based on Rehbinder theory is proposed. Mathematical model of elastic-plastic deformation of germinated grain under uniaxial static immersion is obtained. Correlation of granulometric composition of finished product with performance of disperser dryer, temperature of drying agent, shredder rotor rotation speed, initial moisture content in germinated grain have been studied. Froude number is defined. Conclusions and practical recommendations will contribute to solving problems of improving quality, safety and competitiveness, as well as increasing export potential of domestic food and agricultural products.

Keywords: cereal crops, biologically active substances, food additives, germinated grain, grinding, disperser dryer, rotor, blades, parameters, agricultural products

For citation: Sharshunov V. A., Kirkor M. A., Evdokimov A. V. Process of crushing sprouted grains of rye, wheat and triticale in combined disperser dryer. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 357-367 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-357-367

Введение. В процессе промышленной переработки растительного сырья происходит значительная потеря содержащихся в нем биологически ценных веществ, что снижает эффект от их использования. Поэтому сегодня значительное внимание уделяется разработке новых методов и оборудования для промышленного производства натуральных высококачественных пищевых порошков из растительного сырья. Важнейшим условием переработки является получение продукта, в котором все полезные вещества находятся в естественных и сбалансированных количествах и сочетаниях [1, 2][1].

Пророщенное зерно – ценный, легкоусвояемый продукт, содержащий в своем составе весьма широкий набор полезных веществ, витаминов, минеральных веществ, микроэлементов, а также пищевые волокна, оказывает специфическое высокоэффективное оздоравливающее воздействие на организм человека и животных.

К перспективным направлениям совершенствования технологического процесса относят совмещение в одном рабочем пространстве тепловых, массообменных и механических процессов, что обеспечивает минимальное время нахождения сырья в зоне переработки. Разработка оборудования, реализующего этот метод, позволит получать пищевые порошки с максимальным сохранением биологически активных веществ.

Процесс получение муки из пророщенного зерна совмещает несколько технологических стадий обработки, по-разному влияющих на энергозатраты. Поскольку постадийная термомеханическая обработка высоковлажных материалов требует значительных энергозатрат, то проблема оценки существующего оборудования и поиска новых подходов к переработке обеспечивающих повышение эффективности использования оборудования, является актуальной задачей [3–8].

Цель настоящей работы – исследование процесса механической переработки пророщенного зерна злаковых культур с определением структурно-механических свойств материала, а также кинематических и энергетических характеристик, влияющих на эффективность процесса измельчения.

Материалы и методы исследования. Выбор способа механического воздействия на пророщенное зерно напрямую зависит от структурно-механичесих свойств материала. Установлено, что для пророщенного зерна наименее энергоемкими способами измельчения являются случаи, когда материал подвергается деформациям сдвига и среза [3, 5, 6, 9, 10][2]. Таким образом, наиболее перспективными являются установки комбинированного типа на основе взаимодействия взвешенного слоя и измельчающих устройств с ножевым ротором [3].

[1] Саенко Ю. В. Разработка технологии и технических средств для приготовления кормовых смесей свиньям с использованием пророщенного зерна : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 05.20.01. Мичуринск, 2016. 40 с.

[2] Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы : учеб. пособие. Тамбов : ТГТУ, 2004. 75 с.; Максимчук Б. М., Неменущий А. Ф. Опыт эксплуатации высокопроизводительных машин ударно-истирающего и ударного действия : обзор. информ. М. : ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1983. 27 с.

Для достижения поставленной цели на базе лаборатории кафедры ПМиИГ Могилевского государственного университета продовольствия разработана и изготовлена конструкция комбинированнной сушилки со встроенным роторным измельчителем (далее сушилка-диспергатор) для проведения совмещенных процессов сушки и измельчения пророщенного зерна в одном рабочем объеме, признанная изобретением[3].

В сушилке-диспергаторе выделено шесть зон (рис. 1), в которых происходит сушка и измельчение частиц дисперсного материала. В зоне *0* происходит доставка зерновки в рабочую зону [11]. В зоне *1* реализуется одновременная сушка и измельчение материала. В зонах *2* и *3* осуществляется процесс сушки и транспортировки частиц вверх. Сушка и транспортировка материала происходит в зоне *4* (улитке). Сушильный агент очищается и уходит вверх в зону *6*, а частицы продукта, закручиваясь, оседают в зоне *5* (циклоне), где происходит досушивание частиц.

На основе разработанной сушилки-диспергатора спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий изучать процесс термомеханической обработки высоковлажного пищевого сырья. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 2.

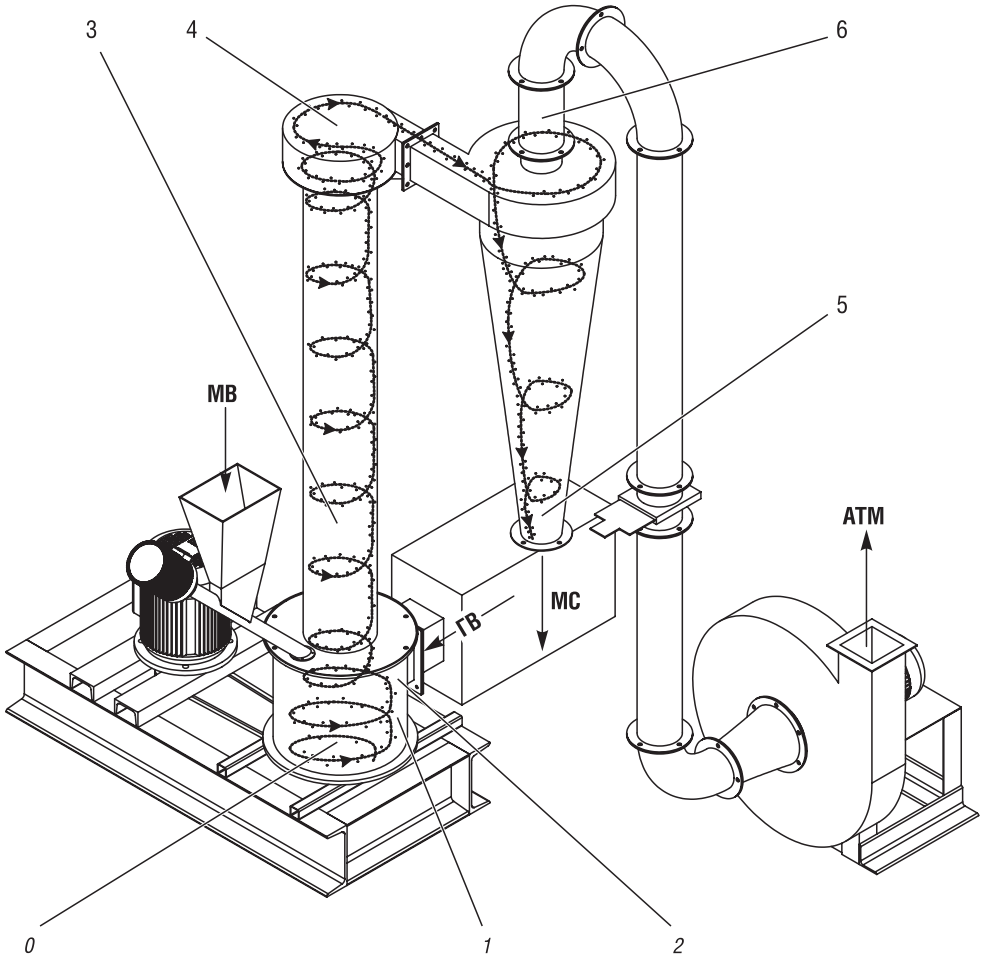


Рис. 1. Схема сушилки-диспергатора с обозначением потоков движения обрабатываемого материала и сушильного агента. Условные обозначения: АТМ – отвод сушильного агента в атмосферу; ГВ – горячий воздух; МВ – материал влажный; МС – материал сухой. Цифрами обозначены зоны обработки частиц

Fig. 1. Layout of disperser dryer with designation of flow of the processed material and drying agent. Designations: ATM – drying agent discharge to atmosphere; ГВ – hot air; MB – wet material; MC – dry material. Numbers indicate particle processing areas

[3] Сушилка-диспергатор : пат. BY 12161 / В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов, А. Г. Смусенок. Опубл. 30.08.2009.

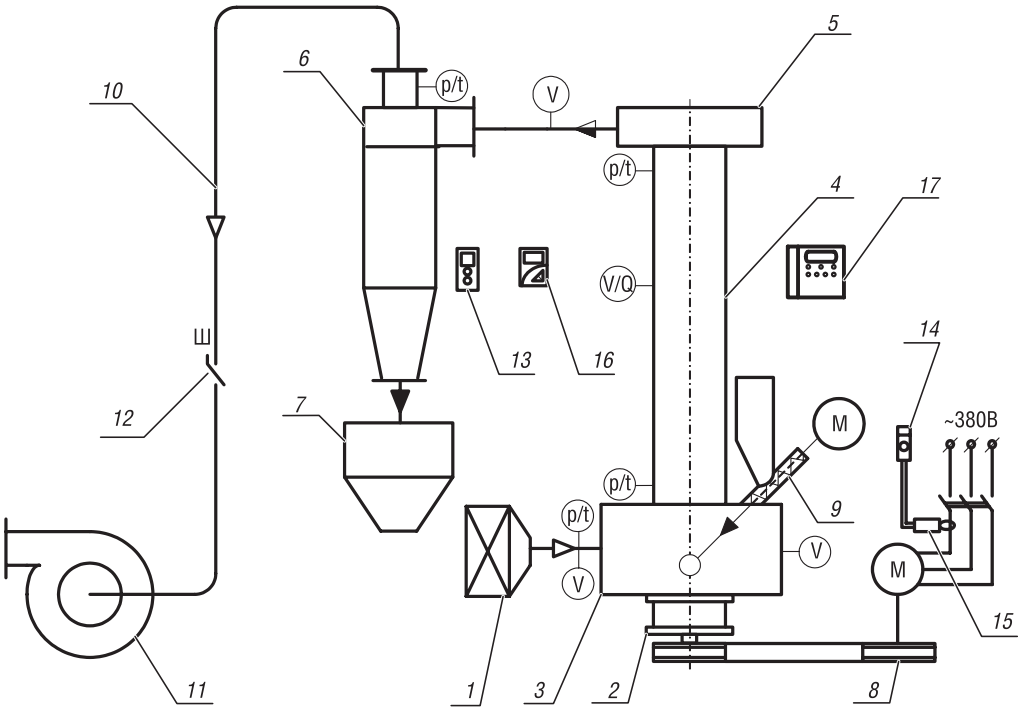


Рис. 2. Схема экспериментального стенда: *1* – калорифер; *2* – ротор; *3* – рабочая камера измельчителя; *4* – пневмотруба; *5* – раскручивающая улитка; *6* – циклон; *7* – приемный бункер; *8* – шкив; *9* – шнековый питатель; *10* – система воздуховодов; *11* – вентилятор; *12* – шиберная заслонка; *13* – анемометр testo-435; *14* – цифровой мультиметр APPA-109N; *15* – измерительные клещи; *16* – логгер testo 177–T4; *17* – инвертор

Fig. 2. Layout of test installation: *1* – air heater; *2* – rotor; *3* – shredder working chamber; *4* – pneumatic tube; *5* – spinning snail; *6* – cyclone; *7* – receiving bunker; *8* – wheel; *9* – screw feeder; *10* – air duct system; *11* – fan; *12* – gate valve; *13* – anemometer testo-435; *14* – digital multimeter APPA-109N; *15* – measuring pliers; *16* – logger testo 177-T4; *17* – inverter

Сушилка-диспергатор работает следующим образом. Наружный воздух, проходя через систему подогрева сушильного агента *1*, нагревается до температуры сушки и поступает в рабочую камеру измельчителя *3*, выполненную в форме вихревой камеры. Одновременно в рабочую камеру, имеющую ротор с ножевыми рабочими элементами, подается материал шнековым питателем *9*. Материал измельчается и образует в камере газовзвесь, которая находится в закрученном состоянии и удерживается в виде стационарного кольца, вращающегося у боковой стенки вокруг оси рабочей камеры *3*. По мере измельчения и подсыхания частицы материала выносятся из камеры *3* в пневмотрубу *4*, где происходит окончательное досушивание материала. Поток газовзвеси попадает на вход системы пылеулавливания высушенного продукта *6*. Отработанный сушильный агент выбрасывается в атмосферу. Готовый продукт собирается под системой пылеулавливания высушенного продукта в бункере *7*. Разряжение в установке создается вентилятором *11*.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований рассмотрена задача построения математической модели процесса измельчения пророщенного зерна в сушилке-диспергаторе, основанная на методе Лагранжа [12]. Для решения поставленной задачи составлена расчетная схема однозвенной механической системы с указанием параметров, используемых при решении уравнения Лагранжа (рис. 3).

Модель, показанная на рис. 3, представляет собой однозвенную незамкнутую кинематическую цепь, соединенную при помощи верхнего *2* и нижнего колец *3*, и стержня шпильки *4* во вращающийся блок ножей *1*. В конструкции колец *2* и *3* предусмотрены отверстия для стержней шпилек *4*. В точке *O* находится ось вращения системы.

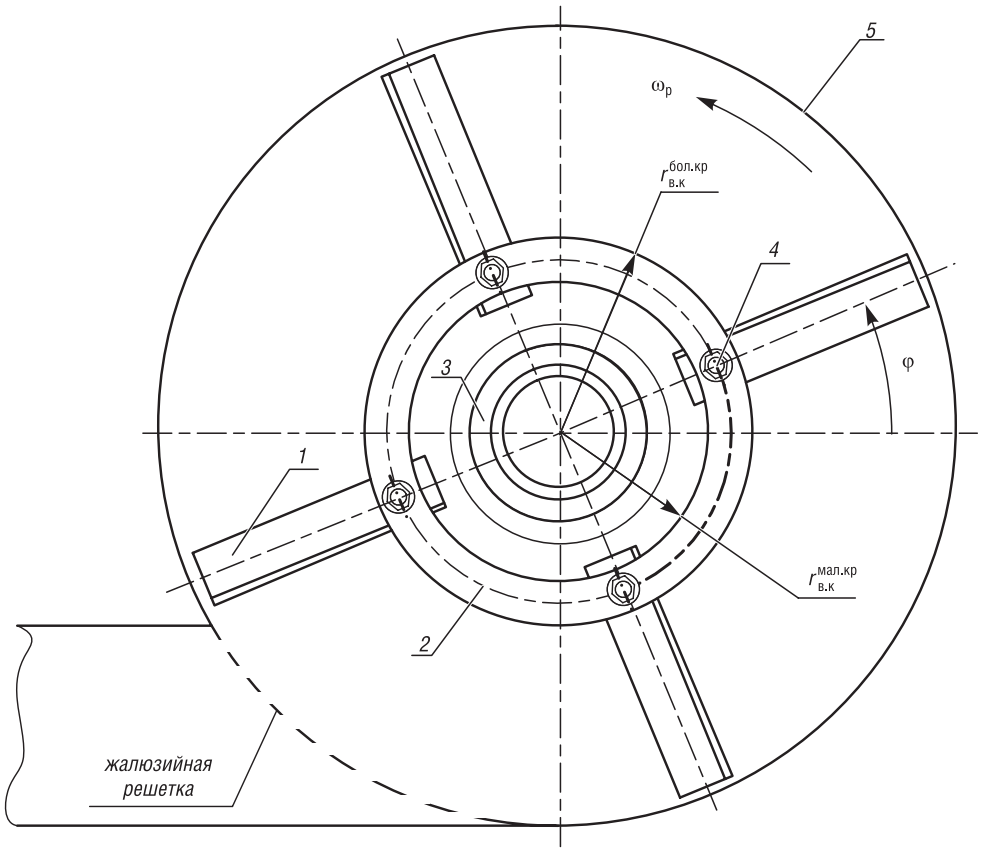


Рис. 3. Схема модели движения роторного измельчителя: *1* – блок ножей механической системы; *2* – верхнее кольцо роторного измельчителя; *3* – нижнее кольцо роторного измельчителя; *4* – соединительный стержень (шпилька); *5* – корпус камеры сушилки-диспергатора

Fig. 3. Layout of rotor shredder movement model: *1* – block of blades of mechanical system; *2* – upper ring of the rotor shredder; *3* – lower ring of the rotor shredder; *4* – connecting rod (pin); *5* – disperser dryer chamber housing

Дифференциальное уравнение движения системы в обобщенных координатах, или уравнение Лагранжа:

$$\frac{d}{d\tau}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}}\right)-\frac{\partial T}{\partial q}=Q, \tag{1}$$

где T – кинетическая энергия системы, Дж; q – обобщенная координата движения системы, рад; $\dot{q}$ – обобщенная скорость, рад/с; Q – обобщенная сила, соответствующая координате q, Н · м.

После необходимых преобразований уравнение Лагранжа второго рода принимает такой вид:

$$\ddot{\varphi}-Y\dot{\varphi}^{-1}=0, \tag{2}$$

где Y – коэффициент, численное значение которого равно

$$Y=\frac{N}{\left(zkJ_z^{н}+J_z^{в.к}+J_z^{н.к}+zJ_z^{шп}\right)} \tag{3}$$

($\dot{\varphi}$ – угловая скорость, рад/с; $\ddot{\varphi}$ – угловое ускорение, рад/с^2);

$$\ddot{\varphi}=\frac{M_{кр}}{zkJ_z^{н}+J_z^{в.к}+J_z^{н.к}+zJ_z^{шп}}, \tag{4}$$

где N – мощность ротора, Вт; $M_{кр}$ – крутящий моимент, Н · м; z – число блоков (пакетов) ножей в роторном измельчителе; k – количество ножей в блоке; $J_z^{н}$ – момент инерции массы ножа, кг · м^2;

$J_z^{н.к}$ – момент инерции массы нижнего кольца роторного измельчителя, кг·м^2; $J_z^{в.к}$ – момент инерции массы верхнего кольца роторного измельчителя, кг·м^2; $J_z^{шп}$ – момент инерции массы стержня шпильки, кг·м^2.

Выражение (2) является однорядным дифференциальным уравнением второго порядка и может быть полезно при исследовании движения ротора. Решение данного уравнения возможно численными методами (система MATHCAD).

Следующим этапом исследования являлось аналитическое определение работы внешних сил, затрачиваемой на измельчение пророщенного зерна [11].

Основной закон измельчения предложен П. А. Ребиндером и имеет такой вид:

$$A = A_v + A_f, \tag{5}$$

где A – полная работа внешних сил, Дж; A_v – работа, затрачиваемая на упругую деформацию объема разрушаемого куска материала, Дж; A_f – работа, затрачиваемая на образование новой поверхности, Дж.

Формула (5) отражает работу только на одной стадии измельчения. С учетом многократного измельчения материала в установке и уравнений, полученных в работе [11], формула (5) принимает следующий вид:

$$A = \frac{\sigma_р^2 V}{2E} n + k_f S_п = \frac{\sigma_р^2 V}{2E}\left(\frac{\lg z}{\lg r} + b\right) + k_f S_п. \tag{6}$$

Здесь $\sigma_р$ – предел прочности измельчаемого материала (при сжатии), Па; V – объем измельчаемого материала, м^3; E – модуль упругости (при сжатии), Па; k_f – удельная поверхностная энергия, Н/м; $S_п$ – величина вновь образованной поверхности, м^2; n – число повторностей приложенных нагрузок (число стадий разрушения),

$$n = \frac{\lg z}{\lg r} + b, \tag{7}$$

где z – количество частиц, на которое распадается измельчаемое тело (число конечных частиц для одной зерновки); r – кратность измельчения, $r = 3, \ldots, k$ (k – любое конечное число); b – численный коэффициент, зависящий от кратности разрушения при единичном акте разрушения,

$$b = 1 - \frac{\lg 2}{\lg r}. \tag{8}$$

Проведены экспериментальные исследования по изучению структурно-механических свойств пророщенного зерна различных злаковых культур (ржи, пшеницы, тритикале) в зависимости от его температурно-влажностных характеристик в условиях одноосного статического нагружения и динамического нагружения [13–15].

На начальном этапе исследований при деформировании зерна предполагалось наличие четырех видов деформаций: мгновенноупругой $\varepsilon^{му}$, мгновеннопластической $\varepsilon^{мп}$, вязкоупругой $\varepsilon^{ву}$ и вязкопластической $\varepsilon^{вп}$.

$$\varepsilon = \varepsilon^{му} + \varepsilon^{мп} + \varepsilon^{вп} + \varepsilon^{ву}. \tag{9}$$

Установлено, что в процессе мгновенного нагружения полная деформация определяется суммой $\varepsilon^{му}$ и $\varepsilon^{мп}$ деформаций [13]. Указанное обстоятельство позволило получить уравнение для описания процесса упруго-пластического деформирования пророщенного зерна в условиях одноосного статического нагружения:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_0\left(1 - \frac{\sigma}{\sigma^*}\right)} + \gamma\left[\exp^{m\left(\frac{\sigma}{\sigma_{эксп}}\right)} - 1\right], \tag{10}$$

где γ, m, $\sigma_{эксп}$, σ^* – постоянные для данного вида пророщенного зерна; σ – текущее напряжение, Па; E_0 – модуль продольной упругости, Па.

Изучение влияния температурно-влажностных характеристик пророщенного зерна на его структурно-механические свойства показало, что с увеличением температуры нагретого воздуха пророщенные зерна пшеницы, ржи и тритикале значительно охрупчиваются, предельная деформация при разрушении уменьшается и данные тела разрушаются как упруго-хрупкие [14], прочность зерна в этом случае снижается. Установлено, что на прочностные свойства зерна температура влияет менее заметно, чем влажность.

Исследование структурно-механических свойств пророщенного зерна в условиях динамического нагружения показало, что при увеличении скорости нагружения предел прочности у всех исследуемых материалов увеличивается, а пластические свойства к моменту разрушения значительно уменьшаются [15]. Увеличение скорости нагружения приводит к увеличению работы разрушения на единицу объема $A_р$. Увеличение влажности материала приводит к снижению величины $A_р$.

Изучена зависимость гранулометрического состава готового продукта от производительности установки, температуры сушильного агента, частоты вращения ротора измельчителя, начальной влажности материала при определенных фиксированных параметрах [3, 16, 17].

На рис. 4 представлены интегральные кривые распределения частиц пророщенного зерна ржи, полученные при следующих параметрах: начальная влажность $W_{нач}$ = 42 %; температура сушильного агента $t_{с.а}$ = 90 °С; производительность установки G = 0,0139 кг/с.

На основании полученных экспериментальных данных установлено следующее: увеличение частоты вращения измельчителя приводит к снижению величины медианного диаметра (δ_{50}, мкм) измельчаемых частиц (материал приближается к монофракции); повышение температуры сушильного агента приводит к уменьшению величины δ_{50}; увеличение производительности установки влечет увеличение δ_{50}; повышение влажности материала приводит к увеличению δ_{50}.

Изучена зависимость медианного диаметра и степени измельчения муки из пророщенного зерна в зависимости от различных технологических и режимных параметров процесса (температуры сушильного агента, начальной влажности материала и удельной производительности установки).

Для выявления зависимости медианного размера и степени измельчения от конструктивных и кинематических параметров процесса измельчения были определены значения критерия Фруда *Fr* (рис. 5). Зависимости получены при $W_{нач}$ = 39 % и $t_{с.а}$ = 90 °С.

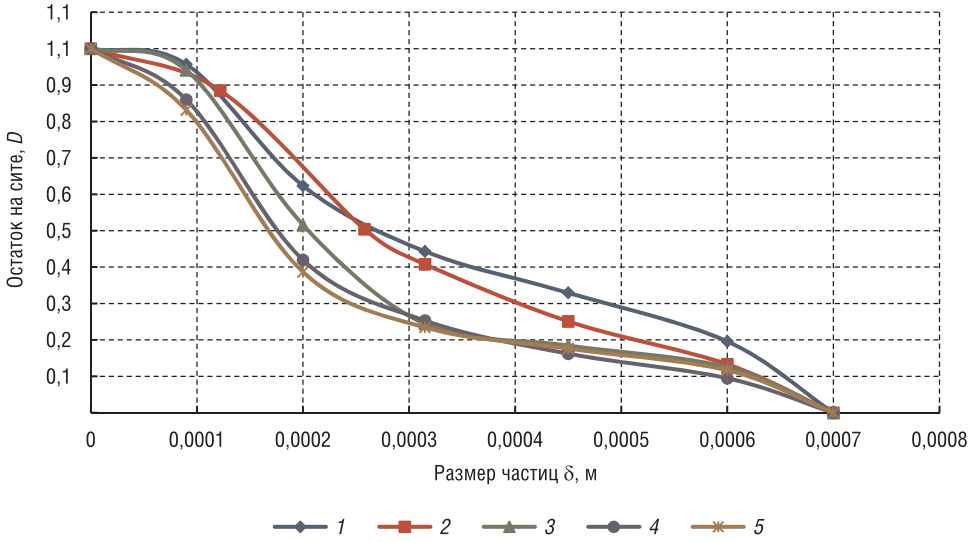


Рис. 4. Гранулометрический состав муки из пророщенного зерна ржи: *1* – частота вращения роторного измельчителя n = 24,5 с$^{-1}$; *2* – n = 30,75 с$^{-1}$; *3* – n = 37 с$^{-1}$; *4* – n = 43,25 с$^{-1}$; *5* – n = 49,5 с$^{-1}$

Fig. 4. Particle size distribution of germinated rye grain flour: *1* – rotary shredder rotation speed n = 24.5 s^{-1}; *2* – n = 30.75 s^{-1}; *3* – n = 37 s^{-1}; *4* – n = 43.25 s^{-1}; *5* – n = 49.5 s^{-1}

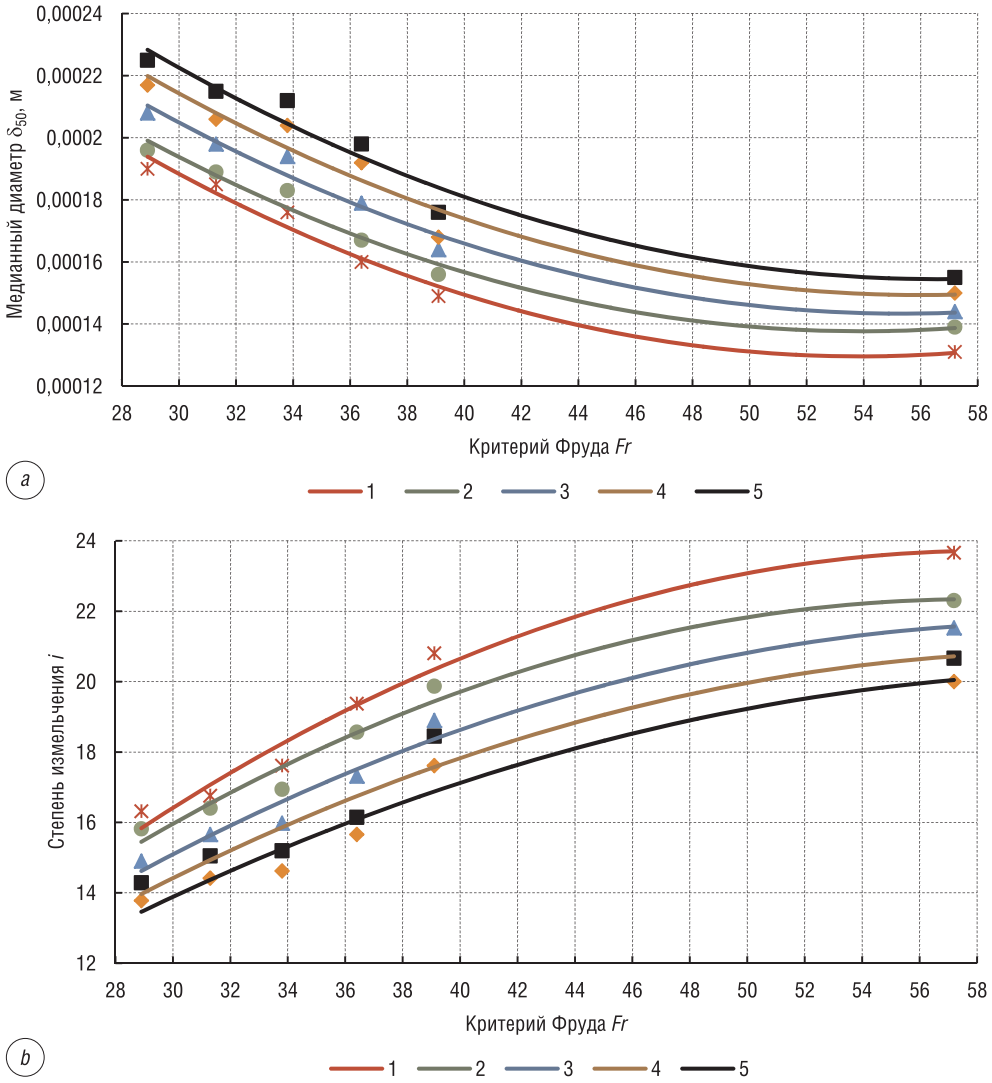


Рис. 5. Графическая зависимость медианного диметра частиц δ_{50} (*a*) и степени измельчения материала *i (b)* от критерия Фруда *Fr*: *1* – производительность установки *G* = 1–0,0083 кг/с; *2* – *G* =0,0097 кг/с; *3* – *G* =0,0111 кг/с; *4* – *G* =0,0125 кг/с; *5* – *G* =0,0139 кг/с

Fig. 5. Graphic dependence of the median particle diameter δ_{50} (*a*) and material grinding degree *i (b)* on Froude number *Fr*: *1* – unit capacity *G* = 1–0.0083 kg/s; *2* – *G* =0.0097 kg/s; *3* – *G* =0.0111 kg/s; *4* – *G* =0.0125 kg/s; *5* – *G* =0.0139 kg/s

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что степень измельчения материала зависит от типа измельчителя, частоты вращения ротора, диаметра ротора и влажности самого материала. При уменьшении влажности измельчаемого продукта увеличивается его хрупкость и, как следствие, растет степень измельчения. При увеличении линейной скорости концов ударных элементов ротора измельчителя также растет степень измельчения [18]. Так как степень измельчения является безразмерной величиной, изучена ее зависимость от безразмерных комплексов, включающих основные влияющие параметры (критерий Фруда). Анализ зависимости степени измельчения от критерия Фруда показывает, что с ростом последнего увеличивается и степень измельчения.

Выводы

1. Предложена математическая модель процесса измельчения, основанная на методе Лагранжа, позволяющая получить уравнение движения механической системы в обобщенных координатах и определить текущее положение, углы поворота, скорость и ускорение блока ножей роторного измельчителя в любой момент времени.

2. Получены зависимости, позволяющие определить работу, затраченную на измельчение с учетом многократного характера нагружения на зерновку.

3. Установлено, что в процессе мгновенного нагружения полная деформация определяется суммой мгновенноупругой $\varepsilon^{му}$ и мгновеннопластической $\varepsilon^{мп}$ деформаций, данное обстоятельство позволило получить уравнение для описания процесса упруго-пластического деформирования пророщенного зерна в условиях одноосного статического нагружения.

4. Получены новые экспериментальные данные по зависимости фракционного состава обрабатываемого материала от различных технологических и режимных параметров в результате термомеханической обработки.

Результаты исследований представляют интерес для предприятий, перерерабатывающих зерновые культуры и изготавливающих продукты с максимальным сохранением биологически активных веществ. Важность и значимость изложенных материалов заключается в достижении социального и экономического эффекта за счет увеличения ассортимента выпускаемой хлебобулочной продукции, в котором все полезные вещества находятся в естественных и сбалансированных количествах и сочетаниях. Использование разработанного аппарата на перерабатывающих предприятиях Республики Беларусь позволит повысить интенсивность производства и интенсифицировать технологический процесс получения муки из пророщенного зерна злаковых культур, уменьшить импорт натуральных пищевых добавок растительного происхождения, что благоприятно отразится на себестоимости отечественных продуктов питания.

Список использованных источников

1. *Бурова, Н. О.* Особенности технологии ржано-пшеничного хлеба с сухим измельченным пророщенным зерном ржи / Н. О. Бурова, А. Г. Григорьева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. / Марийс. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2015. – Вып. 17. – С. 283–284.

2. Процесс измельчения зерна пшеницы при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения / Ю. В. Гончаров [и др.] // Технология и товароведение инновац. пищевых продуктов. – 2015. – № 4 (33). – С. 41–47.

3. *Шаршунов, В. А.* Разработка направлений совершенствования оборудования для получения порошковых пищевых добавок из пророщенного зерна / В. А. Шаршунов, В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов // Вес. Нац. акад. навук Беларуси. Сер. аграр. навук. – 2009. – № 4. – С. 114–119.

4. *Шаршунов, В. А.* Расчет параметров влагообмена при термомеханической обработке проращенного зерна в комбинированной сушилке-диспергаторе / В. А. Шаршунов, А. А. Смоляк, А. В. Евдокимов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2012. – № 1. – С. 109–114.

5. *Наумов, И. А.* Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи / И. А. Наумов. – М. : Колос, 1975. – 175 с.

6. *Жислин, Я. М.* Оборудование для производства комбикормов, обогатительных смесей и премиксов / Я. М. Жислин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1981. – 319 с.

7. *Вендин, С. В.* Разработка средств механизации для измельчения пророщенного зерна на витаминный корм свиньям / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко // Вестн. Всерос. науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2017. – № 3 (27). – С. 33–38.

8. *Вендин, С. В.* Дробилка для измельчения пророщенного зерна / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко // Сел. механизатор. – 2017. – № 8. – С. 30–31.

9. *Вендин, С. В.* К расчету конструктивных параметров ножей для измельчения пророщенного зерна к обоснованию расчета аппарата вторичного измельчения дробилки / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ : материалы междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 1–2 нояб. 2017 г. / Воронеж. гос. аграр. ун-т ; редкол.: Н. И. Бухтояров [и др.]. – Воронеж, 2017. – Ч. 1. – С. 137–142.

10. *Вендин, С. В.* К расчету конструктивных параметров ножей для измельчения пророщенного зерна / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 1 (17). – С. 16–32.

11. Математическое моделирование процессов измельчения досушенного пророщенного зерна / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. Могилев. гос. ун-та продовольствия. – 2016. – № 2 (21). – С. 95–106.

12. Исследование динамики движения элементов роторного измельчителя в сушилке-диспергаторе / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. Могилев. гос. ун-та продовольствия. – 2014. – № 2. – С. 97–104.

13. *Курилович, Н. Н.* Исследование структурно-механических свойств пророщенного зерна / Н. Н. Курилович, В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов // Вестн. Могилев. гос. ун-та продовольствия. – 2008. – № 2. – С. 119–127.

14. *Курилович, Н. Н.* Влияние температурно-влажностных характеристик пророщенного зерна на его структурно-механические свойства / Н. Н. Курилович, В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов // Зернові продукти і комбікорми. – 2009. – № 3. – С. 14–17.

15. Влияние скорости деформирования и ударного действия нагрузки на структурно-механические характеристики пророщенного зерна / В. А. Шаршунов [и др.] // Научна конференция с международно участием «Хранителна

наука, техника и технологии 2010» : науч. трудове, Пловдив, 15–16 окт. 2010 / Унив. по хранителни технологии. – Пловдив, 2010. – Т. 57, св. 2. – С. 401–407.

16. *Евдокимов, А. В.* Экспериментальные исследования совмещенного процесса сушки и измельчения пищевых материалов / А. В. Евдокимов, В. А. Шуляк, М. А. Киркор // Научна конференция с международно участием «Хранителна наука, техника и технологии 2008» : науч. трудове, Пловдив, 24–25 окт. 2008 г. / Унив. по хранителни технологии ; ред.: Г. Вълчев [и др.]. – Пловдив, 2008. – Т. 55, св. 2. – С. 212–218.

17. *Евдокимов, А. В.* Влияние режимных и технологических параметров работы сушилки-диспергатора на процесс термомеханической обработки пророщенного зерна / А. В. Евдокимов // Актуальные проблемы и современные технологии производства продуктов питания : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф., Кутаиси 12–13 июня 2014 г. / Гос. ун-т им. А. Церетели ; редкол.: М. Силагадзе [и др.]. – Кутаиси, 2014. – С. 350–353.

18. *Вендин, С. В.* Обоснование частоты вращения ножей дробилки пророщенного зерна / С. В. Вендин, С. А. Булавин, Ю. В. Саенко // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2015. – №4. – С. 9–12.

References

1. Burova N. O., Grigor'eva A. G. Technological features of rye-wheat bread production with dry milled germinated rye grains. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva: Mosolovskie chteniya : materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: Mosolovskie readings: proceedings of the international scientific-practical conference]. Yoshkar-Ola, 2015, iss. 17, pp. 283–284 (in Russian).

2. Goncharov Yu. V., Koryachkin V. P., Goncharovskii D. A., Panenkova A. S., Makogon D. A. Crushing of grain in production bakery goods of a functional purpose. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs*, 2015, no. 4 (33), pp. 41–47 (in Russian).

3. Sharshunov V. A., Shulyak V. A., Evdokimov A. V. Developing the directions of perfection of equipment for preparing powder food additives from sprouted grains. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2009, no. 4, pp. 114–119 (in Russian).

4. Sharshunov V. A., Smolyak A. A., Evdokimov A. V. Calculation of moisture exchange parameters in the process of thermomechanical treatment of grains in a combined dryer-dispergator. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2012, no. 1, pp. 109–114 (in Russian).

5. Naumov I. A. *Improving the conditioning and grinding of wheat and rye.* Moscow, Kolos Publ., 1975. 175 p. (in Russian).

6. Zhislin Ya. M. *Equipment for the production of compound feeds, fortifiers and premixes*. *2nd ed*. Moscow, Kolos Publ., 1981. 319 p. (in Russian).

7. Vendin S. V., Saenko Yu. V. The development of germinated grains grinding mechanization tools for pigs' vitamin feed. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2017, no. 3 (27), pp. 33–38 (in Russian).

8. Vendin S. V., Saenko Yu. V. *Crusher for grinding sprouting grain*. *Sel'skii mekhanizator = Selskiy Mechanizator*, 2017, no. 8, pp. 30–31 (in Russian).

9. Vendin S. V., Saenko Yu. V. To the calculation of the design parameters of knives for grinding sprouted grain to justify the calculation of the apparatus of secondary grinding crusher. *Rol' agrarnoi nauki v razvitii APK RF: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Voronezh, 1–2 noyabrya 2017 g.* [The role of agrarian science in the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation: proceedings of the international scientific-practical conference, Voronezh, November 1–2, 2017]. Voronezh, 2017, pt. 1, pp. 137–142 (in Russian).

10. Vendin S. V., Saenko Yu. V. To calculation of constructive parameters of knives for milling the propelled grain. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy = Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives,* 2018, no. 1 (17), pp. 16–32 (in Russian).

11. Sharshunov V. A., Evdokimov A. V., Pokatilov A. E., Popov V. N. Mathematical modeling of grinding processes of dried germinated grain. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya* [Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies], 2016, no. 2 (21), pp. 95–106 (in Russian).

12. Sharshunov V. A., Evdokimov A. V., Pokatilov A. E., Popov V. N. Research of the dynamics of movement of elements of a rotary chopper in a dryer-disperser. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya* [Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies], 2014, no. 2, pp. 97–104 (in Russian).

13. Kurilovich N. N., Shulyak V. A., Evdokimov A. V. The study of structural and mechanical properties of germinated grain. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya* [Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies], 2008, no. 2, pp. 119–127 (in Russian).

14. Kurilovich N. N., Shulyak V. A., Evdokimov A. V. Influence of temperature and humidity characteristics of germinated grain on its structural and mechanical properties. *Zernovi produkti i kombikormi = Grain Products and Mixed Fodder's,* 2009, no. 3, pp. 14–17 (in Russian).

15. Sharshunov V. A., Kurilovich N. N., Shulyak V. A., Evdokimov A. V. Influence of deformation speed and impact load on the structural-mechanical characteristics of germinated grain. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastiem "Khranitelna nauka, tekhnika i tekhnologii 2010": nauchni trudove, Plovdiv, 15–16 oktomvri 2010 = Food science, engineering and technologies 2010: science works, Plovdiv, October 15–16, 2010*. Plovdiv, 2010, vol. 57, iss. 2, pp. 401–407 (in Russian).

16. Evdokimov A. V., Shulyak V. A., Kirkor M. A. Experimental studies of the combined process of drying and grinding food materials. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastiem "Khranitelna nauka, tekhnika i tekhnologii 2008": nauchni trudove, Plovdiv, 24–25 oktomvri 2008 = Food science, engineering and technologies 2008: science works, Plovdiv, October 24–25, 2008*. Plovdiv, 2008, vol. 55, iss. 2, pp. 212–218 (in Russian).

17. Evdokimov A. V. Influence of regime and technological operation parameters of a dryer-dispersant on the process of thermomechanical processing of germinated grain. *Aktual'nye problemy i sovremennye tekhnologii proizvodstva produktov pitaniya: sbornik trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Kutaisi 12–13 iyunya 2014 g.* [Actual problems and modern technologies of food production: a collection of works of the International scientific and practical conference, Kutaisi, June 12–13, 2014]. Kutaisi, 2014, pp. 350–353 (in Russian).

18. Vendin S. V., Bulavin S. A., Saenko Yu. V. On the justification of design-mode parameters chopper sprouted grains. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 2015, no. 4, pp. 9–12 (in Russian).

Информация об авторах

Шаршунов Вячеслав Алексеевич – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры охраны труда и экологии, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: mgup@mogilev.by

Киркор Максим Александрович – кандидат технических наук, доцент, ректор, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: mgup@mogilev.by

Евдокимов Александр Владимирович – старший преподаватель, Могилевский государственный университет продовольствия (пр. Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: evdokimov.mgup@mail.ru

Information about authors

Sharshunov Vyacheslav A. - Corresponding Member of NAS of Belarus, D.Sc. (Engineering), Professor. Mogilev State University of Food Technologies (3, Schmidt Ave, 212027 Mogilev, Republic of Belarus).

Kirkor Maksim A. - D.Sc. (Engineering), Associate Professor. Mogilev State University of Food Technologies (3, Schmidt Ave, 212027 Mogilev, Republic of Belarus).

Evdokimov Alexander V. - Mogilev State University of Food Technologies (3, Schmidt Ave, 212027 Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: evdokimov.mgup@mail.ru

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)
УДК [664.87:633.854.54]:613.26(476)
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-368-378

Поступила в редакцию 26.02.2019
Received 26.02.2019

З. В. Ловкис, Ю. С. Усеня, М. Ю. Уложинова, Л. В. Филатова

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕТЧАТКИ ЛЬНЯНОЙ КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Аннотация: Использование вторичных продуктов переработки масличных культур, которые за счет своей высокой пищевой и биологической ценности могут выступать в качестве обогащающих ингредиентов при производстве функциональных продуктов питания, является актуальной областью исследования и совершенствования пищевых технологий. В статье приведены результаты исследования физико-химического, жирнокислотного и витаминно-минерального состава, а также пищевой ценности образцов клетчатки льняной белорусского производства. На основе полученных данных установлена возможность использования клетчатки льняной в производстве пищевых концентратов функционального назначения с целью их обогащения пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, белком. При выборе пищевых концентратов для обогащения данными нутриентами учтены современные тенденции развития пищевой промышленности, ориентированные на производство продукции повышенной пищевой ценности массового потребления, в том числе по содержанию физиологически активных ингредиентов, продуктов быстрого приготовления, с длительными сроками хранения и др. Разработан ассортимент новых видов пищеконцентратной продукции с клетчаткой льняной. С применением методов математического моделирования определены рациональные дозировки внесения обогащающего ингредиента, изготовлены опытные партии продукции, исследованы их пищевая ценность, показатели качества и безопасности. Полученные данные могут быть использованы при проектировании новых видов обогащенной и специализированной пищевой продукции.
Благодарности. Исследования проведены в рамках Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс–2020», 2016–2020 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество».

Ключевые слова: функциональные продукты питания, растительное сырье, масличные культуры, клетчатка льняная, микронутриенты, обогащающие ингредиенты, пищевые технологии, рецептурный состав, пищевая ценность, полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые концентраты

Для цитирования: Применение клетчатки льняной как физиологически функционального ингредиента в производстве обогащенных пищевых концентратов / З. В. Ловкис, Ю. С. Усеня, М. Ю. Уложинова, Л. В. Филатова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 368–378. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-368-378

Z. V. Lovkis, Y. S. Usenia, M. Y. Ulozhinova, L. V. Filatova

The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs, Minsk, Belarus

APPLICATION OF FLAXSEED FIBER AS PHYSIOLOGICALLY FUNCTIONAL INGREDIENT FOR PRODUCTION OF ENRICHED FOOD CONCENTRATES

Abstract: Application of secondary products of oilseed crops processing, which due to high nutritional and biological value, can be enriching ingredients during production of functional food products, is an important area of research and improvement of food technology. The paper presents the results of study of physical and chemical, fatty acid and vitamin and mineral composition, as well as nutritional value of domestic flaxseed fiber samples in Belarus. Based on data obtained, it was determined that flaxseed fiber can be used for production of functional food concentrates with the purpose to enrich them with dietary fibers, polyunsaturated fatty acids and protein. When choosing food concentrates for enrichment with these nutrients, current trends of food industry development focused on production of high nutritional value products of in bulk consumption were considered, including the level of physiologically active ingredients, instant food, with long shelf life, etc. Assortment of new types of food concentrates with flaxseed fiber has been developed. Mathematical simulation methods helped to determine rational dosages of enrichment ingredient, experimental batches of products were produced, their nutritional value, quality and safety indicators were studied. The data obtained can be used for design of new types of enriched and specialized food products. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the State Research and Technical Program “Agropromkompleks-2020” for 2016-2020, subprogram “Agropromkompleks – efficiency and quality”.

Keywords: functional food products, vegetable raw materials, oilseed crops, flaxseed fiber, micronutrients, enriching ingredients, food technologies, formulation composition, nutritional value, polyunsaturated fatty acids, food concentrates

For citation: Lovkis Z. V., Usenia Y. S., Ulozhinova M. Y., Filatova L. V. Application of flaxseed fiber as physiologically functional ingredient for production of enriched food concentrates. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2019, vol. 57, no 3, pp. 368-378 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-368-378

Введение. Результаты обследования фактического питания различных групп населения Республики Беларусь и их пищевого статуса свидетельствуют о наличии существенных отклонений показателей пищевой и энергетической ценности суточных рационов питания населения от рекомендуемых уровней «Норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Республики Беларусь» (утв. МЗ РБ 31.12.2002 г.). Выявленный дефицитов важнейших пищевых веществ (белков, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот) в питании населения, приводящих к возникновению различных алиментарных заболеваний, послужил причиной разработки функциональных продуктов питания – обогащенных продуктов массового потребления за счет использования преимущественно натуральных источников дифицитных микронутриентов.

Поиск путей использования вторичных продуктов переработки масличных культур (льна, тыквы, подсолнечника, расторопши) с высокой пищевой ценностью позволил выявить новые источники микронутриентов натурального происхождения, которые в качестве физиологически активных ингредиентов могут использоваться при производстве продуктов питания функционального назначения. Вторичные продукты (отходы) переработки масличных культур – жмыхи, содержащие до 7 % масла, – характеризуются высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в том числе омега-3 класса – до 50 % от общей массовой доли жирных кислот; белка – до 35 %, который по своим свойствам не уступает белкам животного происхождения, но переваривается значительно легче, а также пищевых волокон – до 15 %, содержат оставшиеся после процесса переработки антиоксиданты растительного происхождения, флавоноидные соединения, макро- и микроэлементы, которые оказывают положительное воздействие на организм человека. Высокая питательная ценность жмыхов масличных культур легла в основу производства различных БАДов.

ПНЖК, в особенности омега-3 класса (линоленовая), являются важным эссенциальным фактором питания, так как оказывают выраженное влияние на организм человека, особенно детей: входят в состав структурных компонентов клеточных мембран, влияя на их проницаемость, текучесть, активность встроенных ферментов; играют особую роль в созревании и функционировании ЦНС детей, участвуя в процессе миелинизации нервных волокон; обеспечивают нормальное развитие сенсорных, моторных, поведенческих и других функций за счет концентрации в синаптических мембранах и модуляции нейропередачи; выполняют важнейшую роль стимулов нейрогенеза, синаптогенеза и миграции нейронов; участвуют в образовании биологически активных веществ – эйкозаноидов [1–6].

Незаменимые линолевая (омега-6) и линоленовая (омега-3) жирные кислоты различаются по положению двойных связей относительно омега-конца молекулы жирной кислоты. Организм человека не способен их синтезировать. Эти ПНЖК должны поступать в организм с пищей, в противном случае возникают характерные признаки их недостаточности (задержка роста, плохое заживление ран, нарушение репродуктивной функции, задержка развития остроты зрения, снижение скорости обработки информации, снижение иммунной защиты организма).

Источниками линолевой (омега-6) жирной кислоты являются обычные растительные масла (подсолнечное, кукурузное), а источники линоленовой (омега-3) – ограничены и в относительно больших количествах встречаются в рыбе, морепродуктах, яичном желтке, масличных культурах. Например, в рапсовом масле массовая доля омега-3 жирных кислот составляет 10 % от общего количества жирных кислот, в льняном – 54 %, в семенах чиа – 61 %, а в клетчатке льняной – 35 % [7].

Омега-3 ПНЖК играют важную роль в обеспечении нормального течения многих физиологических процессов в организме взрослых и детей, способствуют правильному формированию центральной нервной системы ребенка и его нормальному развитию и являются важным элементом здорового питания человека. По данным научной литературы [7–24], поступление с пищей суммы омега-3 ПНЖК должно составлять не менее 1,5–2 % от общей энергоемкости рациона.

Результаты изучения фактического питания населения Республики Беларусь показывают, что потребление как взрослыми, так и детьми омега-3 ПНЖК с их ежедневным рационом находится на низком уровне[1]. В связи с этим в настоящее время производится большое количество биологически активных добавок к пище, содержащих значительное количество омега-3 ПНЖК. Однако употребление натуральных пищевых продуктов, обогащенных омега-3 ПНЖК, как для детей, так и для взрослых является наиболее предпочтительным. Следовательно, вторичные продукты переработки масличных культур, содержащие в своем составе ценные микронутриенты (ПНЖК, белок, пищевые волокна, витамины и минералы), могут быть успешно использованы в качестве физиологически эффективных пищевых добавок для производства обогащенных продуктов питания, что может иметь как экономическое (использование отходов производства растительных масел), так и социальное (обеспечение населения продуктами питания с высокой пищевой ценностью) значение.

Одной из перспективных масличных культур в Республике Беларусь является лен. Сырьевые зоны по его выращиванию сосредоточены в Витебской, Минской и Могилевской областях[2]. В республике организовано производство льняного семени, льняного масла, а также осуществляется переработка вторичного продукта его производства – жмыха – на физиологически функциональный ингредиент – клетчатку, который предназначен для использования в различных отраслях пищевой промышленности в качестве обогащающей добавки.

Цель работы – исследование возможности использования клетчатки льняной в качестве физиологически функционального ингредиента в производстве функциональных продуктов питания, разработанных на основе пищевых концентратов (сухих завтраков, супов и каш быстрого приготовления, киселя и какао-напитка), для восполнения дефицита эссенциальных нутриентов (пищевых волокон, полиненасыщенных кислот и белка) в рационе питания населения Республики Беларусь.

Основная часть. В Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по продовольствию в 2017–2018 гг. проведены исследования по установлению химического состава и технологических свойств клетчатки льняной – продукта, получаемого в качестве вторичного при производстве льняного масла путем тонкодисперсного измельчения сухого льняного жмыха. По внешнему виду продукт представляет собой сыпучий, сухой, однородный, тонкодисперсный порошок со свойственным льну вкусом и запахом, без постороннего привкуса, от кремового до серого цвета, со средним размером торговой фракции (не более 200 мкм).

Для проведения исследований были отобраны образцы клетчатки льняной производства Республики Беларусь:

образец № 1 – клетчатка льняная, ТУ BY 190 098 413.005–2011, УП «Нэофарм», г. Могилев, производится из жмыха «коричневого льна»;

образец № 2 – клетчатка льняная, ТУ BY 2 900 340 416.011–2017, ООО «Клуб«Фарм-Эко», г. Дрогичин, производится из жмыха «белого льна».

Анализ физико-химического, жирнокислотного и витаминно-минерального состава, пищевой ценности образцов клетчатки льняной показал, что оба образца клетчатки льняной имеют высокую пищевую ценность и хорошие органолептические показатели. В 100 г образцов № 1 и № 2 клетчатки льняной содержится практически одинаковое количество белка – 37,1 и 37,38 г, жиров – 8,8 и 9,0 г, и сырой клетчатки – 10,6 и 10,9 г соответственно, а также равное количество углеводов – 41,4 г.

Однако исследование жирнокислотного состава образцов клетчатки льняной показало, что образец № 1 содержит незаменимые ПНЖК, в том числе омега-3 класса (линоленовая), которая составляет 48 % от массовой доли жирных кислот, в то время как образец № 2 не содержит ПНЖК омега-3 класса, кроме того, образец № 1 содержит большее количество микроэлементов (рис. 1).

---

[1] Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14 марта 2011 г. № 16 [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., № 180 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2012. № 8/26679

[2] Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.belstat.gov.by. Дата доступа: 15.12.2016

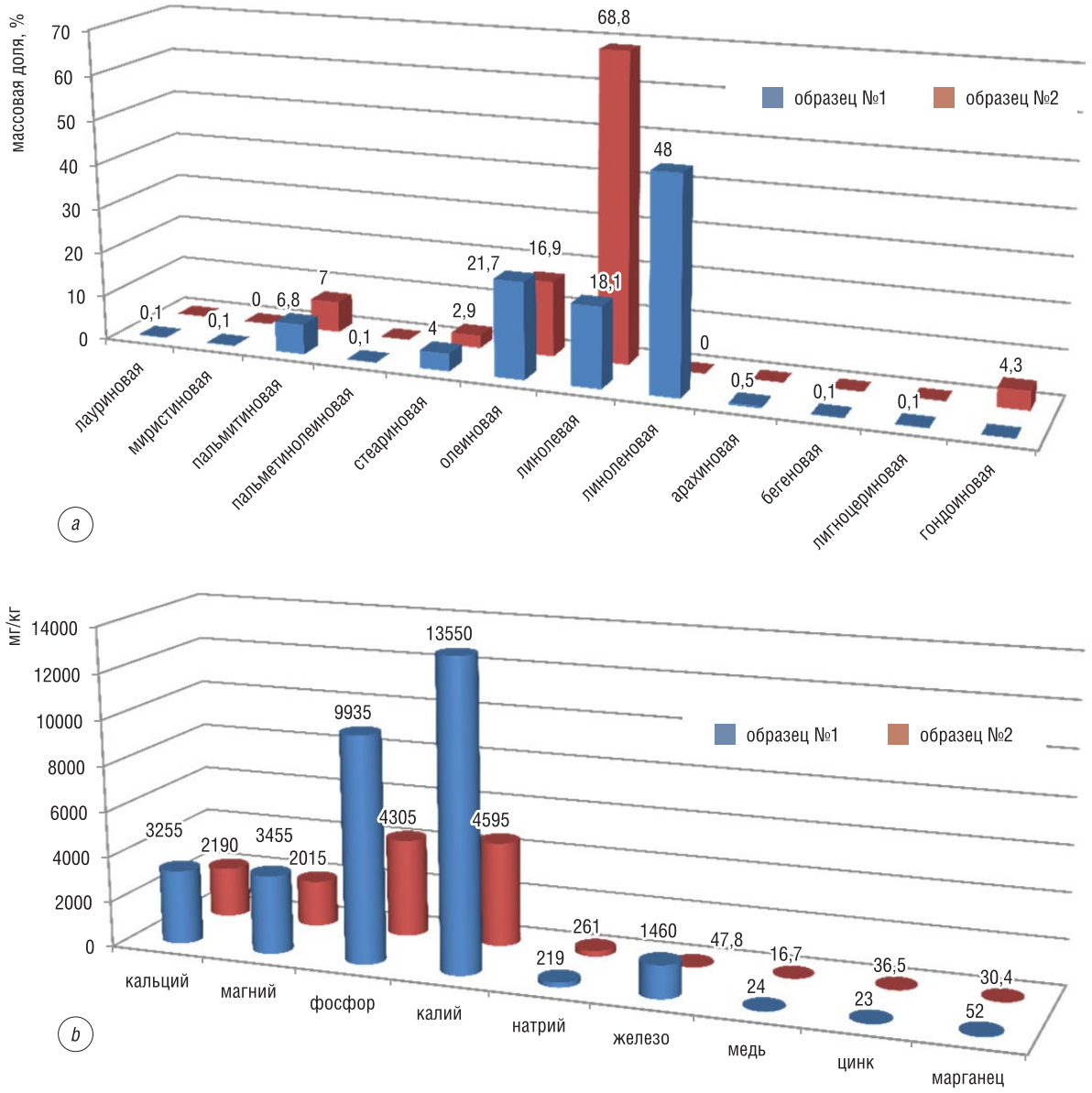


Рис. 1. Жирнокислотный (*a*) и минеральный (*b*) составы образцов клетчатки льняной

Fig. 1. Fatty acid (*a*) and mineral (*b*) composition of flax fiber samples

Следовательно, образец № 1 клетчатки льняной можно рассматривать как натуральный сырьевой ингредиент, имеющий высокую пищевую ценность за счет высокого содержания омега-3 ПНЖК, белка, пищевых волокон, микроэлементов и перспективную обогащающую добавку для производства пищевых продуктов функционального назначения.

Изучение нормативно-технологической базы на производство пищеконцентратной продукции, научно-технической документации на новые обогащающие ингредиенты, организации промышленного производства функциональных продуктов подтвердило возможность применения порошка клетчатки льняной в производстве пищевых концентратов в качестве физиологически функционального ингредиента.

Для создания функциональных продуктов питания, обогащенных клетчаткой льняной, с учетом современных тенденций развития пищевой промышленности, ориентированных на производство продукции повышенной пищевой ценности массового потребления, быстрого приготовления, с длительными сроками хранения, в качестве основы определены три группы пищеконцентратной продукции:

1) зерновые сухие завтраки на примере кукурузных палочек;

2) 1-е и 2-е обеденные блюда – на примере супа-пюре картофельно-горохового и каши гречневой быстрого приготовления;

3) сладкие блюда – кисель яблочный, какао-напиток.

Эти группы пищеконцентратной продукции весь сезон пользуются спросом у потребителей различных возрастных категорий.

В состав пищевых концентратов, взятых за основу для создания продуктов, обогащенных клетчаткой льняной, входят различные виды предварительно подготовленного сырья: гречневая крупа, кукурузная крупа, хлопья гороховые, сухое картофельное пюре, овощи сушеные, специи, сок концентрированный яблочный, сухие молочные продукты, какао и др. Данные виды сырья получили широкое распространение на территории Республики Беларусь, что свидетельствует о большой продовольственной базе, на основе которой возможно создание новой пищеконцентратной продукции функционального назначения с заданными свойствами и структурой.

Проведены исследования по подбору рецептурных ингредиентов, определению соотношений ингредиентов с целью получения конечного продукта – пищевого концентрата, обогащенного клетчаткой льняной, обладающего оптимальными органолептическими свойствами, физико-химическими показателями и пищевой ценностью. Предварительный анализ унифицированных рецептур обозначенных групп пищевых концентратов показал возможность введения в рецептурные составы обогащающего компонента в дозировках, указанных в табл. 1.

Для рационального использования сырьевых компонентов и получения продукта функционального назначения с заданными конкретными характеристиками пищевой ценности (высокое содержание омега-3 ПНЖК и белка) с помощью пакета прикладной программы Matlab были смоделированы оптимизированные рецептурные составы новых видов обогащенных пищевых концентратов. В табл. 2 приведен диапазон варьирования сырьевых ингредиентов в рецептурных составах новых видов обогащенных пищевых концентратов.

В качестве критерия оптимизации рецептурных составов выбрана энергетическая ценность обогащенных продуктов.

Решение задачи оптимизации рецептурных составов позволило определить массовую долю каждого конкретного ингредиента в рецептурных составах новых видов пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, при обеспечении заданного содержания белка, омега-3 ПНЖК, а также минимальной энергетической ценности в конечном продукте.

С учетом данных, полученных при моделировании рецептурных составов пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, на ОАО «Лидские пищевые концентраты» выработаны опытные партии 5 новых видов продукции с дозировкой обогащающего ингредиента от 10 до 18 %, в зависимости от группы продукции. Проведены исследования полученных образцов новой обогащенной продукции по показателям пищевой ценности, качества и безопасности (табл. 3).

Результаты проведенных исследований, характеризующие пищевую ценность новых видов обогащенных пищевых концентратов, показали, что новые виды пищеконцентратной продукции имеют богатый жирнокислотный состав, содержат масляную, капроновую, каприловую, каприновую, лауриновую, миристиновую, пентадециловую, пальмитиновую, пальметинолеиновую, маргариновую, маргаринолеиновую, арахиновую, стеариновую, бегеновую, лигноцериновую

Таблица 1. **Дозировка внесения клетчатки льняной в состав новых видов пищевых концентратов по НТД**

Table 1. **Dosage of flax fiber in composition of new types of food concentrates according to NTD**

Вид продукта	Вносимая дозировка клетчатки льняной, %	Сырье, подлежащее пересчету в РЦ
Палочки кукурузные	10–15	Крупа кукурузная
Суп-пюре картофельно-гороховый	15–18	Сухое картофельное пюре, гороховые хлопья
Каша гречневая	15–20	Крупа гречневая
Кисель яблочный	12–15	Сахар, крахмал
Какао-напиток	15–18	Сахар, сухое молоко

Таблица 2. **Диапазон варьирования сырьевых ингредиентов в рецептурных составах новых видов обогащенных пищевых концентратов**

Table 2. **Range of variation of raw ingredients in formulations of new types of enriched food concentrates**

Ингредиенты	x	Диапазон варьирования, %	Энергетическая ценность, ккал
Рецептурный состав № 1 «Палочки кукурузные с клетчаткой льняной»			
Крупа кукурузная	x_1	0–100	328
Клетчатка льняная	x_2	0–100	389
Соль поваренная йодированная	x_3	0–1	0
Рецептурный состав № 2 «Суп – пюре картофельно-гороховый с клетчаткой льняной»			
Пюре картофельное сухое	x_4	40–60	337
Горох варено-сушеный	x_5	10–20	298
Клетчатка льняная	x_6	10–30	389
Соль поваренная йодированная	x_7	5–10	0
Рецептурный состав № 3 «Каша гречневая не требующая варки с клетчаткой льняной»			
Крупа гречневая	x_8	60–70	329
Клетчатка льняная	x_9	0–100	389
Соль поваренная йодированная	x_{10}	0–100	0
Рецептурный состав № 4 «Кисель быстрого приготовления с клетчаткой льняной»			
Сахар-песок	x_{11}	50–100	399
Крахмал картофельный	x_{12}	0–20	313
Клетчатка льняная	x_{13}	0–100	389
Сок яблочный концентрированный	x_{14}	7	280
Рецептурный состав № 5 «Какао-напиток быстрого приготовления с клетчаткой льняной»			
Сахар песок	x_{15}	40–70	399
Молоко цельное сухое	x_{16}	10–25	479
Клетчатка льняная	x_{17}	10–30	389
Порошок какао	x_{18}	5–15	273

жирные кислоты, а также наиболее ценные – линоленовую (омега-3), линолевую (омега-6) и олеиновую (омега-9) жирные кислоты. На рис. 2 приведены данные, характеризующие количественное содержание данных ПНЖК в новых обогащенных продуктах.

Линоленовая кислота обеспечивает нормальное развитие плода, процессы роста, правильное развитие головного мозга, органов зрения, половых желез, отвечает за биохимию нервной системы, работу синапсов, передачу нервных импульсов; борьбу со стрессом; мозговую активность; выработку простагландина Е; регулировку артериального давления и уровня холестерина в крови. Линолевая кислота способствует поддержанию процессов роста и развития жизненно важных органов, регулированию гормонального баланса, предотвращению повышения уровня холестерина, борьбе с лишним весом. Олеиновая кислота – одна из основных полезных жирных кислот, без которых невозможен правильный обмен веществ в организме человека [7–12].

Разработанные продукты имеют высокое содержание белка (более 4 г/100 г продукта), являются источником омега-3 ПНЖК, содержат значительное количество клетчатки, витамины и минеральные вещества.

На основе анализа данных, приведенных в табл. 3, установлено, что новые виды обогащенных пищевых концентратов в расчете на 100 г сухого продукта содержат: белка – до 26 % от нормы физиологической потребности в сутки для взрослого населения и до 20 % – для детей дошкольного и школьного возраста; клетчатки – до 20 % от средней суточной нормы потребления; витамины: С – от 4,55 до 192,4 мг/100 г, B_2 – от 0,15 до 0,60 мг/100 г, B_6 – от 0,015 до 0,09 мг/100 г, B_9 – до 228,63 мг/100 г, А и Е; имеют низкое содержание жиров, что позволяет отнести их к продуктам здорового питания.

Таблица 3. **Показатели пищевой ценности новых видов обогащенных пищевых концентратов**

Table 3. **Nutritional value indicators of new types of enriched food concentrates**

Показатель пищевой ценности	Каша гречневая, не требующая варки с клетчаткой льняной (образец № 1)	Суп-пюре картофельно-гороховый с клетчаткой льняной (образец № 2)	Палочки кукурузные с клетчаткой льняной (образец № 3)	Какао-напиток быстрого приготовления с клетчаткой льняной (образец № 4)	Кисель быстрого приготовления с клетчаткой льняной «Лянок» (образец № 5)
W белка, %	12,69	15,5	10,75	14,56	3,63
W клетчатки %	3,2	5,1	3,4	2,4	2,3
W жира, %	7,04	6,33	2,07	10,37	1,22
W углеводов, %	72,6	65,6	76,1	79,9	87,6
Энергетическая ценность	404,52	337,99	349,38	396,29	369,33
Омега-3, г/100 г	0,63	0,756	0,42	0,63	0,5
Витаминно-минеральный состав (массовая доля)					
Кальций, мг/кг	338	447	212	1215	189
Магний, мг/кг	1420	1370	683	1235	481
Фосфор, мг/кг	2205	2090	1135	2395	759
Калий, мг/кг	2570	3985	1109	3155	752
Марганец, мг/кг	8,03	8,3	4,8	6,71	3,8
Железо, мг/кг	127	155	123	104	80,7
Медь, мг/кг	7,06	7,27	3,96	9,25	2,52
Цинк ,мг/кг	12,6	12,1	6,88	13,6	4,36
W вит С, мг/100 г	4,55	10,1	Не обнаружен	192,4	Не обнаружен
W вит B_1, мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
W вит B_2, мг/100 г	0,029	0,06	0,015	0,057	Не обнаружен
W вит B_6, мг/100 г	0,31	0,43	0,09	0,15	0,04
W вит B_5, мг/100 г	1,92	2,89	2,09	16,74	12,87
W вит А, мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	21,1	Не обнаружен
W вит Е, мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	43,91	Не обнаружен
W фолиевой кислоты, мг/100 г	98,84	Не обнаружен	228,63	Не обнаружен	Не обнаружен

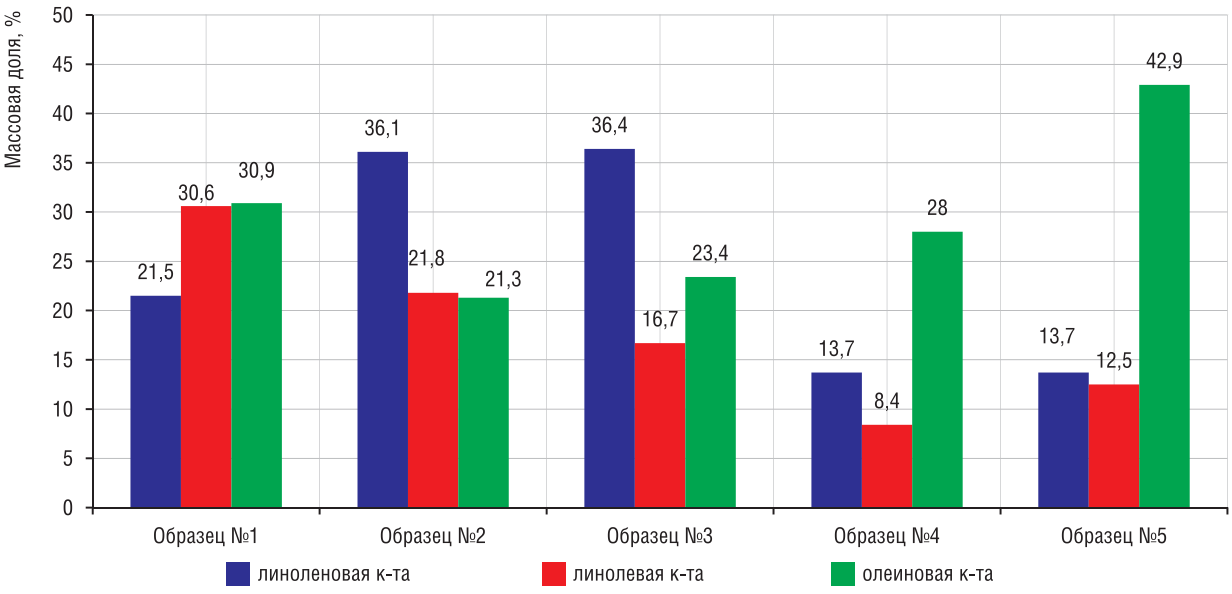


Рис. 2. Содержание линоленовой (омега-3), линолевой (омега-6) и олеиновой (омега-9) полиненасыщенных жирных кислот в образцах новых видов обогащенных пищевых концентратов

Fig. 2. Content of linolenic (omega-3), linoleic (omega-6) and oleic (omega-9) polyunsaturated fatty acids in samples of new types of enriched food concentrates

В образцах новой продукции установлено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот: линоленовой (омега-3) – до 36,4 %, линолевой (омега-6) – до 30,6 % и олеиновой (омега-9) – до 42,9 % от массовой доли жирных кислот. Наличие достоверно подтвержденного содержания линоленовой ПНЖК в образцах новых видов обогащенной продукции в количестве от 0,42 до 0,75 г/100 г продукта позволяет позиционировать их как «источник омега-3 ПНЖК».

С целью подтверждения функционально-биологического эффекта от употребления разработанных обогащенных пищевых концентратов проведены доклинические исследования. Установлено, что употребление новых видов обогащенной продукции способствует нормализации обменных процессов в организме, снижению уровня глюкозы в крови и триглицеридов, повышению иммунной защиты организма.

С учетом результатов доклинических исследований новых видов обогащенных пищевых концентратов, в соответствии с требованиями ТР ТС 027, в ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» согласованы маркировочные надписи на упаковке разработанных продуктов, содержащие информацию о специальных питательных свойствах, лечебном, диетическом или профилактическом назначении данных продукции.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что клетчатка льняная является перспективным натуральным сырьем отечественного производства, которое может применяться при создании новых видов функциональных продуктов питания для всех групп населения. Однако пищевая ценность клетчатки льняной, произведенной из сырья различного ботанического происхождения, может в значительной степени отличаться. Например, в клетчатке, произведенной из семян «коричневого льна», кроме белков и микроэлементов установлено высокое содержание ПНЖК класса омега-3, в то время как в клетчатке из семян «белого льна» наличие омега-3 ПНЖК не было установлено. Такие сведения должны учитываться специалистами пищевых предприятий при выборе обогащающих функциональных ингредиентов для создания специализированных продуктов питания с заданными конкретными свойствами и составом.

На основе полученных результатов разработан ассортимент пищевых концентратов 5 наименований: каша гречневая, не требующая варки, с клетчаткой льняной; суп-пюре картофельно-гороховый с клетчаткой льняной; палочки кукурузные с клетчаткой льняной; кисель с клетчаткой льняной; какао-напиток с клетчаткой льняной, обогащенных омега-3 ПНЖК, белком, пищевыми волокнами за счет использования клетчатки льняной, обладающих подтвержденными доклиническими исследованиями свойствами по нормализации обменных процессов в организме, снижению уровня глюкозы в крови и триглицеридов, обладающих иммуномодулирующим эффектом.

Установлено, что в 100 г новых видов обогащенных пищевых концентратов содержится: белка – до 26 % и клетчатки – до 20 % от суточной нормы физиологической потребности, омега-3 ПНЖК – до 0,7 г, что позволяет рекомендовать данные продукты в качестве «источника омега-3 ПНЖК» к употреблению всеми группами населения для укрепления иммунной системы организма, нормальной работы пищеварительной системы, повышения сопротивляемости организма стрессу. Выпуск новых обогащенных продуктов осуществляется на ОАО «Лидские пищевые концентраты».

В результате проведенных исследований получены новые научные данные о пищевой и биологической ценности образцов клетчатки льняной отечественного произрастания, возможностях ее использования в обогащении пищевых концентратов. Социально-экономическая значимость работы заключается в обеспечении населения Республики Беларусь обогащенными пищевыми продуктами отечественного производства с целью восполнения дефицитных нутриентов (полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, белка, пищевых волокон) в рационе питания и способствующими сохранению здоровья.

Благодарности. Исследования проведены в рамках Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс–2020», 2016–2020 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество».

Список использованных источников

1. *Amate, L.* Dietary long-chaine polyunsaturated fatty acids from different sources affect fat and fatty acid excretions in rats / L. Amate, A. Gil, M. Ramirez // The J. of Nutrition. – 2001. – Vol. 131, N 12. – P. 3216–3221. https://doi.org/10.1093/jn/131.12.3216

2. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease / A. Belluzzi [et al.] // Amer. J. of Clinical Nutrition. – 2000. – Vol. 71, suppl. 1. – P. 339S–342S. https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.339s

3. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production / K. S. Broughton [et al.] // Amer. J. of Clinical Nutrition. – 1997. – Vol. 65, N 4. – P. 1011–1017. https://doi.org/10.1093/ajcn/65.4.1011

4. Visual acuity and fatty acid status of term infants fed human milk and formulas with and without docosahexaenoate and arachidonate from egg yolk lecithin / S. E. Carlson [et al.] // Pediatric Research. – 1996. – Vol. 39, N 5. – P. 882–888. https://doi.org/10.1203/00006450-199605000-00024

5. *Carlson, S. E.* Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children / S. E. Carlson // Annales Nestlé. – 1997. – Vol. 55, N 2. – P. 52–62.

6. Dietary supplementation with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial // Lancet. – 1999. – Vol. 354, N 9177. – P. 447–455. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5

7. *Filer, L. J.* Essential dietary lipids / L. J. Filer, E. E Ziegler // Present knowledge in nutrition / Intern. Life Sciences Inst. ; ed.: E. E. Ziegler, L. J. Filer. – 7th ed. – Washington, 1996. – P. 58–67.

8. Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development / D. R. Hoffman [et al.] // J. of Pediatric Gastroenterology a. Nutrition. – 2000. – Vol. 31, N 5. – P. 540–553. https://doi.org/10.1097/00005176-200011000-00016

9. The role of docosahexaenoic acid in retinal function / B. G. Jeffrey [et al.] // Lipids. – 2001. – Vol. 36, N 9. – P. 859–871. https://doi.org/10.1007/s11745-001-0796-3

10. Is there a relation between docosahexaenoic acid concentration in mothers' milk and visual development in term infants? / M. Jorgensen [et al.] // J. of Pediatric Gastroenterology a. Nutrition. – 2001. – Vol. 32, N 3. – P. 293–296. https://doi.org/10.1097/00005176-200103000-00011

11. *Judge, M. P.* A docosahexaenoic acid-functional food during pregnancy benefits infant visual acuity at four but not six months of age / M. P. Judge, O. Harel, C. J. Lammi-Keefe // Lipids. – 2007. – Vol. 42, № 2. – P. 117–122. https://doi.org/10.1007/s11745-006-3007-3

12. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development / B. Koletzko [et al.] // Acta Paediatrica. – 2001. – Vol. 90, N 4. – P. 460–464. https://doi.org/10.1080/080352501750126492

13. Effects of high-dose fish oil on rheumatoid arthritis after stopping nonsteroidal anti-inflammatory drug. Clinical and immune correlates / J. M. Kremer [et al.] // Arthritis a. Rheumatism. – 1995. – Vol. 38, N 8. – P. 1107–1114. https://doi.org/10.1002/art.1780380813

14. Supplementation with docosahexaenoic acid in the last trimester of pregnancy: maternal-fetal biochemical findings / P. Sanjurjo [et al.] // J. of Perinatal Medicine. – 2004. – Vol. 32, N 2. – P. 132–136. https://doi.org/10.1515/JPM.2004.024

15. Health effects of omega-3 fatty acids on asthma / H. M. Schachter [et al.]. – Rockville : Agency for Healthcare Research a. Quality, U. S. Dep. of Health a. Human Services, 2004. – 103 p. – (Evidence report/technology assessment ; no. 91).

16. Vitamin & mineral deficiency: a global progress report [Electronic resource] / The Micronutrient Initiative, UNICEF. – Ottawa : The Micronutrient Initiative, 2004. – Mode of acces: https://www.unicef.org/media/files/vmd.pdf. – Date of access: 25.06.2019.

17. Relationship between omega-3 longchain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age / R. G. Voigt [et al.] // J. of Human Nutrition a. Dietetics. – 2002. – Vol. 15, N 2. – P. 111–120. https://doi.org/10.1046/j.1365-277x.2002.00341.x

18. *Wolff, R. L.* Fatty acid composition of some pine seed oils / R. L. Wolff, C. C. Bayard // J. of the Amer. Oil Chemists' Soc. – 1995. – Vol. 72, N 9. – P. 1043–1046. https://doi.org/10.1007/bf02660719

19. *Исаев, В. А.* Полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в мозговом кровообращении [Электронный ресурс] / В. А. Исаев. – Режим доступа: http://www.kmaslo.ru/index039c.php?cnt=articles&item=11. – Дата доступа: 24.06.2019.

20. *Нетребенко, О. К.* Некоторые эссенциальные микроэлементы в питании недоношенных детей. – М. : Нестле Фуд, 2004. – 136 с.

21. *Никонович, С. Н.* Функциональные свойства жировых продуктов нового поколения / С. Н. Никонович, Т. И. Тимофеенко, Н. Ф. Гринь // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. – 2006. – № 1. – С. 18–20.

22. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки. Технология, безопасность и нормативная база = Food fortification and supplementation. Technological, safety and regulatory aspects / ред.-сост. П. Б. Оттавей ; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – СПб. : Профессия, 2010. – 309 с. – (Научные основы и технологии).

23. Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 311 с.

24. *Цибулевский, А. Ю.* Тканевые базофилы желудочно-кишечного тракта и их роль в физиологических и патологических процессах / А. Ю. Цибулевский, Ю. К. Елецкий // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – Т. 100, № 2. – С. 92–100.

References

1. Amate L., Gil A., Ramirez M. Dietary long-chaine polyunsaturated fatty acids from different sources affect fat and fatty acid excretions in rats. *The Journal of Nutrition*, 2001, vol. 131, no. 12, pp. 3216–3221. https://doi.org/10.1093/jn/131.12.3216
2. Belluzzi A., Boschi S., Brignola C., Munarini A., Cariani G., Miglio F. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, vol. 71, suppl. 1, pp. 339S–342S. https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.339s
3. Broughton K. S., Liebman M., Kleppinger K. M., Johnson C. S., Pace B. K. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997, vol. 65, no. 4, pp. 1011–1017. https://doi.org/10.1093/ajcn/65.4.1011
4. Carlson S. E., Ford A. J., Werkman S. H., Peeples J. M., Koo W. W. K. Visual acuity and fatty acid status of term infants fed human milk and formulas with and without docosahexaenoate and arachidonate from egg yolk lecithin. *Pediatric Research*, 1996, vol. 39, no. 5, pp. 882–888. https://doi.org/10.1203/00006450-199605000-00024
5. Carlson S. E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children. *Annales Nestlé*, 1997, vol. 55, no. 2, pp. 52–62.
6. Dietary supplementation with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet*, 1999, vol. 354, no. 9177, pp. 447–455. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5
7. Filer L. J., Ziegler E. E. Essential dietary lipids. *Present knowledge in nutrition*. 7th ed. Washington, 1996, pp. 58–67.
8. Hoffman D. R., Birch E. E., Birch D. G., Uauy R., Castañeda Y. S., Lapus M. G., Wheaton D. H. Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2000, vol. 31, no. 5, pp. 540–553. https://doi.org/10.1097/00005176-200011000-00016
9. Jeffrey B. G., Mitchell D. C., Neuringer M., Weisinger H. S. The role of docosahexaenoic acid in retinal function. *Lipids*, 2001, vol. 36, no. 9, pp. 859–871. https://doi.org/10.1007/s11745-001-0796-3
10. Jørgensen M. H., Hernell O., Hughes E. L., Michaelsen K. F. Is there a relation between docosahexaenoic acid concentration in mothers' milk and visual development in term infants? *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2001, vol. 32, no. 3, pp. 293–296. https://doi.org/10.1097/00005176-200103000-00011
11. Judge M. P., Harel O., Lammi-Keefe C. J. A docosahexaenoic acid-functional food during pregnancy benefits infant visual acuity at four but not six months of age. *Lipids*, 2007, vol. 42, no. 2, pp. 117–122. https://doi.org/10.1007/s11745-006-3007-3
12. Koletzko B., Agostoni C., Carlson S. E., Clandinin T., Hornstra G., Neuringer M., Uauy R., Yamashiro Y., Willatts P. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development. *Acta Paediatrica*, 2001, vol. 90, no. 4, pp. 460–464. https://doi.org/10.1080/080352501750126492
13. Kremer J. M., Lawrence D. A., Petrillo G. F., Litts L. L., Mullaly P. M., Rynes R. I. et al. Effects of high-dose fish oil on rheumatoid arthritis after stopping nonsteroidal anti-inflammatory drug. Clinical and immune correlates. *Arthritis and Rheumatism*, 1995, vol. 38, no. 8, pp. 1107–1114. https://doi.org/10.1002/art.1780380813
14. Sanjurjo P., Ruiz-Sanz J. I., Jimeno P., Aldámiz-Echevarría L., Aquino L., Matorras R., Esteban J., Banqué M. Supplementation with docosahexaenoic acid in the last trimester of pregnancy: maternal-fetal biochemical findings. *Journal of Perinatal Medicine*, 2004, vol. 32, no. 2, pp. 132–136. https://doi.org/10.1515/JPM.2004.024
15. Schachter H. M., Reisman J., Tran K., Dales B., Kourad K., Barnes D., Sampson M., Morrison A., Gaboury I., Blackman J. *Health effects of omega-3 fatty acids on asthma. Evidence report/technology assessment. No. 91*. Rockville, Agency for Healthcare Research and Quality, U. S. Department of Health and Human Services, 2004. 103 p.
16. UNICEF. *Vitamin & mineral deficiency: a global progress report*. Ottawa, The Micronutrient Initiative, 2004. Available at: https://www.unicef.org/media/files/vmd.pdf (accessed 25.06.2019).
17. Voigt R. G., Jensen C. L., Fraley J. K., Rozelle J. C., Brown F. R., Heird W. C. Relationship between omega-3 longchain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 2002, vol. 15, no. 2, pp. 111–120. https://doi.org/10.1046/j.1365-277x.2002.00341.x
18. Wolff R. L., Bayard C. C. Fatty acid composition of some pine seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1995, vol. 72, no. 9, pp. 1043–1046. https://doi.org/10.1007/bf02660719
19. Isaev V. A. Polyunsaturated fatty acids and their role in the cerebral circulation. Available at: http://www.kmaslo.ru/index039c.php?cnt=articles&item=11 (accessed 24.06.2019) (in Russian).
20. Netrebenko O. K. *Some essential trace elements in the nutrition of premature babies*. Moscow, Nestle Fud Publ., 2004. 136 p. (in Russian).
21. Nikonovich S. N., Timofeenko T. I., Grin' N. F. Functional properties of fat products of a new generation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of Higher Education. Food Technology,* 2006, no. 1, pp. 18–20 (in Russian).
22. Ottaway P. B. *Food fortification and supplementation: technological, safety and regulatory aspects*. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd, 2008. 269 p. https://doi.org/10.1201/9781439832820
23. Rudakov O. B., Ponomarev A. N., Polyanskii K. K., Lyubar' A. V. *Fats. Chemical composition and quality expertise*. Moscow, DeLi print Publ., 2005. 311 p. (in Russian).
24. Tsibulevskii A. Yu., Eletskii Yu. K. Tissue basophils of the gastrointestinal tract and their role in physiological and pathological processes. *Arkhiv anatomii, gistologii i embriologii* [Archive of Anatomy, Histology and Embryology], 1991, vol. 100, no. 2, pp. 92–100 (in Russian).

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Усеня Юлия Сергеевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – заместитель начальника отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Yulia1484@mail.ru

Уложинова Марина Юрьевна – аспирант, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com

Филатова Ленина Всеволодовна – старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com

Information about the authors

Lovkis Zenon V. - Corresponding Member of NAS of Belarus, D.Sc. (Engineering), Professor. The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Usenia Yuliya S. - Ph.D. (Engineering). The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Yulia1484@mail.ru

Ulozhinova Marina Yu. - Postgraduate student. The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com

Filatova Lenina V. - The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ

SCIENTISTS OF BELARUS

СЕРГЕЙ НЕСТЕРОВИЧ ИВАНОВ

(К 110-летию со дня рождения)



20 марта 2019 г. исполнилось 110 лет со дня рождения Сергея Нестеровича Иванова, известного ученого-почвоведа, члена-корреспондента Академии наук БССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки БССР, лауреата Государственной премии БССР.

С. Н. Иванов родился в 1909 г. в д. Волынцево (ныне Горецкого района Могилевской области). В 1932 г. окончил Горецкую сельскохозяйственную академию, поступил в аспирантуру в Ленинградское отделение ВИУА, где специализировался в лаборатории физико-химии почв под руководством академика Академии наук СССР Б. П. Никольского.

В 1936 г. Сергей Нестерович защитил кандидатскую диссертацию на тему «Обменная способность почв в зависимости от реакции среды, рода и концентрации катионов» и с этого времени работал заведующим организованной им в составе Института агропочвоведения и удобрений (переименованного позже в Институт социалистического сельского хозяйства) Академии наук БССР лаборатории физико-химии почв. В 1938–1940 гг. С. Н. Иванов возглавлял Институт социалистического сельского хозяйства АН БССР.

Сергей Нестерович Иванов – участник Великой Отечественной войны, окончил войну в звании майора. Награжден орденами Отечественной войны 1-й и 2-й степени, боевыми медалями. В 1945 г. был отозван из армии и вновь направлен на работу в Академию наук БССР, где продолжил возглавлять лабораторию физико-химии почв в составе Института социалистического сельского хозяйства АН БССР. В 1958 г. лаборатория вошла в состав Белорусского научно-исследовательский института почвоведения.

Многие годы С. Н. Иванов посвятил изучению фосфатного режима в почвах. В 1957 г. в Почвенном институте им. В. В. Докучаева он защитил докторскую диссертацию на тему «Физико-химический режим фосфатов, торфов и дерново-подзолистых почв», а в 1958 г. ему присвоено звание профессора по специальности «Физико-химия почв, агрохимия и радиобиология». В докторской диссертации С. Н. Иванов в результате обширных исследований с применением ^{32}P установил ряд закономерностей, имеющих теоретическое и практическое значение: природу связи поглощенных фосфат-ионов почвами, торфами и глинами; роль основных компонентов в поглощении фосфат-ионов почвами и торфами; процессы превращения, старения и кристаллизации соединений поглощенных фосфат-ионов в почвах, глинах и торфах. С. Н. Ивановым разработана схема поглощения фосфат-ионов почвами по типу потенциал-определяющих ионов, которая вошла в учебники по агрохимии и отражена в ряде монографий. Основываясь на избирательной сорбции ферроцианид-ионов на поверхности окислов железа, алюминия и других их соединений в почвах, глинах и торфах, он предложил в динамических условиях определять относительную роль окислов железа и алюминия в поверхностной адсорбции фосфат-ионов.

С 1962 по 1969 гг. С. Н. Иванов – директор Белорусского научно-исследовательского института почвоведения. В этот период под научно-методическом руководством и при участии

сотрудников этого Института проведена большая работа по созданию Почвенно-агрохимической службы Беларуси, организации проведения почвенных и агрохимических исследований сельскохозяйственных земель. Результаты этой работы явились основой при разработке мероприятий по эффективному использованию генетического потенциала плодородия почв и удобрений.

Непосредственно под руководством С. Н. Иванова в лаборатории физико-химии почв и радиоактивных изотопов впервые изучались процессы питания растений из удобрений и почвы в условиях совместного действия азота (^{15}N), фосфора (^{32}P) и калия (^{85}Rb), что позволяет исследовать режимы потребления растениями этих элементов на более высоком теоретическом уровне. За разработку указанных методов Сергею Нестеровичу было присвоено почетное звание «Изобретатель СССР». На основании результатов многолетних исследований с применением радиоактивных изотопов установлена математическая зависимость между количеством фосфора и калия, поступивших в растение из удобрения, и содержанием этих элементов в почве в доступной для растений форме. Это позволило разработать новый биологический метод определения потребности растений в удобрениях в зависимости от содержания питательных веществ в почве. Опыты зональных лабораторий республики подтверждают применимость предложенного метода определения наиболее эффективных доз фосфорных и калийных удобрений на дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах.

В лаборатории проводились также исследования по закрытой тематике по изучению естественной радиоактивности, а также опыты с радиоактивными изотопами цезием-137 и стронцием-90. В результате был накоплен определенный опыт (методический и научный), который был впоследствии использован сотрудники лаборатории физико-химии почв и радиоактивных изотопов при оценке загрязнения окружающих территорий, пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС.

В 1959 г. С. Н. Иванов избран членом-корреспондентом Академии сельскохозяйственных наук БССР, а после ее упразднения (1961 г.) – членом-корреспондентом Академии наук БССР. Им опубликовано свыше 140 научных работ, в числе которых две монографии, а результаты исследовательских работ, проводимых под его руководством, отражены в 34 научных статьях.

Во все годы своей научной деятельности Сергей Нестерович активно вел педагогическую работу, читал лекции по физической, коллоидной и общей химии. Им создана научная школа, основой которой явилось использование изотопных методов в изучении процессов питания сельскохозяйственных культур. Под руководством С. Н. Иванова защищены 23 кандидатские диссертации. Каждый из его учеников нашел свой путь в науке, оставил в ней заметный след, и в этом, несомненно, заслуга Сергея Нестеровича.

За трудовые заслуги С. Н. Иванов был награжден двумя орденами «Знак Почета», медалью «За доблестный труд», Грамотой и Почетной Грамотой Президиума Верховного Совета БССР, двумя Почетными грамотами Министерства сельского хозяйства БССР, серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

С. Н. Иванов ушел из жизни 22 июля 1994 г. Он был энергичным, подвижным человеком и требовательным к своим ученикам научным руководителем, учил творчески мыслить. Переживал за своих учеников, радовался их успехам, очень любил свою семью. Таким он и остался в памяти своих учеников.

14 февраля в Институте почвоведения и агрохимии прошла Международная научно-практическая конференция «Повышение плодородия почв и применение удобрений», посвященная 110-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Беларуси, члена-корреспондента АН БССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора С. Н. Иванова. В выступлениях участников конференции, среди которых ученики Сергея Нестеровича – ныне кандидаты и доктора наук, была отмечена роль И. Н. Иванова и созданной им научной школы в развитии агрохимических исследований с использованием радиоактивных и стабильных изотопов в процессе изучения минерального питания сельскохозяйственных культур.

В. В. ЛАПА, Н. Н. СЕМЕНЕНКО

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ТАМАРА НИКАНДРОВНА КУЛАКОВСКАЯ

(К 100-летию со дня рождения)



17 февраля исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося ученого в области агрохимии и почвоведения нашей страны Тамары Никандровны Кулаковской, академика ВАСХНИЛ, члена-корреспондента Академии наук БССР, члена-корреспондента академии сельскохозяйственных наук ГДР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки БССР, лауреата Государственной премии БССР, Героя Социалистического Труда.

Т. Н. Кулаковская родилась в г. Полоцке в семье служащих. В 1941 г. окончила факультет почвоведения и агрохимии Московской ордена В. И. Ленина сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. В 1941–1944 гг. работала в агрохимической лаборатории, затем в отделе почвоведения Челябинской государственной селекционной станции. В 1945 г. поступила в аспирантуру Всесоюзного научно-исследовательского института каучуконосов. Диссертацию «Роль предшественников кок-сагыза в травопольных севооборотах лесостепной зоны» защитила в 1950 г.

С 1949 г. Т. Н. Кулаковская работала в Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства АН БССР в должности старшего научного сотрудника. В этот период ею проведены исследования по проблемам питания растений и применения удобрений на торфяно-болотных почвах.

В 1959–1969 гг. Т. Н. Кулаковская заведовала отделом питания растений Института почвоведения Министерства сельского хозяйства БССР. На протяжении десяти лет проводила исследования по оценке влияния агрохимических свойств почв и удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур. Эти исследования позволили Тамаре Никандровне сделать важные теоретические выводы, обогатить агрохимическую науку в области познания взаимосвязи между биологическими требованиями растений и внешними условиями их роста и развития, выявить ведущие факторы почвенной среды, существенно влияющие на питание растений. Итоги работы этого периода были представлены в докторской диссертации «Агрохимические свойства почв БССР, их значение в продуктивности сельскохозяйственных культур и рациональном применении удобрений» и монографии под тем же названием. В 1969 г. Т. Н. Кулаковская избрана членом-корреспондентом Академии наук БССР и назначена директором Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии.

Под руководством Тамары Никандровны и при ее непосредственном участии коллективом института разработаны методы прогноза плодородия почв и урожаев сельскохозяйственных культур, оценки эффективности минеральных удобрений и комплексной оценки состояния плодородия почв. Исследована динамика баланса питательных веществ в земледелии республики; разработан ряд моделей – потребности в удобрениях по полям и хозяйствам, распределения удобрений, эффективности их действия с учетом погодных условий.

Многолетние исследования коллектива Института почвоведения и агрохимии, направленные на изучение почвенного покрова республики, разработку приемов рационального использования удобрений, обобщены в монографии «Почвы Белорусской ССР». За цикл работ по изучению почв Белорусской ССР, опубликованных в 1968–1974 гг., коллектив сотрудников института, в том числе Т. Н. Кулаковская, был удостоен Государственной премии БССР.

В 1975 г. Т. Н. Кулаковская избирается академиком Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина. В 1977 г. за совокупность работ в области агрохимических исследований

ей присуждена премия Д. Н. Прянишникова. В 1979 г. Т. Н. Кулаковская была избрана академиком-секретарем Западного отделения ВАСХНИЛ и возглавляла его до последних дней жизни.

Тамара Никандровна проводила большую работу по координации научных исследований, выполнению комплексных разработок различными научными учреждениями. Под ее руководством разрабатывались новые направления исследований, осуществлялась подготовка и публикация результатов комплексных разработок. Последнее десятилетие она успешно возглавляла исследования ученых Западного региона по проблемам расширенного воспроизводства плодородия почв и оптимизации агрохимической системы питания растений. Основные результаты этих работ опубликованы в книгах «Научные основы применения удобрений в Белорусской ССР, Литовской ССР, Латвийской ССР, Эстонской ССР», «Состояние и меры по охране почв в Западном регионе», «Оптимальные параметры плодородия почв».

Важной заслугой Тамары Никандровны является развитие нового направления агрохимической науки – оптимизация комплекса агрохимических свойств почв и управление процессами формирования плодородия с целью создания почв, способных обеспечить стабильно высокие урожаи при хорошем качестве продукции. Это направление нашло практическое отражение в государственных программах повышения плодородия почв Беларуси на 1976–1980 и 1981–1985 гг., подготовленных под руководством и при личном участии Т. Н. Кулаковской. Здесь впервые почвоулучшающим работам удалось придать системный, планово-управляемый характер.

Исследования Т. Н. Кулаковской носят многоплановый характер, ей опубликовано более 400 оригинальных научных работ, в том числе и 4 монографии. Стержневой вопрос ее исследований и публикаций – повышение плодородия почв и продуктивности земледелия в республике: «Агрохимические свойства почв и их значение в рациональном использовании удобрений» (1965), «Применение удобрений» (1970), «Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев» (1978).

Большое внимание Тамара Никандровна уделяла подготовке кадров высшей квалификации. Под ее руководством прошли аспирантскую подготовку и успешно защитили кандидатские диссертации 30 соискателей ученой степени.

Т. Н. Кулаковская избиралась делегатом XXIII съезда КПСС, членом ЦК КПБ, депутатом Верховного Совета БССР, делегатом XXII сессии Генеральной Ассамблеи ООН. Она достойно представляла советскую сельскохозяйственную науку за рубежом, была участницей многих международных симпозиумов, комиссий ЮНЕСКО.

За большие заслуги в развитии агрохимической науки, подготовку научных кадров и активное участие в общественной жизни республики Т. Н. Кулаковская удостоена звания Героя Социалистического Труда, награждена орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, золотой и бронзовой медалями ВДНХ СССР, лауреата Государственной премии БССР, ей присвоено звание «Заслуженный деятель науки БССР».

В памяти коллег Тамара Никандровна осталась как человек, отличающийся исключительной работоспособностью, широтой и глубиной знаний, результативностью в научной работе, обилием интереснейших научных идей.

По инициативе дирекции Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси, поддержанной Президиумом Национальной академии наук Беларуси, Тамаре Никандровне Кулаковской на здании Института почвоведения и агрохимии установлена мемориальная доска. Еще одна мемориальная доска установлена в г. Унеча Брянской области на здании школы № 5 (ул. Октябрьская, 26).

В 2019 г. Институте почвоведения и агрохимии Национальной академии наук прошла научно-практическая конференция, приуроченная к 100-летию со дня рождения Т. Н. Кулаковской. В ходе конференции был проанализирован вклад выдающегося ученого в развитие агрохимической науки региона, рассмотрены исследования Тамары Никандровны, направленные на повышение плодородия почв Беларуси, определена ее роль как талантливого руководителя и общественного деятеля.

С. А. КАСЬЯНЧИК, В. В. ЛАПА,
И. М. БОГДЕВИЧ, Н. Ю. ЖАБРОВСКАЯ

ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ВЯЧЕСЛАВ АЛЕКСЕЕВИЧ ШАРШУНОВ

(К 70-летию со дня рождения)



Среди ученых-аграриев, внесших вклад в развитие инженерной науки, имя В. А. Шаршунова занимает достойное место. Являясь учеником академика Академии аграрных наук Республики Беларусь и Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки и техники БССР, доктора технических наук, профессора Сергея Ивановича Назарова, В. А. Шаршунов продолжает дело своего учителя.

В. А. Шаршунов родился 4 мая 1949 г. в деревне Кругловка Руднянского района Смоленской области. После окончания средней школы поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию на факультет механизации сельского хозяйства, который окончил в 1971 г. Затем работал на производстве, служил в рядах Вооруженных Сил СССР. С 1973 г. начал работать в Белорусской сельскохозяйственной академии (сегодня БГСХА), где прошел путь от ассистента до ректора академии (1992–1995 гг.). Это был 35-й ректор за 177-летнюю историю БГСХА. Исключительно преданный избранному делу, с большой ответственностью относящийся к нему, Вячеслав Алексеевич за три года своей деятельности на посту ректора академии много сделал для развития академии.

В 1980 г. В. А. Шаршунов защитил кандидатскую, а в 1990 г. – докторскую диссертацию, с 1985 г. имеет ученое звание доцента, с 1991 г. – профессора. В 1992 г. В. А. Шаршунов был избран членом-корреспондентом Академии аграрных наук Республики Беларусь.

В 1995–1997 гг. В. А. Шаршунов работает начальником Главного управления кадров и аграрного образования Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. С 1997 г. – заместитель председателя Постоянной комиссии Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь по образованию, культуре, науке и научно-техническому прогрессу. В 1997–1998 гг. совмещал основную работу с исполнением обязанностей вице-президента Академии аграрных наук Республики Беларусь. С 2001 г. – заместитель председателя Государственного высшего аттестационного комитета Республики Беларусь, с 2002 г. – заместитель председателя, начальник управления аттестации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь.

В 2003–2017 гг. В. А. Шаршунов работает ректором Могилевского государственного университета продовольствия. Здесь В. А. Шаршунов в полной мере реализовал свой педагогический и научный потенциал. С его непосредственным участием была создана современная белорусская научно-методическая база для подготовки специалистов для пищевой и перерабатывающей промышленности из 29 учебников, учебных пособий и монографий.

Параллельно с вышеназванным направлением В. А. Шаршунов продолжает работу по подготовке комплекса монографий и научно-методических пособий по науковедению, истории науки и образования, по обобщению опыта в области научно-технического творчества, инновационной деятельности, IT-технологий, подготовке и защите диссертаций соискателями ученых степеней, аттестации научнопедагогических работников на ученые звания. По данному направлению опубликовано 11 монографий и пособий.

В этот период Вячеслав Алексеевич продолжает исследования со своими учениками, работающими в БГСХА, в области научного и научно-методического обеспечения в области

механизации сельского хозяйства. Всего по этому направлению опубликовано 30 монографий, учебных и научно-практических пособий по наиболее актуальным вопросам для современного АПК.

Научная и педагогическая работа В. А. Шаршунова получила высокую оценку в Республике Беларусь и за рубежом. В 2003 г. он избран членом-корреспондентом Национальной академии наук Беларуси. С 1995 по 2002 г. являлся академиком Белорусской инженерной академии. Избран академиком Академии аграрного образования (ААО, Москва, 1995), академиком Международной академии наук высшей школы (МАН ВШ, Москва, 1996) и Международной академии информационных процессов и технологий (МАИПТ, Москва, 1996).

В. А. Шаршунов награжден государственными наградами Республики Беларусь – орденами «Знак Почета» (2008) и Франциска Скорины (2014), а также 5 медалями, Почетными грамотами Верховного совета БССР (1990) и Национального собрания Республики Беларусь (1998), знаком «Отличник образования» (1998), почетными грамотами ряда министерств и комитетов Республики Беларусь.

За вклад в развитие научных исследований и подготовку научно-педагогических кадров для БГСХА решением ученого совета В. А. Шаршунову в 2009 г. было присвоено звание «Почетный доктор наук БГСХА». Решением ученого совета Пловдивского университета пищевых технологий (Болгария, 2010) был избран почетным доктором наук «Хонорис Кауза». В 2008 г. был номинирован Номинационным Комитетом Европейской Бизнес Ассамблеи совместно с Ученым советом Международного университета г. Вены (Австрия) на получение звания «Почетный профессор Международного университета г. Вены».

В 2003 г. В. А. Шаршунов Международным библиографическим центром Кембриджского университета (Англия) выдвигался на присвоение почетного звания по номинации “International Scientist of the Year for 2003”. В 2005 г. он был номинирован Европейской Бизнес Ассамблеей совместно с “Oxford Brookes University” на соискание “Socrates International Award” (Международная награда имени Сократа). В 2007 г. был выдвинут Международным биографическим центром Кембриджского университета на включение в номинацию «2000 OUTSTANDING INTELLCTUALS OF THE 21st CENTURY» (2000 выдающихся интеллектуалов 21 века). В 2008 г. “American Biographical Institute” (Американский Биографический Институт) выдвинул В. А. Шаршунова на номинацию “2008 Most Notable Intellectual” (Самый выдающийся ученый 2008).

В 2011 г. за личный вклад в углубление интеграции науки, культуры и образования, освоение и эффективное использование в профессиональной деятельности передовых современных технологий В. А. Шаршунов был представлен к почетной награде “The Name in Science” с последующим внесением во Всемирный реестр выдающихся ученых, а в 2012 г. – к награждению эксклюзивной британской наградой имени королевы Виктории (The International Award “Queen Victoria COMMEMORATIVE MEDAL”). В 2013 г. Номинационным Комитетом Международной имиджевой программы «Лидеры XXI столетия» Вячеслав Алексеевич был выдвинут на почетную награду «Золотой ягуар» (Honorary award “Golden Jaguar”). В 2016 г. Номинационный комитет имени Сократа ЕВА представил юбиляра к награждению специальным орденским знаком “Best Manager of the Year”.

Добившись высокого признания благодаря исключительной целеустремленности и трудолюбию, интеллигентности, принципиальности, энтузиазму и широте интересов, преданности избранному делу Вячеслав Алексеевич является примером для молодого поколения ученых и инженеров. Надеемся, что Ваши знания и опыт будут и дальше служить белорусской науке, повышению ее творческого потенциала и результативности.

В. В. АЗАРЕНКО, А. Р. ЦЫГАНОВ,
З. В. ВАСИЛЕНКО, М. А. КИРКОР, А. В. АКУЛИЧ